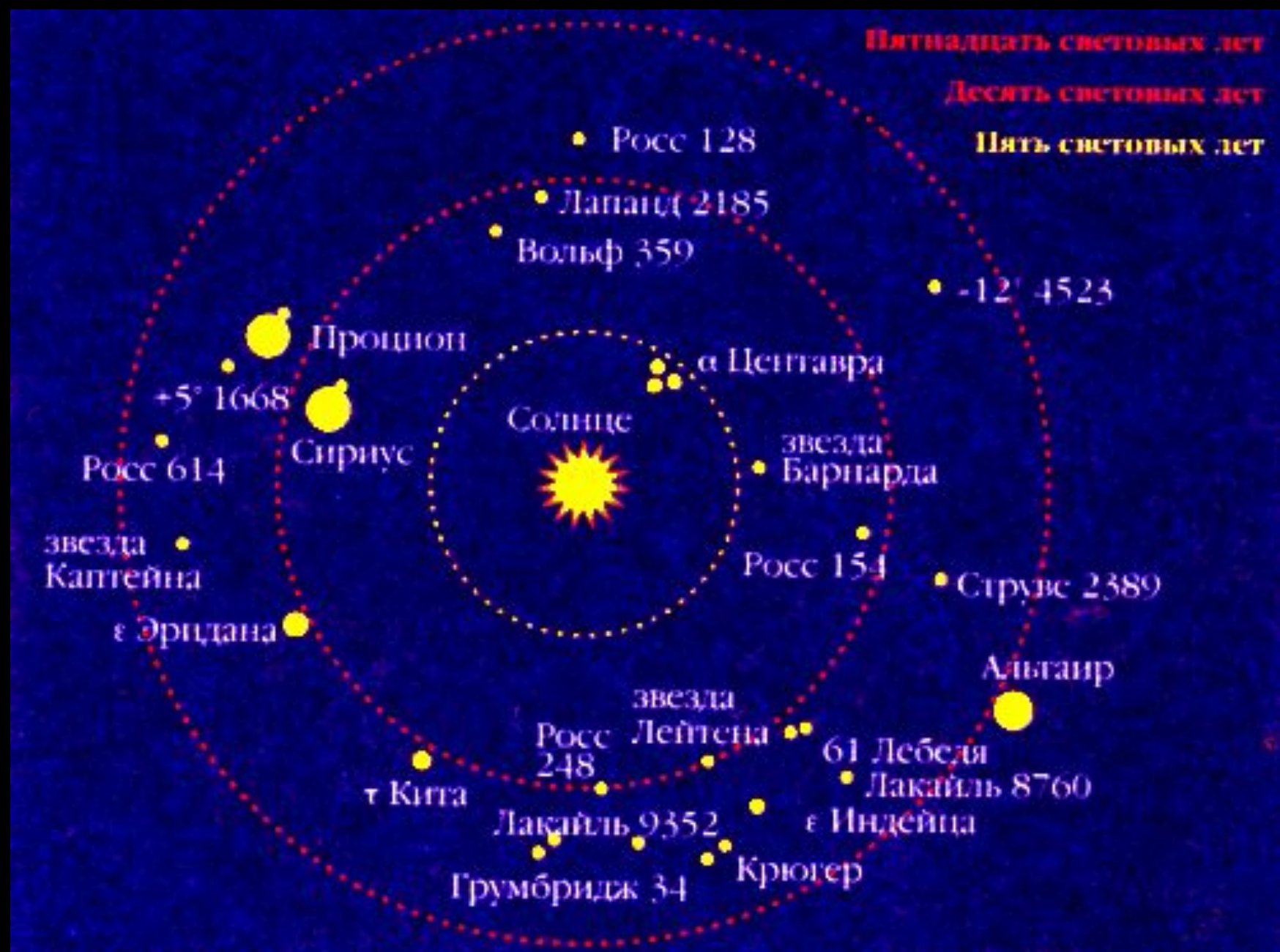


СОЛНЕЧНА СИСТЕМА





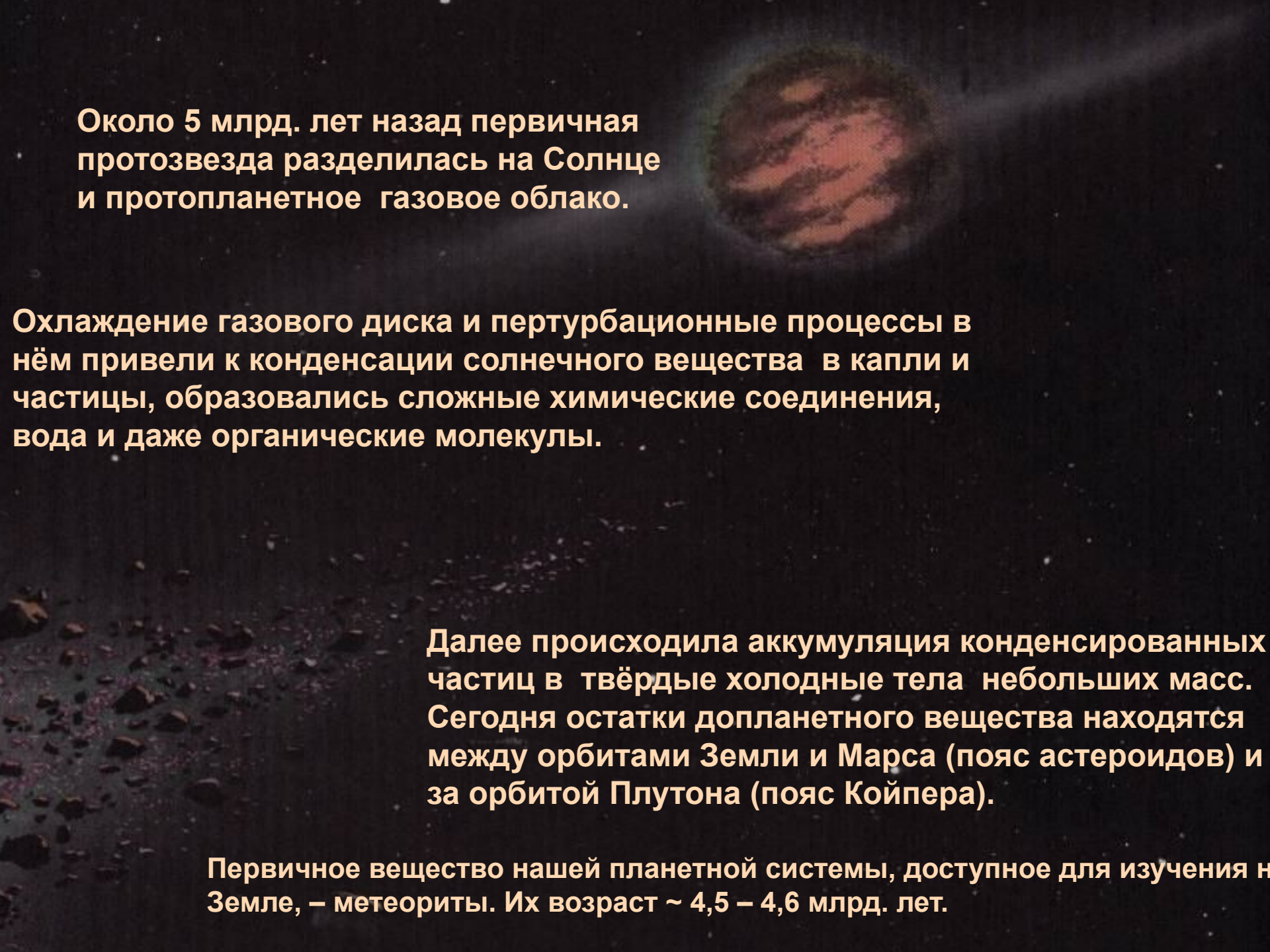


**На расстоянии ~ 10 с.л. от Солнца находится всего несколько звёзд.
Рисунок фотографа Р. Хопкинса (2003 г.) даёт представление о том, как бы
выглядело небо с Земли, если бы Солнце находилось внутри звёздного
скопления.**

История Солнечной системы

В основе современной космогонии лежит гипотеза об образовании Солнца и планет из **одного газопылевого облака** (И. Кант, П. Лаплас, О.Ю. Шмидт, О. Хойл и др.). Изучение изотопного состава тел Солнечной системы доказывает **Подтверждением этой гипотезы** единство происхождения её **вещества**. послужило наблюдение в 90-е годы газопылевых дисков, вращающихся вокруг **нескольких молодых звёзд**





Около 5 млрд. лет назад первичная протозвезда разделилась на Солнце и протопланетное газовое облако.

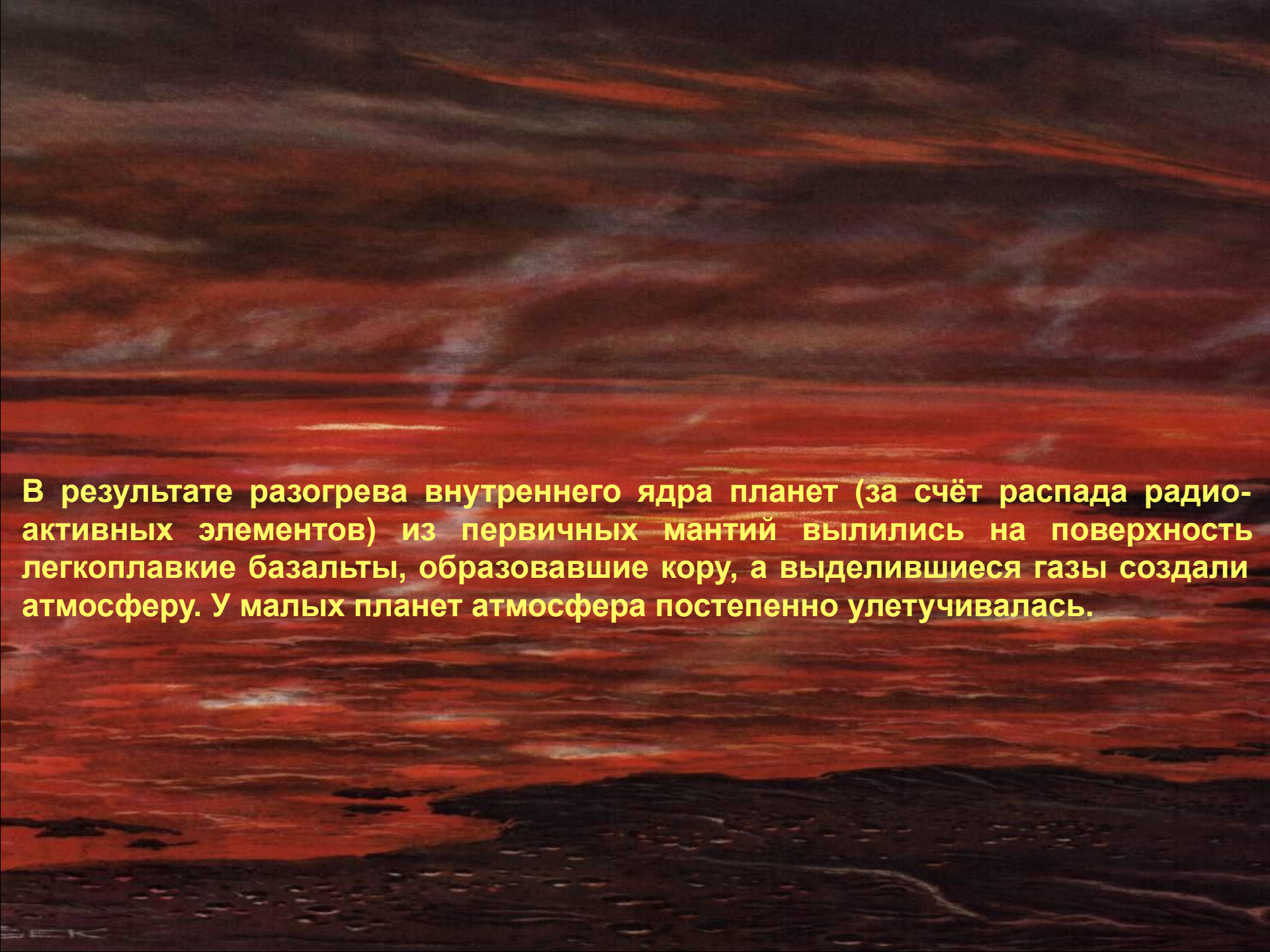
Охлаждение газового диска и пертурбационные процессы в нём привели к конденсации солнечного вещества в капли и частицы, образовались сложные химические соединения, вода и даже органические молекулы.

Далее происходила аккумуляция конденсированных частиц в твёрдые холодные тела небольших масс. Сегодня остатки допланетного вещества находятся между орбитами Земли и Марса (пояс астероидов) и за орбитой Плутона (пояс Койпера).

Первичное вещество нашей планетной системы, доступное для изучения на Земле, – метеориты. Их возраст ~ 4,5 – 4,6 млрд. лет.

По Шмидту, образование Земли и др. планет произошло из холодных твёрдых допланетных тел – планетозималей. Эволюция протопланетного облака вела к тому, что в немногих крупных телах сосредоточена основная масса планетного вещества

С учётом градиента температур по мере удаления от Солнца внутренние планеты получили значительное количество металлов и у них сформировались металлические ядра. Внешние планеты образовались из остывших в последнюю очередь веществ (газов, силикатов) и ядер из металла не имеют.



В результате разогрева внутреннего ядра планет (за счёт распада радиоактивных элементов) из первичных мантий вылились на поверхность легкоплавкие базальты, образовавшие кору, а выделившиеся газы создали атмосферу. У малых планет атмосфера постепенно улетучивалась.

Планеты Солнечной системы



Меркурий



Масса: $3,3 * 10^{23}$ кг

Диаметр: 4378 км

Плотность: 5,43 г/см³

Температура поверхности: +510⁰С (день), -210⁰С (ночь)

Длина суток: 88 земных суток

Расстояние от Солнца (среднее): 0,4 а.е., то есть 59, 8 млн. км

Период обращения по орбите (год): 59 суток

Ускорение свободного падения 3,78 м/с²

Меркурий



О ближайшей к Солнцу планете почти ничего не было известно до полёта космического аппарата «Маринер-10».

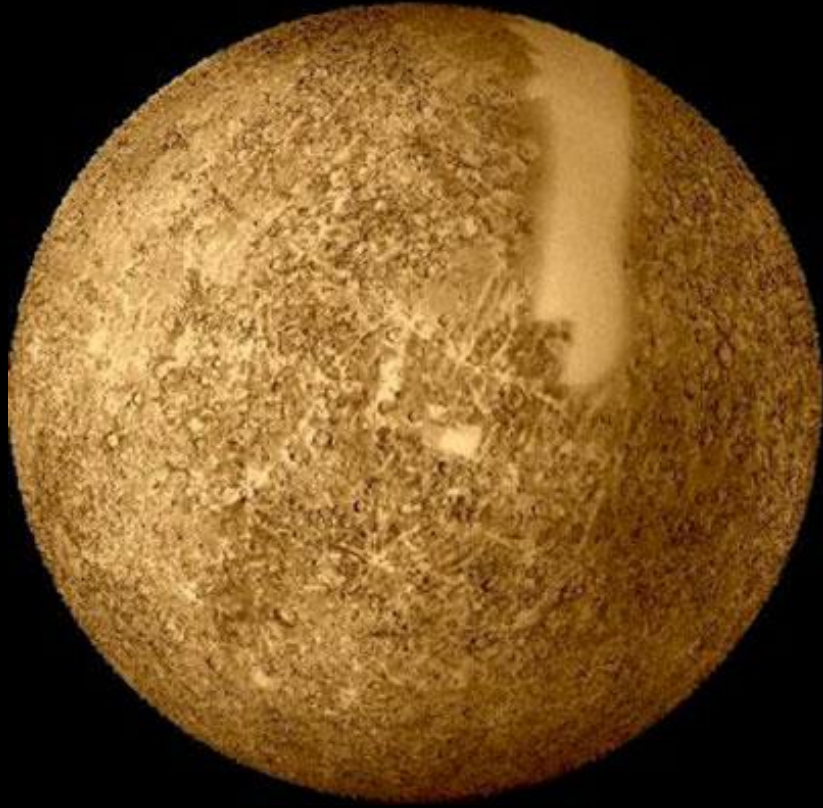
При первом пролёте около планеты (1973 г.) было установлено отсутствие атмосферы (глубокий вакуум $p \sim 2 \cdot 10^{-13}$ атм., недостижимый в земных лабораториях, но со следами Ar, Ne, He, H).

Удалось уточнить $R \sim 2439$ км и массу планеты. Замечено слабое магнитное поле.

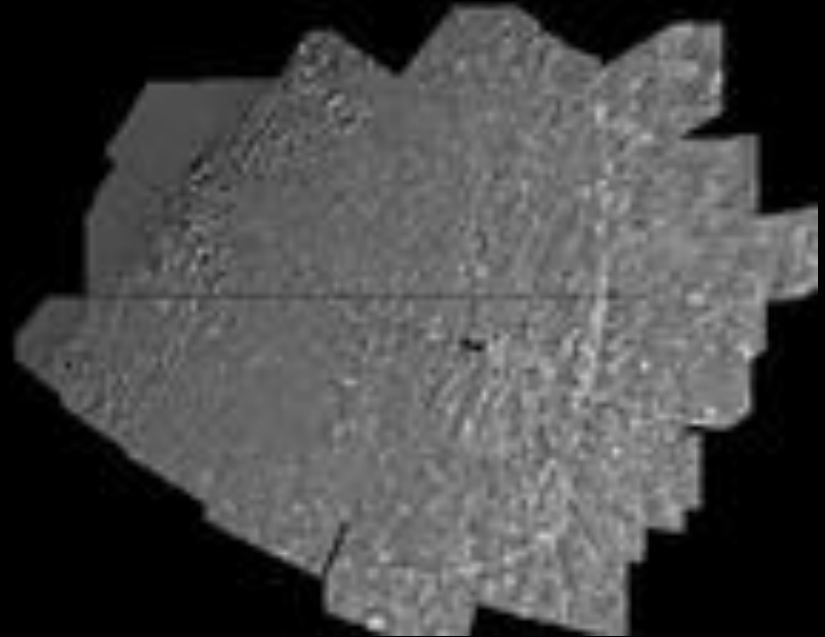
При втором пролёте (1974 г.) измерена температура поверхности днём (он длится 88 земных суток) : $+ 510^{\circ}\text{C}$, ночью температура опускается до $t = - 210^{\circ}\text{C}$.

По тепловому отражению определено наличие рыхлых и скальных пород.

Поверхность Меркурия



При третьем пролёте (1975 г.) на высоте 318 км подтверждено существование магнитного поля (~ 1% земного). Сделано ~ 3 тыс. фотографий поверхности Западного полушария Меркурия. Она поразительно похожа на рельеф Луны. Видно много кратеров разных размеров. Восточное полушарие пока не исследовано.







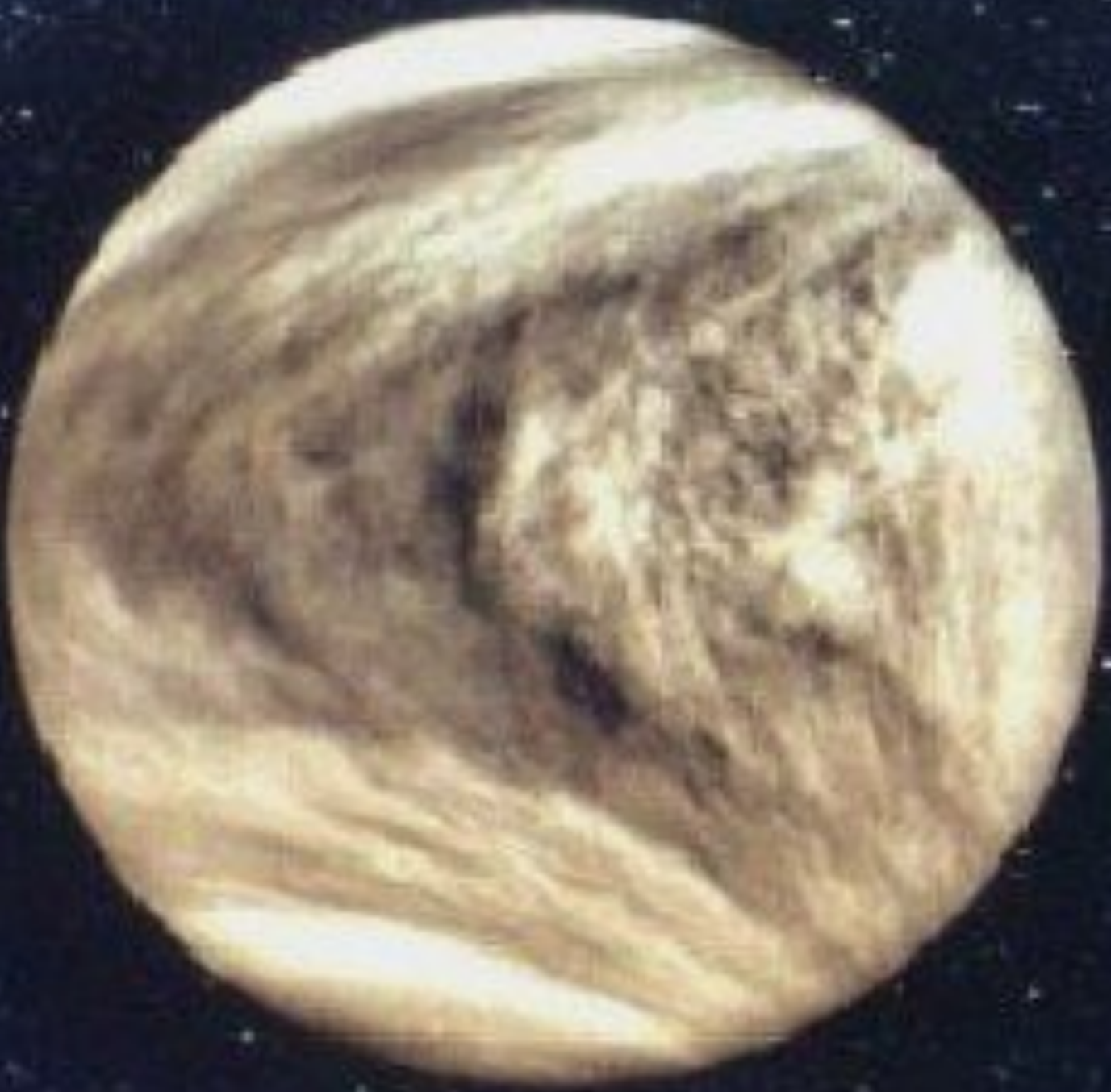
Венера

Вторая планета от Солнца. Имеет почти круговую орбиту. Ближе других планет проходит к Земле (на 45 млн. км).

Самый яркий объект на небе после заката и перед восходом Солнца.

Масса:	$4,87 \cdot 10^{24}$ кг. (0,815 массы Земли)
Диаметр:	12100 км. (0,949 диаметра Земли)
Плотность:	5,25 г/см³
Температура поверхности:	максимум +480°C
Длина суток:	-243 земных суток
Расстояние от Солнца (среднее):	0,723 а.е., то есть 108 млн.км.
Период обращения по орбите(год):	224,7 земных суток

Главное отличие от других планет – вращается в противоположную сторону!



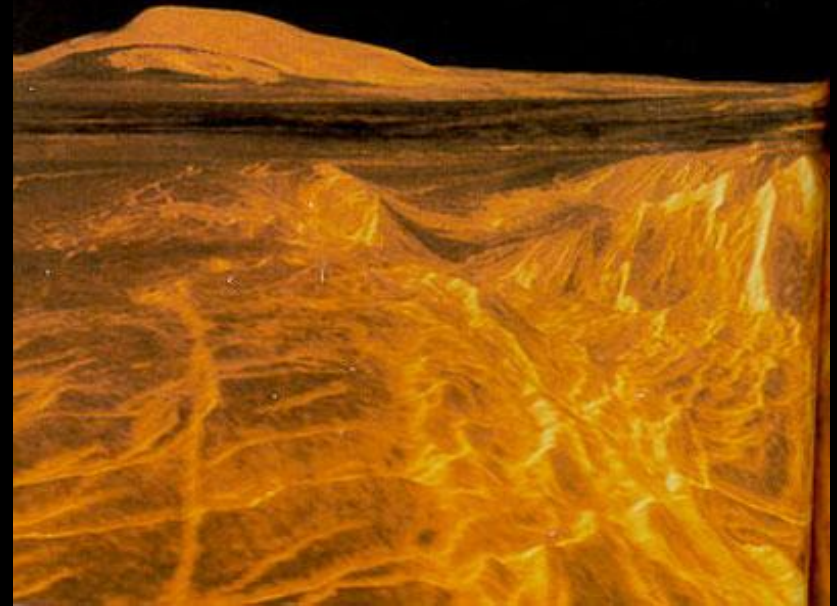
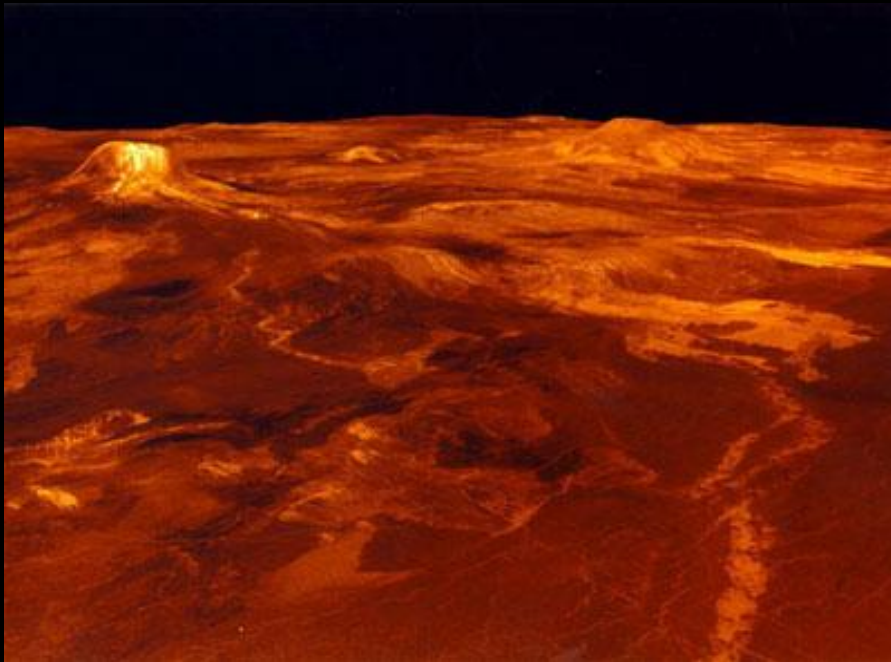
Б е н е р а

Венера

Имеет плотную облачную атмосферу, скрывающую от наблюдений поверхность.

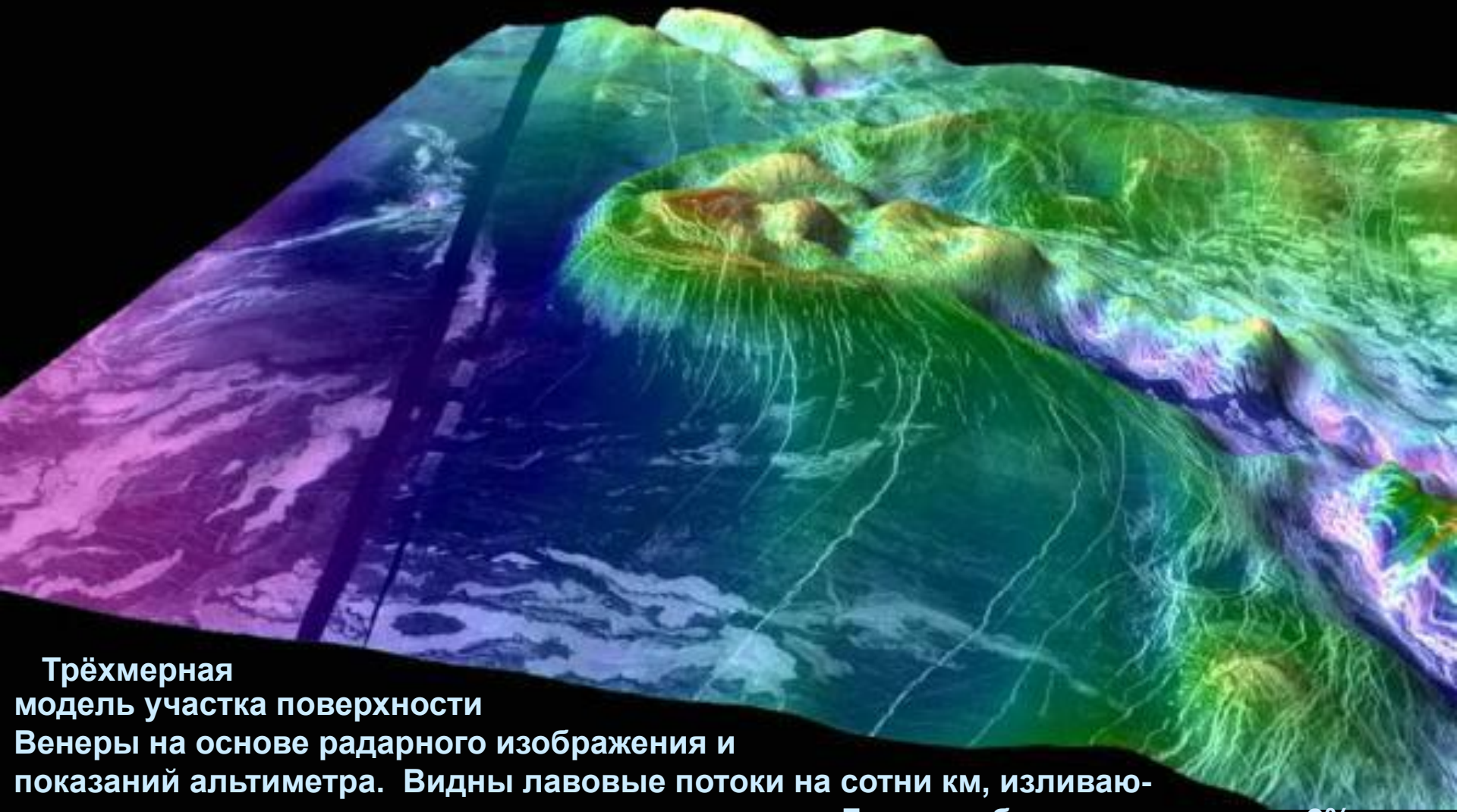
Состав атмосферы: CO_2 (97%), N_2 (~ 3%), H_2O (0,05%), примеси CO , SO_2 , HCl , HF .
Из-за парникового эффекта – высокая температура поверхности ($> 400^\circ \text{C}$).

Космич. корабль «Магеллан» провёл (1990г.) радарное картографирование планеты. Снимки с радара показывают большое разнообразие кратеров, вулканов и гор. Вулканов на Венере - сотни тысяч, некоторые – высотой до 3 км и шириной 500 км. Постоянно происходит излияние лавы. Давление у поверхности ~ 90 атм. Породы поверхности близки по составу земным осадочным.



SELU CORONA; LAT -42; LONG 7; DIAM 400 KM; C1-MIDR.45S011.101

VERTICAL EXAGGERATION X 25



Трёхмерная модель участка поверхности Венеры на основе радарного изображения и показаний альтиметра. Видны лавовые потоки на сотни км, изливающиеся из трещин вулcano-тектонических структур. Горные области занимают ~ 2% поверхности планеты, но всё указывает на активную тектоническую деятельность.

Наша родная планета Земля



Экваториальный радиус	6378 км
Полярный радиус	6357 км
Масса	$58 \cdot 10^{24}$ кг
Атм. давление (станд.)	101325 кПа
Магнитное поле	$\sim 5 \cdot 10^{-5}$ Тл
Плотность (средняя)	5,517 г/см ³
Плотность поверхн.	2,6 – 3 г/см ³
Ускорение свободного падения	9,81 м/с ²
Период обращения вокруг оси (сутки)	23 ч 56 мин. 04 с
Ср. температура поверхности	+ 14,5 °С
Период обращения вокруг Солнца (год)	366 д 0ч 0мин 6 с
Расстояние от Солнца	1 а.е. = 149 млн. км
Скорость движения по солнечной орбите ~ 30 км/с	

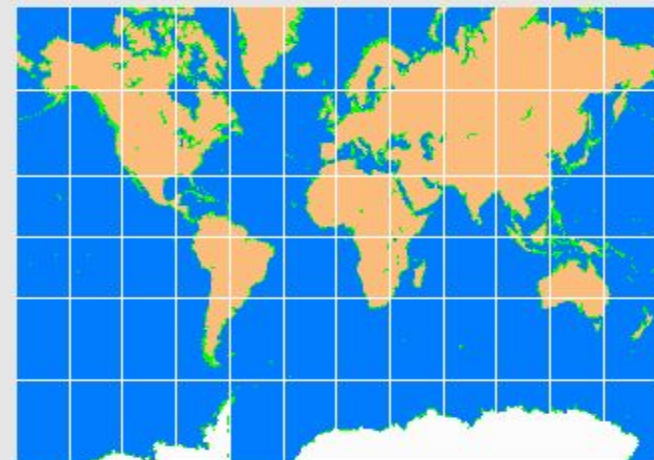


Размеры Земного шара впервые оценены ~ в 240 г. до н.э. Эратосфеном. Вращение Земли естественным образом объясняет смену дня и ночи, а движение вокруг Солнца и наклон её оси к эклиптике – смену времён года.

Атмосфера Земли сильно отличается от других планет. Первоначально состояла из H_2 , паров H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 , немного He, Ne. С возникновением растений C связывался с горными породами и накопился O_2 (~ 20%) и N_2 (~ 78%), CO_2 (0,03%).

Толщина земной коры от 30 до 70 км, глубже находится мантия, обладающая текучестью. В центре находится ядро(давление – до 4млн.атм., $T \sim 4,5$ тыс. $^{\circ}C$, вещество в особом «металлическом» состоянии с $\rho \sim 13$ г/см 3).

Точная форма Земли по геодезическим измерениям с ИСЗ – *геоид*. Это геом. фигура, в каждой точке которой поверхность перпендикулярна линии отвеса.



Магнитные полюса Земли не совпадают с географическими. В настоящее время **СМП** находится на севере Канады (остров Элмор Рингнос). Каждый день он описывает эллипс, сдвигаясь на 40 м к Северу. За 4,5 млрд. лет существования Земли **СМП** обошёл большую часть поверхности планеты.

North Magnetic Pole
1999



Магнитное поле Земли создано частично ионизированным верхним слоем ядра, которое вращается быстрее поверхности планеты. Поэтому полюс **И** смещается

Земля с вершины Эвереста

(Фото Маккензи)



Гималаи из космоса

(СНИМОК МКС С ВЫСОТЫ 345 КМ)





Луна — спутник Земли

Диаметр — $0,27 D_{\text{земли}}$, масса — $7,35 \cdot 10^{22}$ кг,
плотность — $3,34 \text{ г/см}^3$, объём — $0,02 V_{\text{земли}}$,
ускорение свободного падения — $1,6 \text{ м/с}^2$.
Атмосферы — нет, магнитного поля — тоже.

Повёрнута к Земле всегда одной стороной. Период обращения — 27 сут.

Никаких внутренних
тектонических процессов на
Луне не зафиксировано.

Её поверхность определяется
внешними воздействиями.

Анализ лунных пород,
доставленных на Землю,
говорит о существенном
их отличии от земных.



Восход Луны над Землёй(снимок с ИСЗ)



Лунные кратеры с лучами:

Тихо (внизу справа) –
самый молодой из
обращённых к
Земле, $D \sim 85$ км;

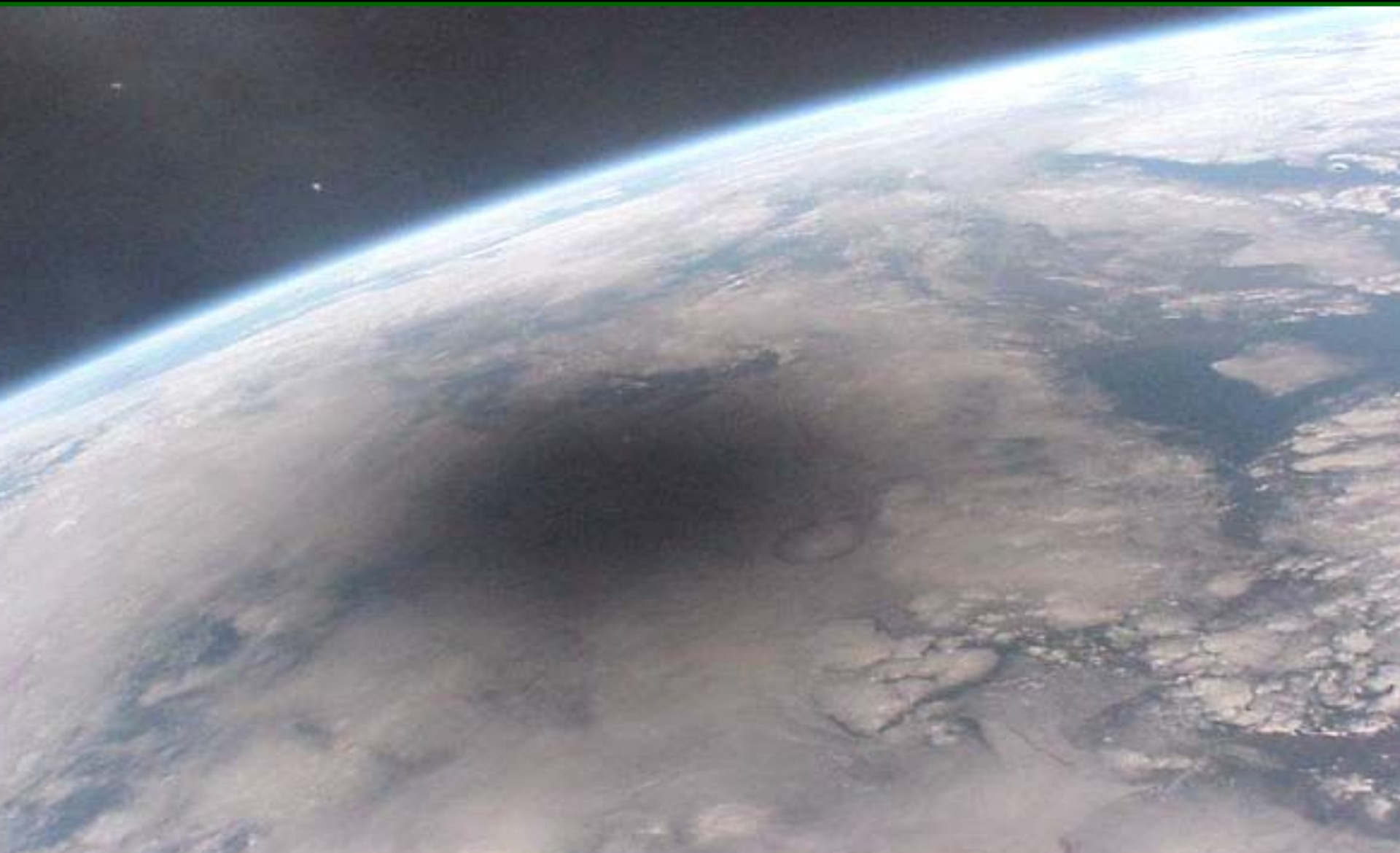
Коперник (вверху, слева),
диаметр – 93 км.

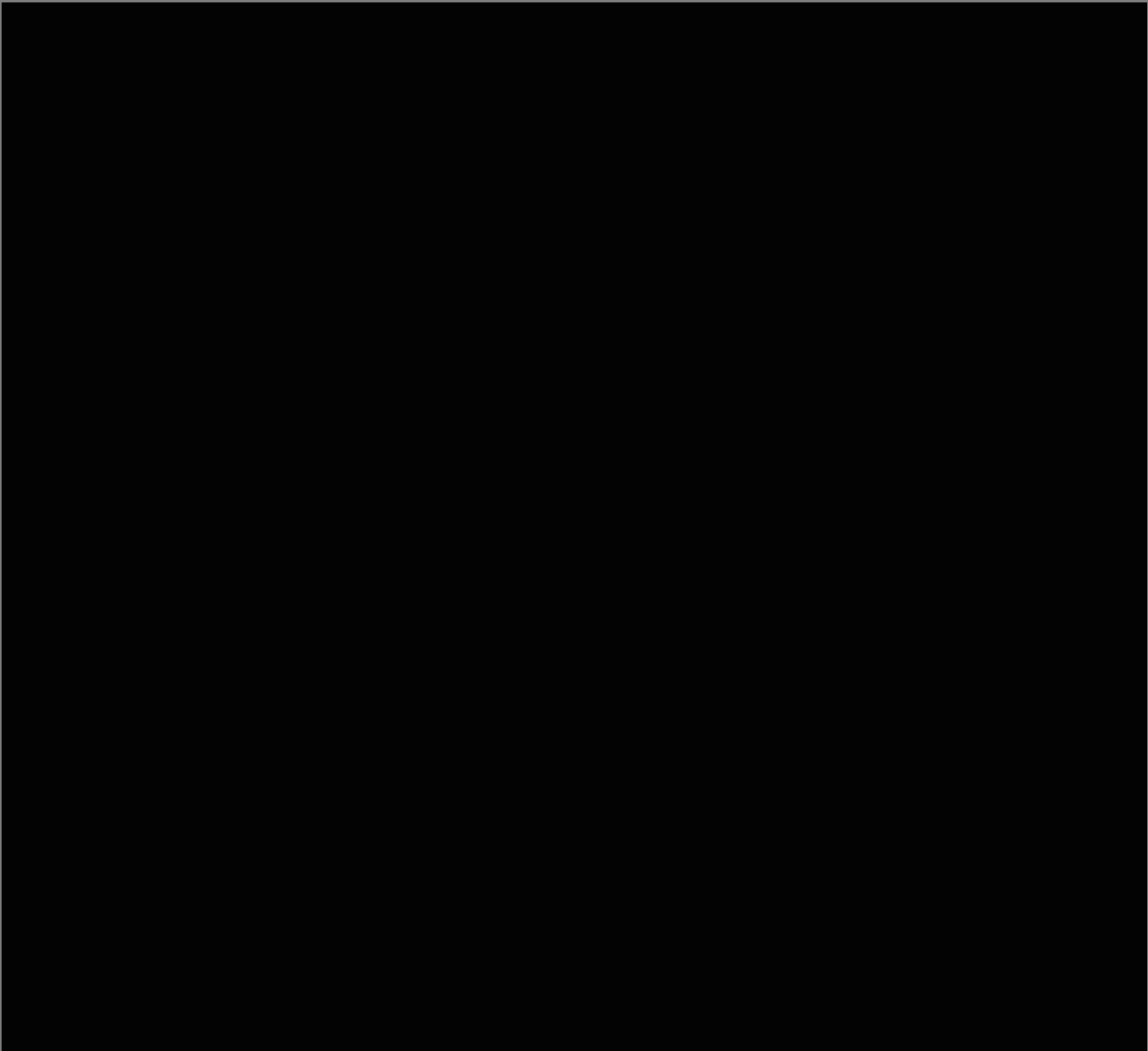
Восход Земли над Луной



(снято с лунной орбиты 21. 12. 1968 г. «Апполон-8»)

Тень от Луны на поверхности Земли
Тень от Луны на поверхности Земли





Фазы Луны (ускоренная демонстрация)

Восход Луны

(мыс Сауньон, Греция, май 2005 г.)



24 столетия назад для моряков, плывущих по Эгейскому морю, был построен храм Посейдона, служивший маяком.

Люди на Луне



В июле 1969 г. к Луне стартовал космический корабль «Аполлон-11» с 3-мя американскими космонавтами на борту.

19 июля 2 члена экипажа «Аполлона-11» Базз Олдрин и Нил Армстронг забрались в спускаемый аппарат «Игл» и начали путь с окололунной орбиты к её поверхности. 3-й член экипажа Майкл Коллинз остался на орбите в командном отсеке.

Н. Армстронг первым ступил в скафандре в лунную пыль, сказав ставшую знаменитой фразу: «Шажок для человека, гигантский скачок для человечества».

Космонавты пробыли на Луне 2,5 часа, собирая образцы пород и фотографируя. Оставили флаг своей страны и мемориальную табличку.

Следующий полёт людей на Луну намечается в 2015 году.



Старт ракеты-носителя «Сатурн - V»



**Первые
люди на Луне**

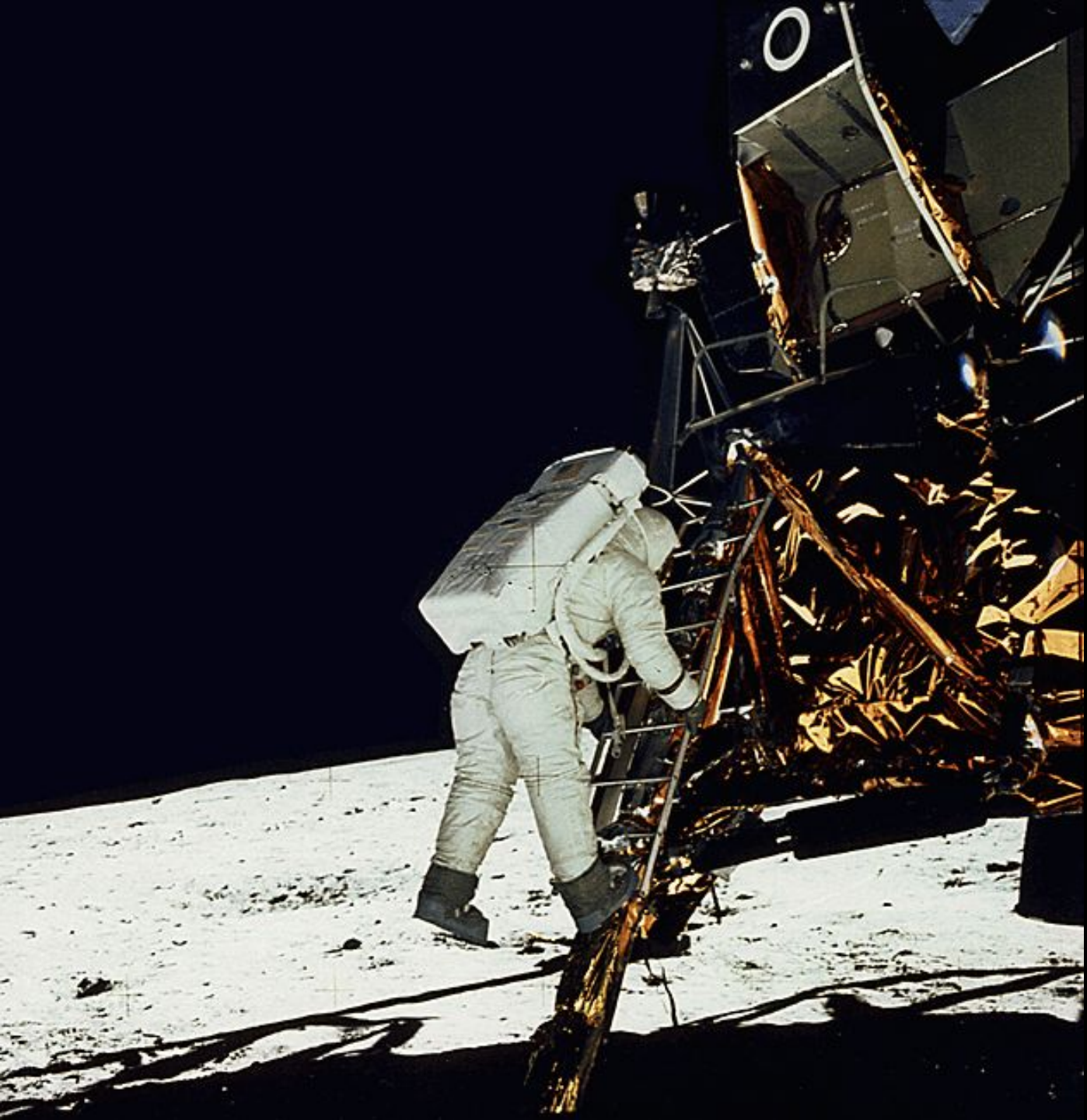
**Нил
Армстронг**

и

**Базз
Олдрин**

**В зеркально шлеме космонавта отразилась картина первого спуска на
поверхность Луны**

На Луне



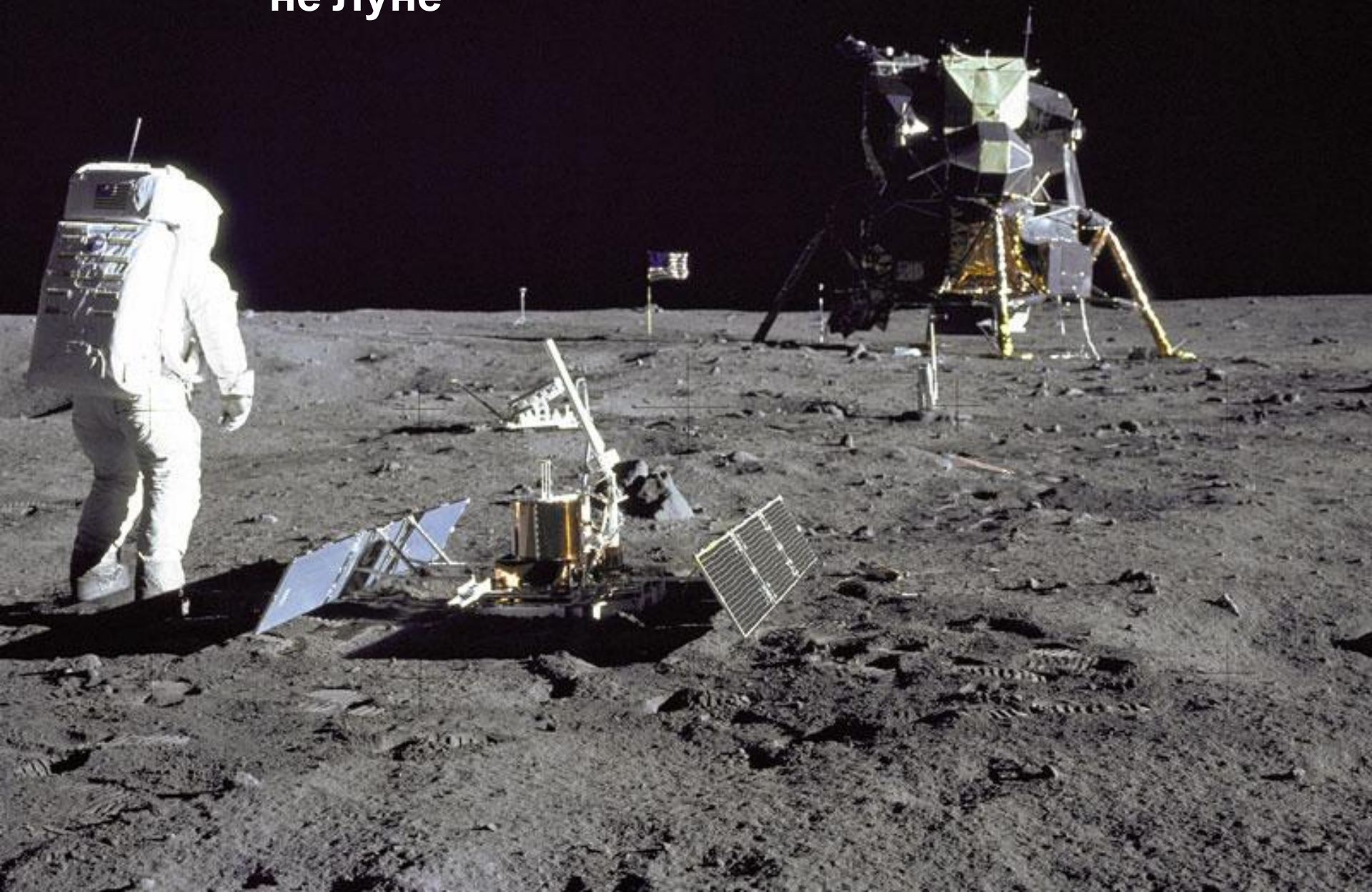
Космонавт Армстронг

След человека на Луне...



**Ступив на поверхность Луны
20.07.1969 г.,
Л. Армстронг
сказал фразу,
ставшую
знаменитой:
«Этот маленький
шаг человека
является
гигантским
шагом всего
человечества».**

«Аполлон-11». Нил Армстронг не Луне

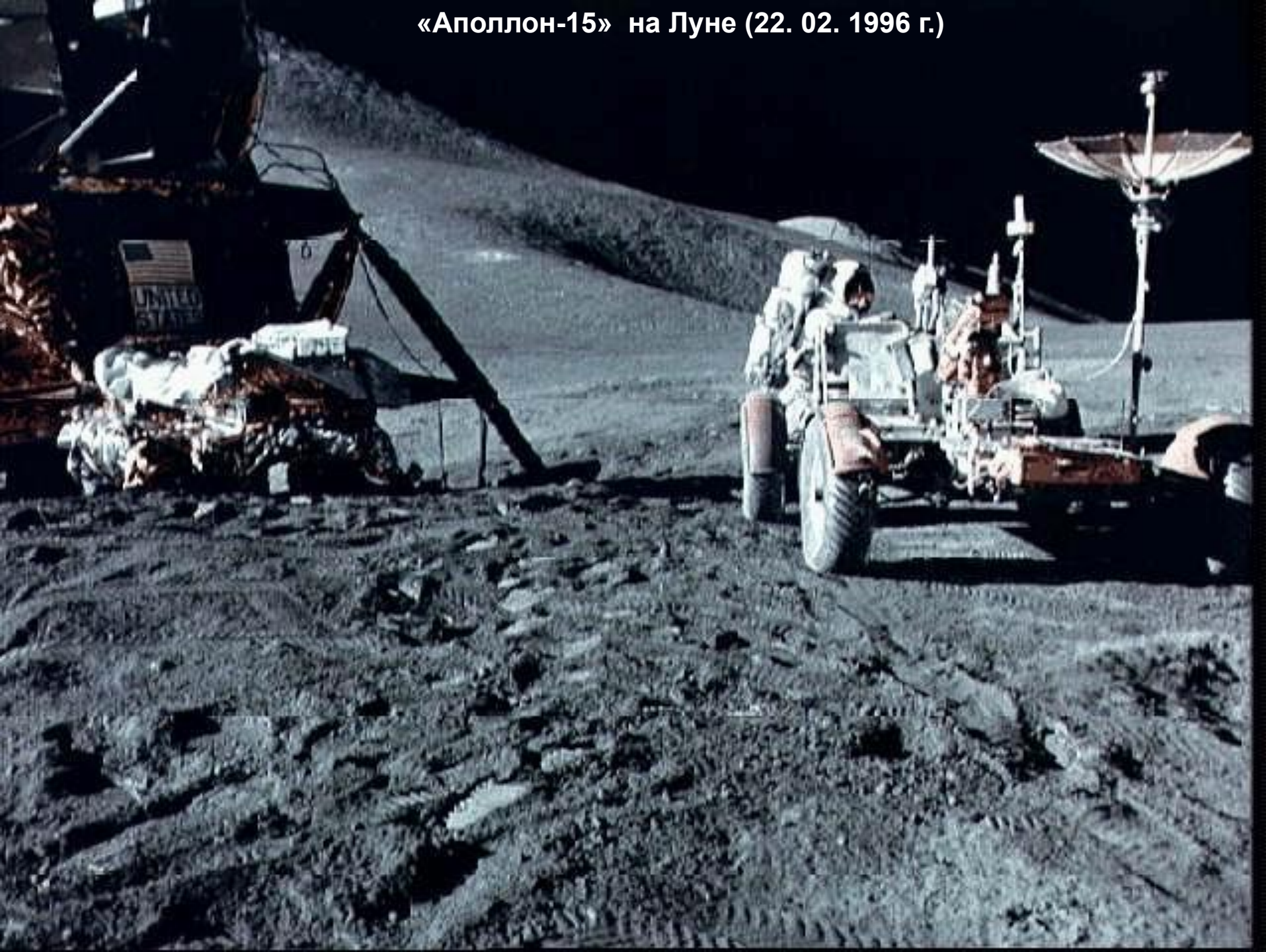


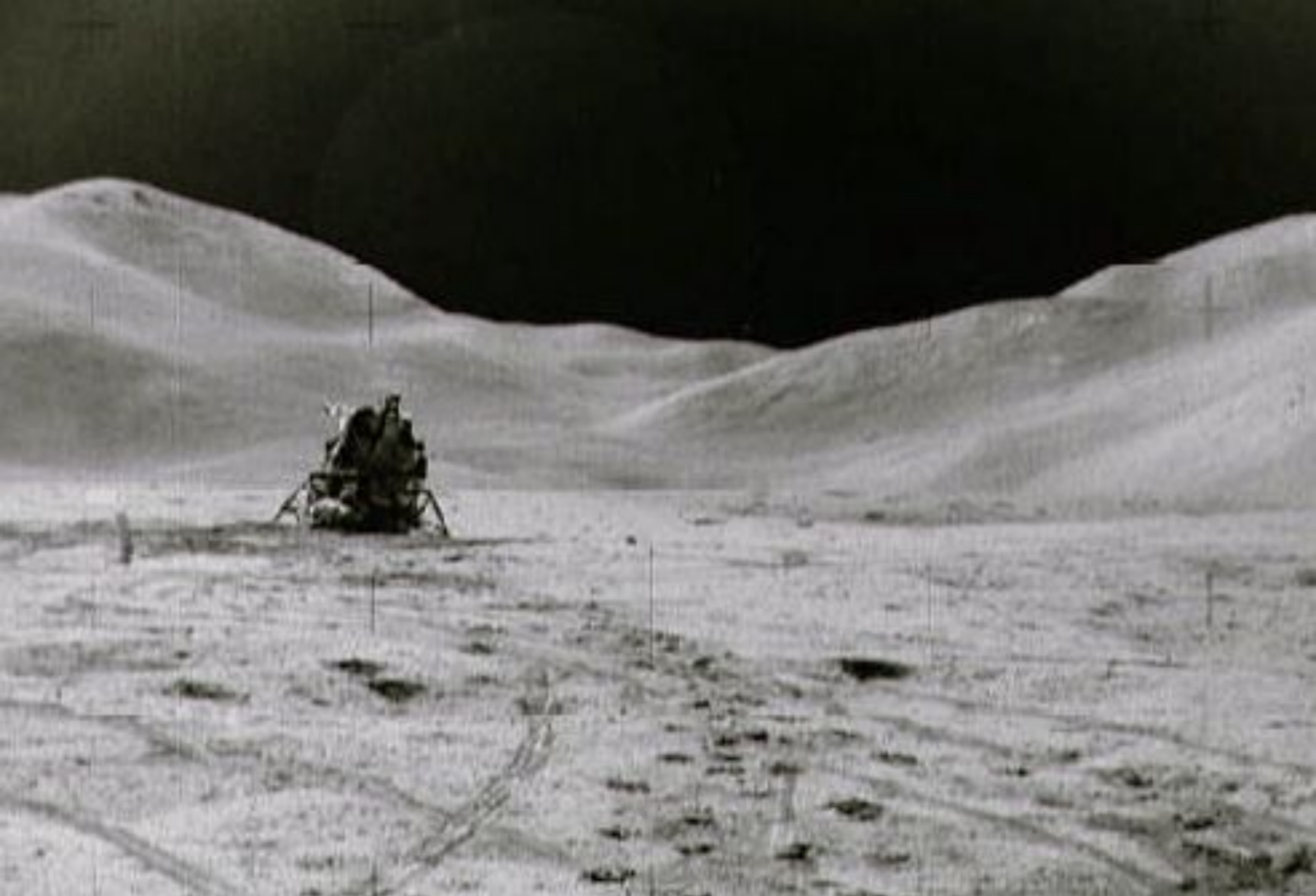
Стереопhoto



Американский космонавт П. Конрад на Луне («Аполлон-12», ноябрь 1969 г.)

«Аполлон-15» на Луне (22. 02. 1968 г.)





Спускаемый модуль "Аполлона 15"

Лунная аналемма



Если снимать Луну в одном и том же месте весь лунный цикл с задержкой в 51 мин. ежедневно, то на небе из-за движения Луны по орбите образуется «восьмёрка» - аналемма. Снимок сделан астрономом Р. Ричинсом (штат Нью-Мехико, США).



Солнце - источник жизни на Земле

Зима, р. Сакмара, 2005 г.



Есть ли жизнь на Земле?

Из 100 000 снимков, сделанных из космоса с расстояния ~ 1000 км только на одном можно обнаружить признаки существования разумных существ (просека ЛЕП в тайге).

Наблюдения с ИСЗ обнаружили радиационные пояса у планеты (тах – у экватора), защищающие от корпускулярного излучения Солнца и космических лучей.

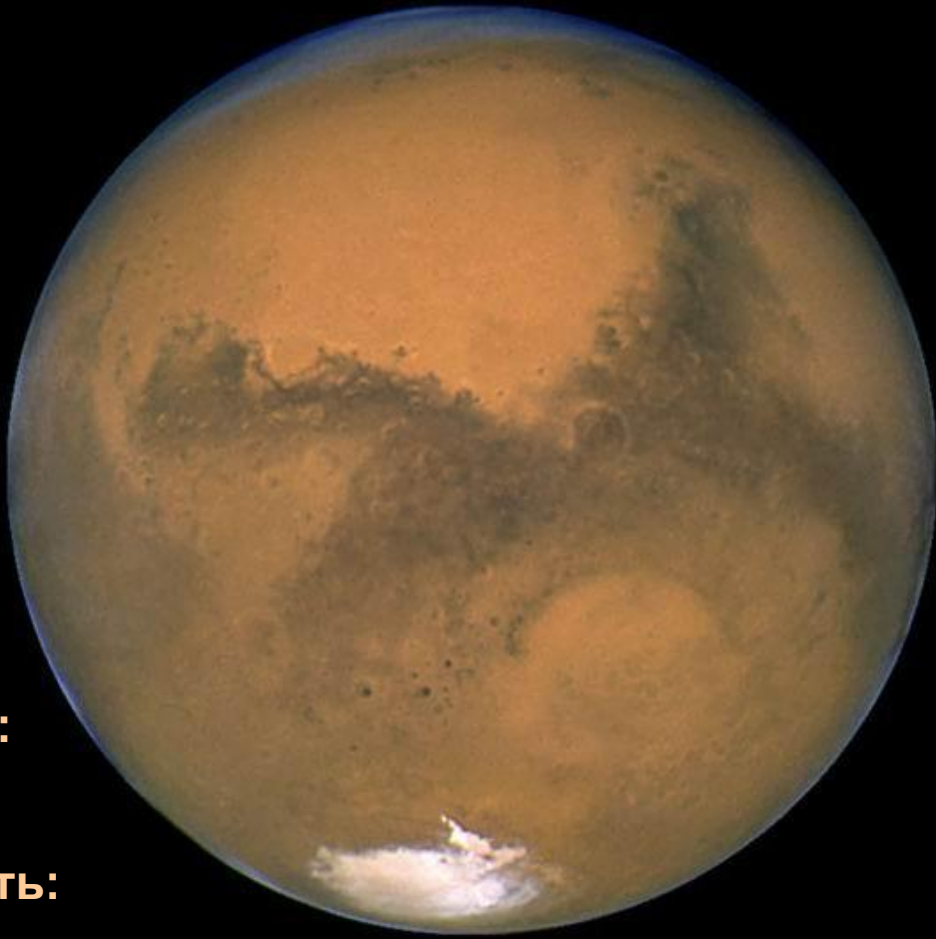
71% поверхности занимает гидросфера. Пресной воды < 1%, причём, свободно доступно только 0,014% .

Литосфера планеты состоит из отдельных литосферных плит, которые в истории Земли многократно объединялись, расходились, уходили вглубь планеты, переплавляя своё вещество. Самые древние породы имеют возраст 4,5 млрд. лет.



Снимок Земли
с Марса

МАРС



Масса

$6,4 \cdot 10^{23}$ кг. (0,108 массы Земли)

Диаметр:

6794 км. (0,53 диаметра Земли)

Плотность:

$3,94 \text{ г/см}^3$

Температура поверхности:

Днём - 0°C ; ночью - 100°C

Длина суток:

24,37ч

Ускорение св. падения

$3,7 \text{ м/с}^2$

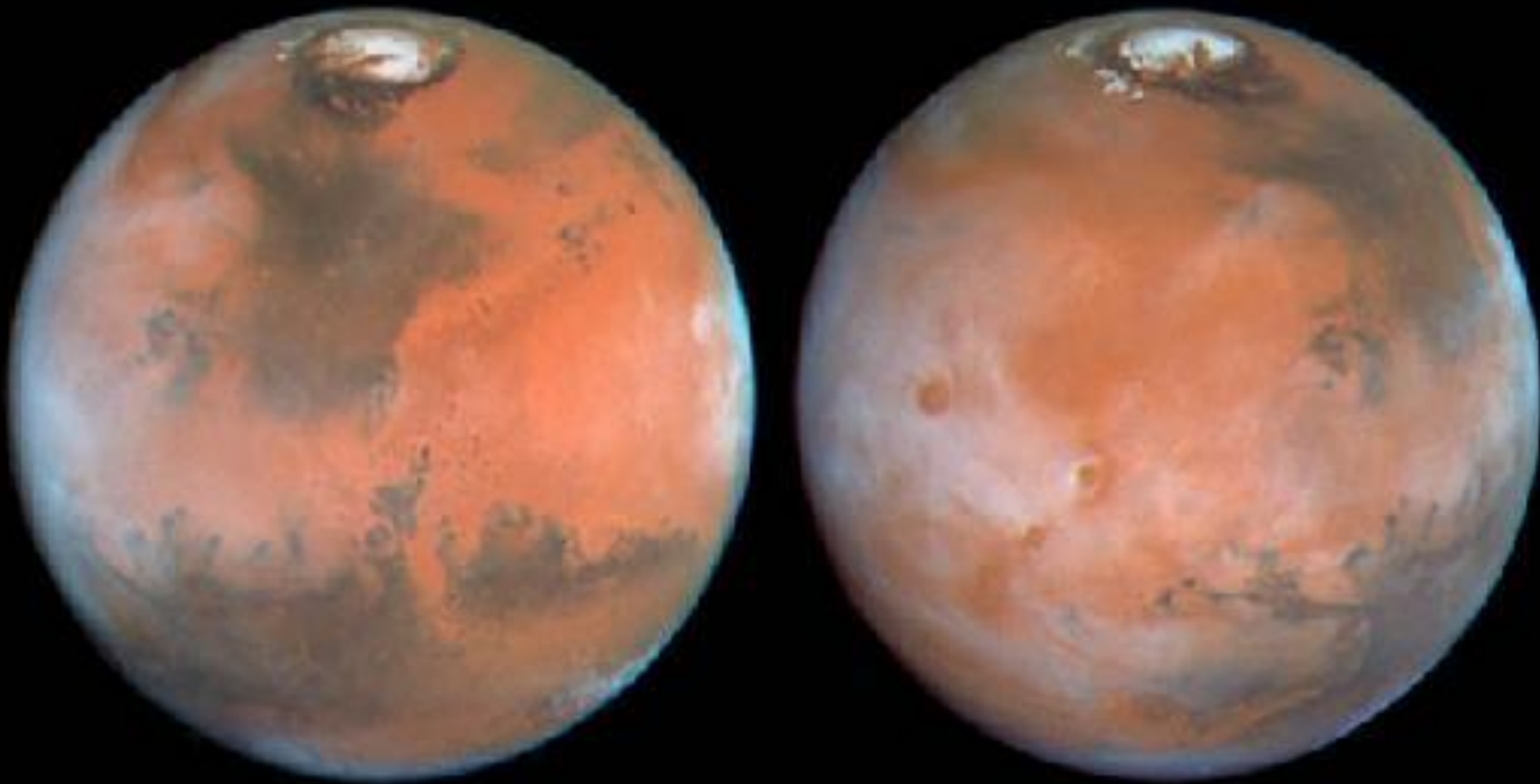
Расстояние от Солнца (среднее):

1,52 а.е.(228 млн.км)

Период обращения по орбите(год):

1год 321,7 суток

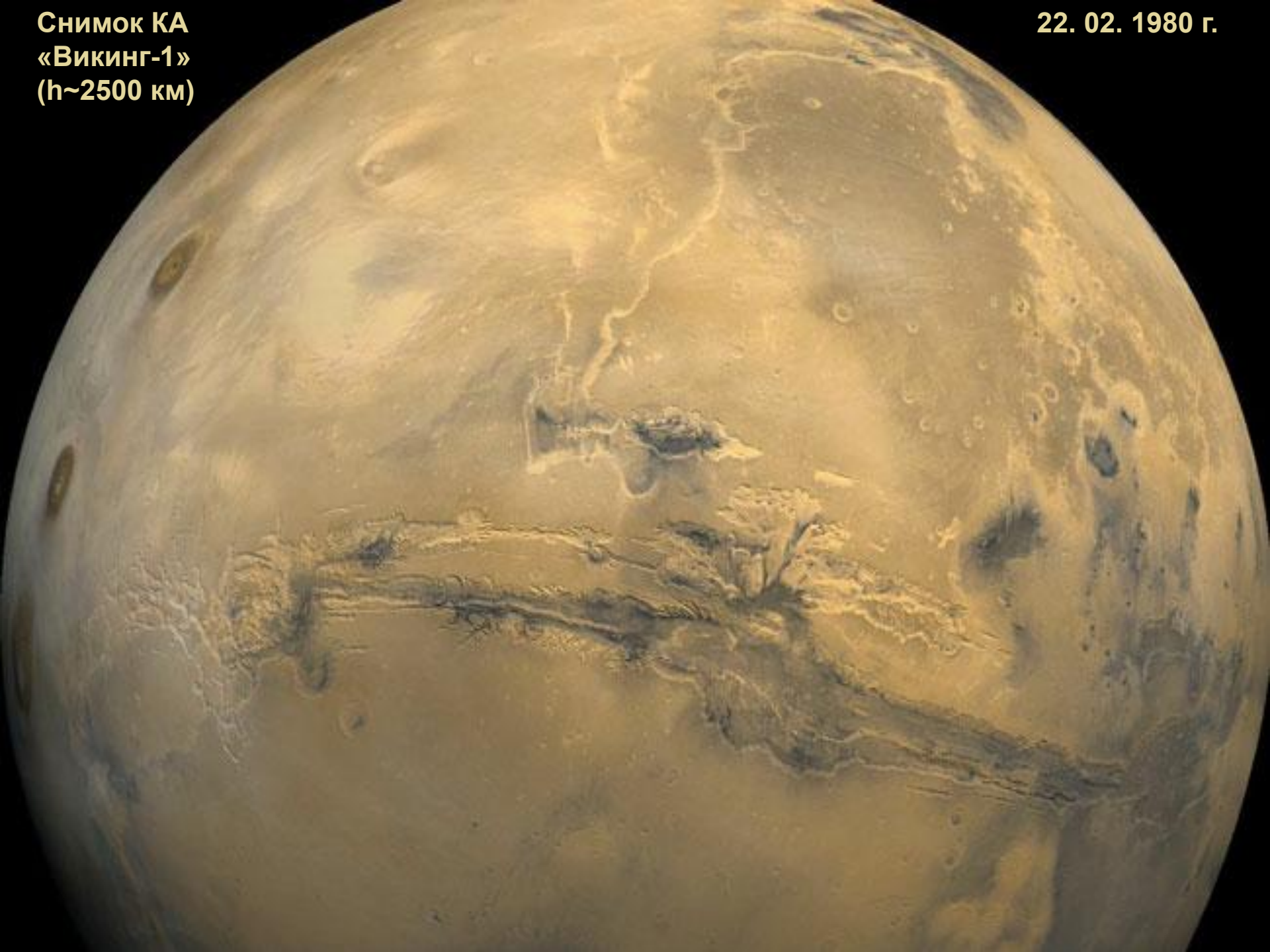
Западное и восточное полушария Марса



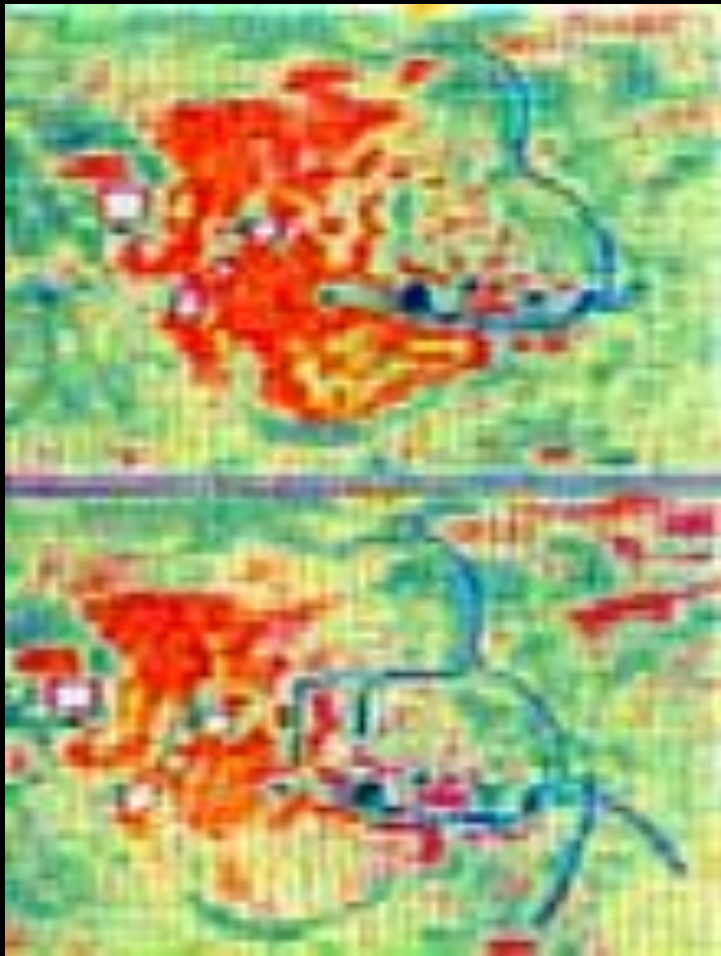
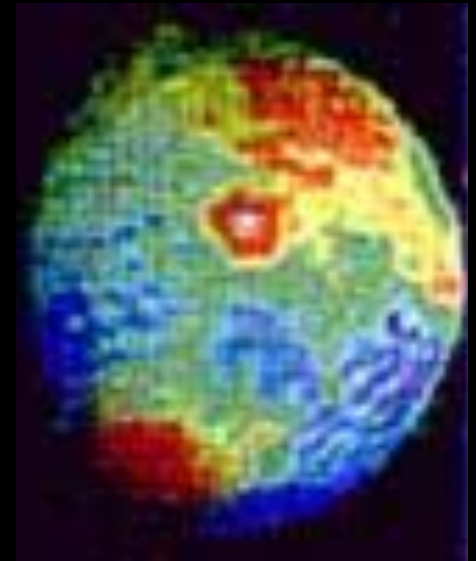
Видны: полярная шапка предположительно из конденсированной углекислоты, темные «моря», светлые равнины, возвышенности и кратеры.

Снимок КА
«Викинг-1»
(h~2500 км)

22. 02. 1980 г.



Исследователи NASA обнаружили на поверхности Марса древние каналы, которые могли возникнуть как следствие перемещения огромных масс воды (изображение дано в условных цветах).



Поток вод мог возникнуть, когда планета была ещё молодая.

Информация получена с зонда «Mars Global Surveyor» на основе новых лазерных технологий.

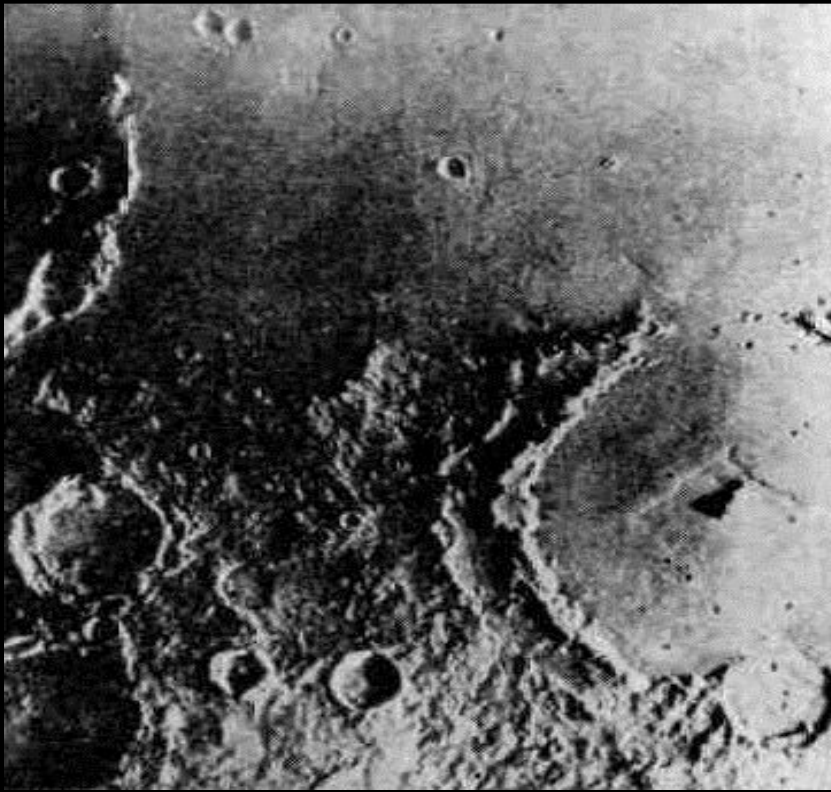
Это воодушевило учёных, т.к. может являться доказательством того, что в прошлом на Марсе могла быть жизнь.

В 2004 г. Марс за последние 60 тыс. лет находится ближе всего к Земле. Потому планируется запустить к нему много космических аппаратов.



На снимке: марсоход вернулся к месту своей посадки. Видны остатки посадочного модуля. На переднем плане (слева, внизу) виден древний железо-никелевый метеорит. Место посадки – плоская равнина с грунтом, похожим на песок.

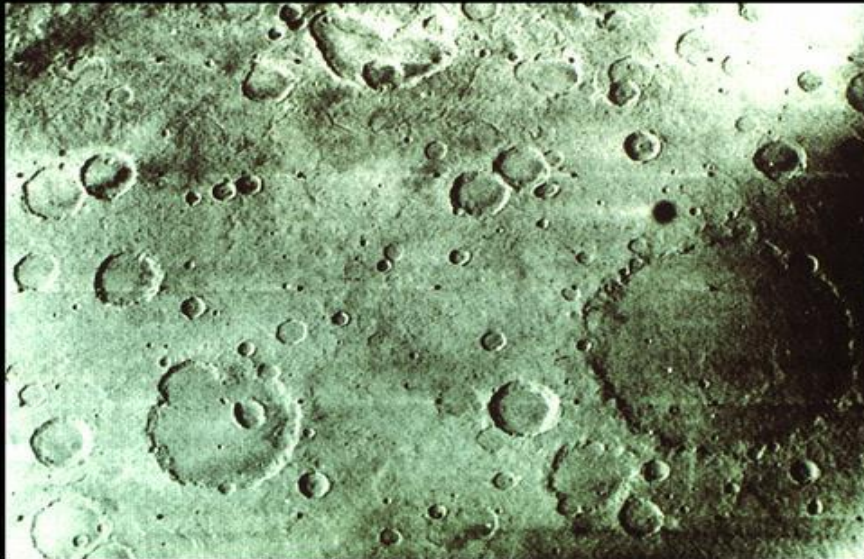
Кратеры Марса



Атмосфера на планете –
крайне разрежённая
($p_{\text{атм}} \sim 6$ миллибар).

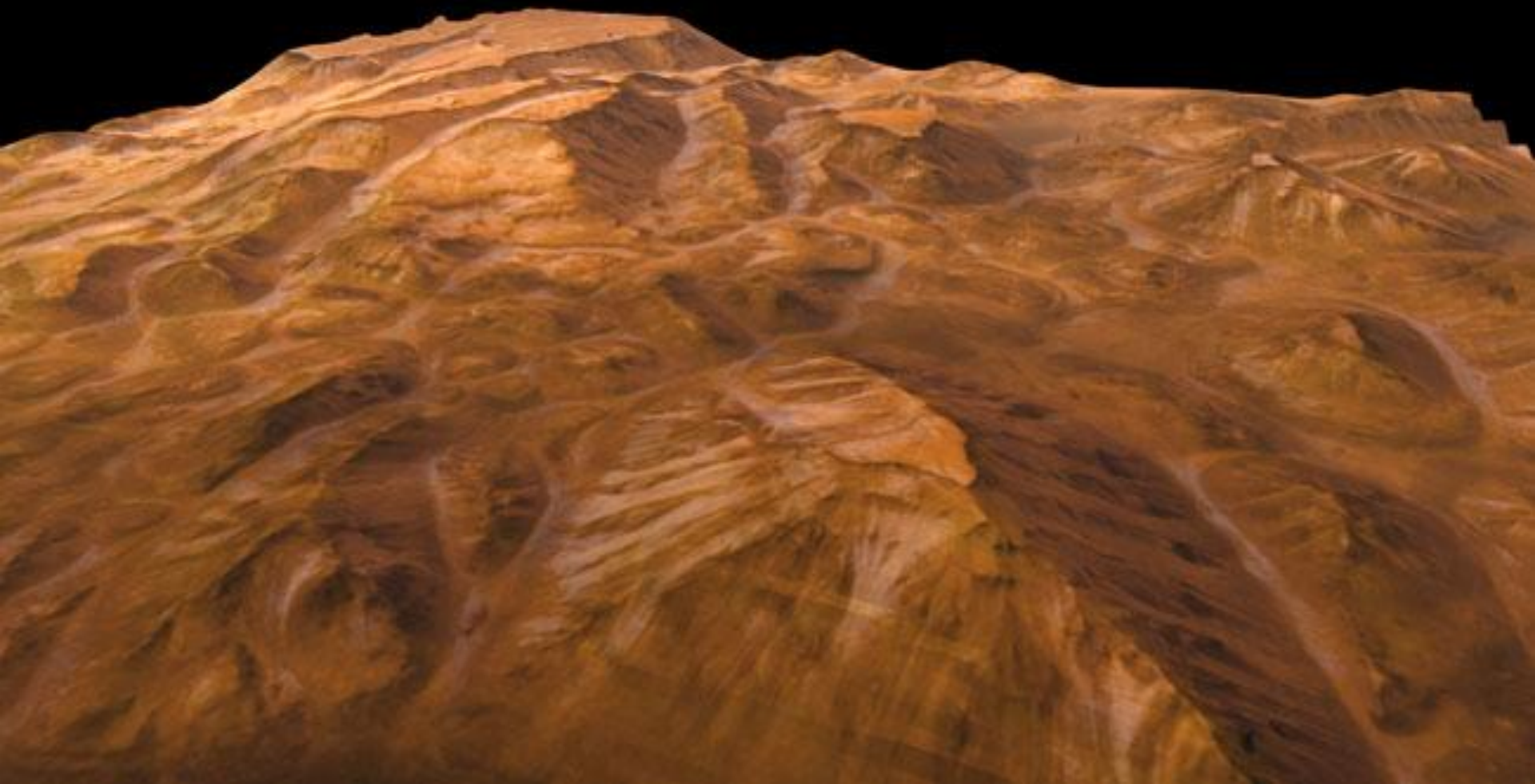
Это в 170 раз меньше земного
и соответствует давлению
атмосферы Земли на высоте
40 км.

Поэтому поверхность
подвержена
интенсивной бомбардировке
метеоритами из космоса.
Некоторые кратеры от
метеоритов имеют огромные
размеры: $D \sim$ до 500 км. Много
кратеров от потухших
вулканов.
Действующих вулканов пока
не обнаружено.

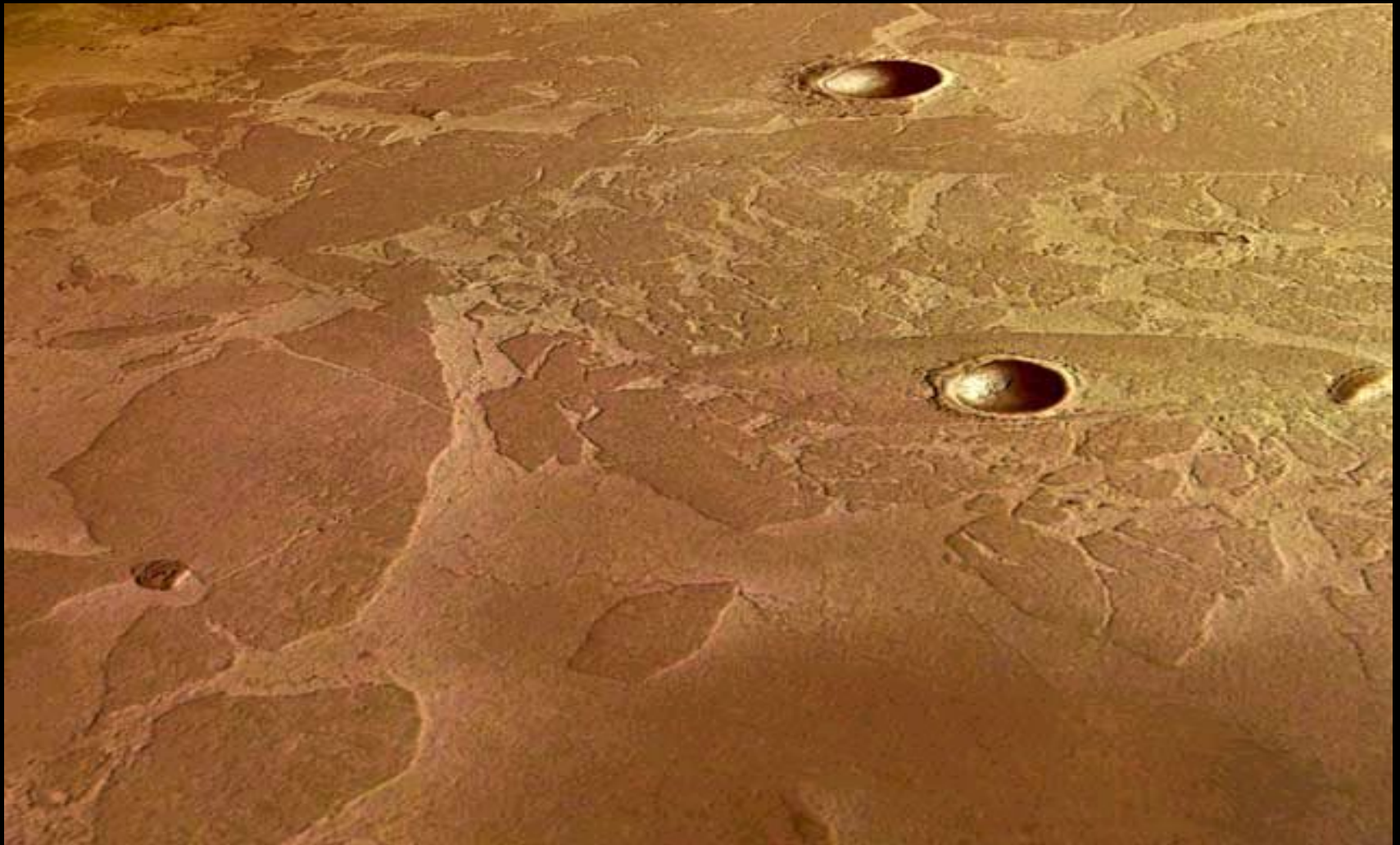


Долина Маринера с аппарата "Марс-экспресс"

Европейский спутник «Марс-экспресс» (2004 г.) начал передавать цветные изображения с разрешением 10 м. Будет составлена карта залегания минералов до глубины 100 м и исследована глобальная циркуляция в атмосфере. На рисунке представлена область Большого Каньона в районе долины Маринера (~ 65 км).

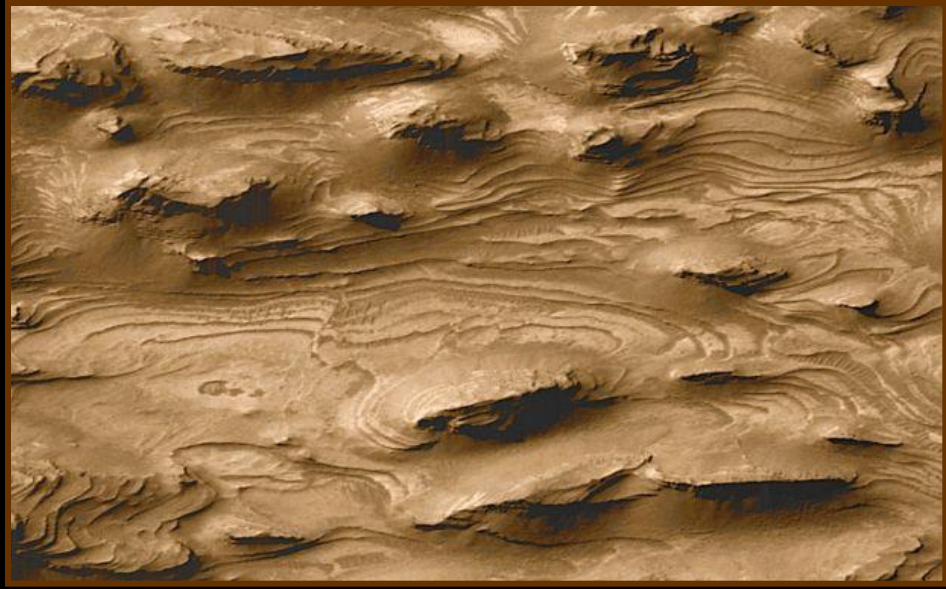
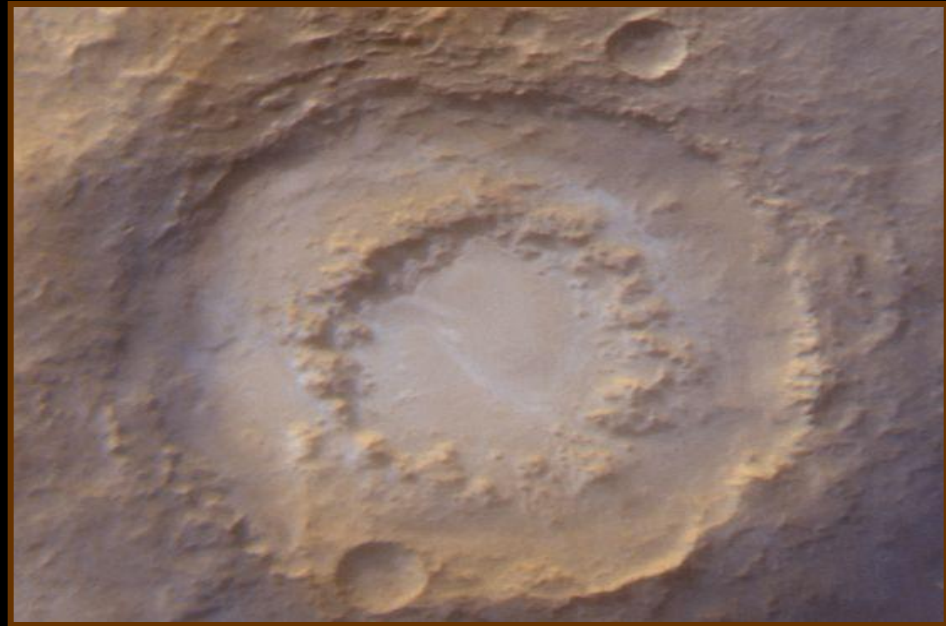


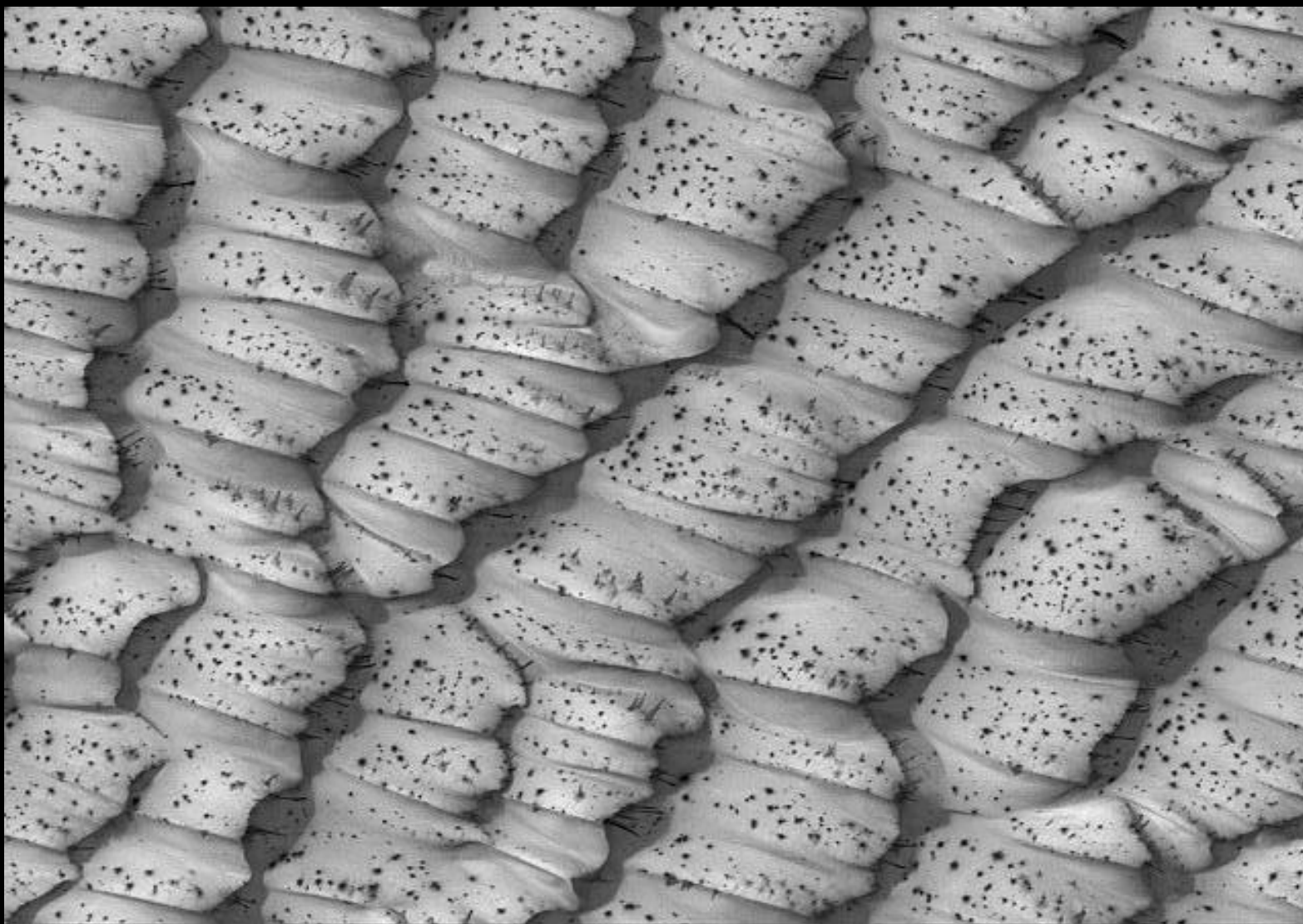
Льды на Марсе?



Аппаратом Европейского космического агентства «Марс-экспресс» (2005 г.) с околомарсианской орбиты сделан снимок области вблизи экватора планеты. Высказывается гипотеза: видны покрытые пылью водяные льдины, в недалёком прошлом плававшие на поверхности моря. Возможно, это было ~ 5 млн. лет назад.

Снимки поверхности Марса





На снимке виден участок поверхности Марса с пятнистыми дюнами возле Северного полюса размерами ~ 3 км. Углекислота и водяной пар сублимируют под действием солнечного света и обнажают песок. Пятна растут до размеров дюн.



Панорама марсианской поверхности в районе посадки марсохода «Спирит» (кратер Гусева, 2004 г.). Почва окрашена в оранжевый цвет окислами железа

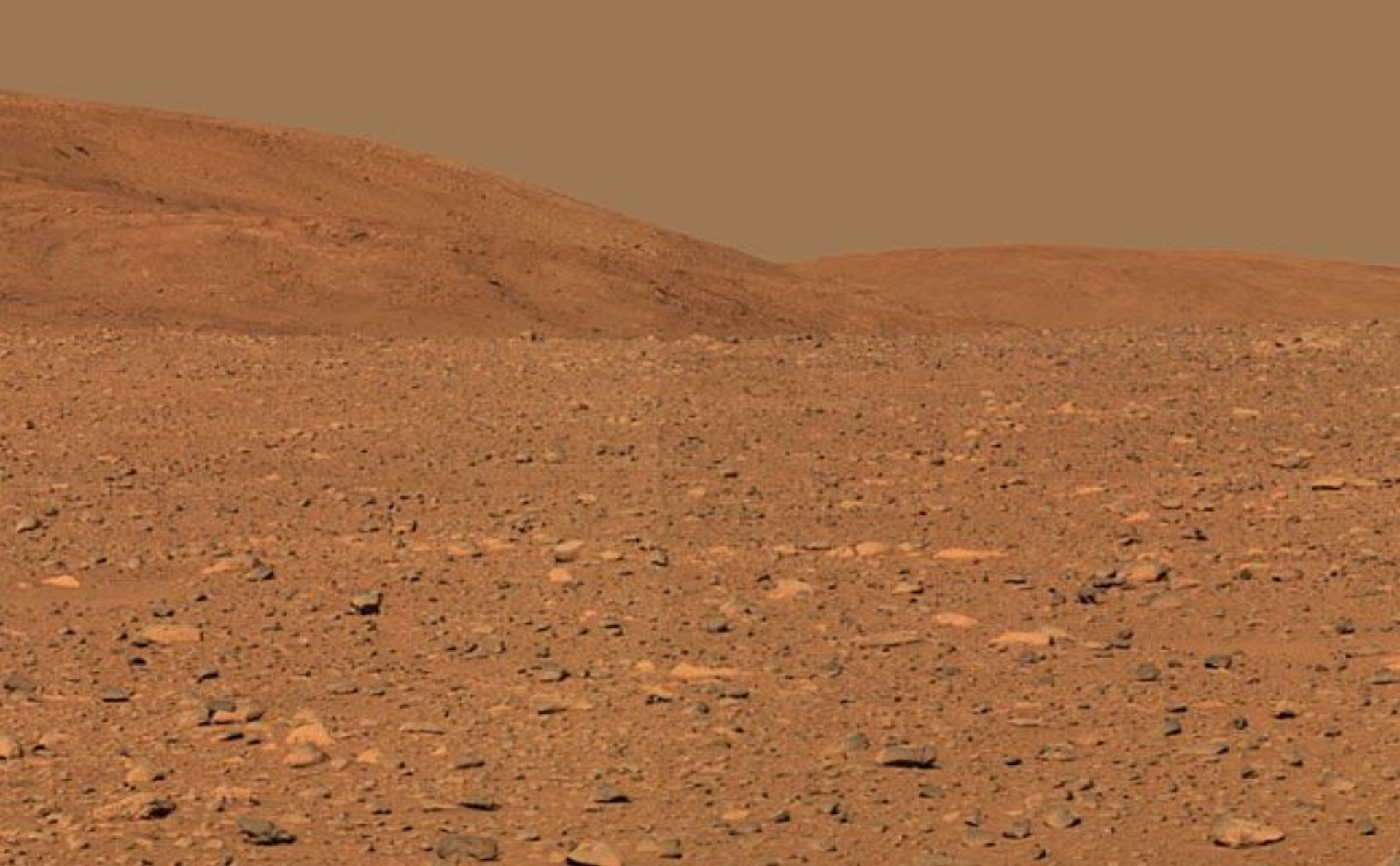




Марсианский пейзаж в районе, исследуемом марсоходом «Спирит»



Автоматический вездеход «Спирит» занялся изучением необычной светлой скалы, названной за форму Белой лодкой. Она – в центре. Изображение комбинированное.



Спирит после высадки на поверхность Марса прошёл 4 км и добрался до Колумбийских гор. Пейзаж дан в истинных цветах, которые бы увидели люди, находясь на вездеходе. На другой стороне планеты близнец Спирита марсоход Оппортьюнити исследует кратер Выносливости.

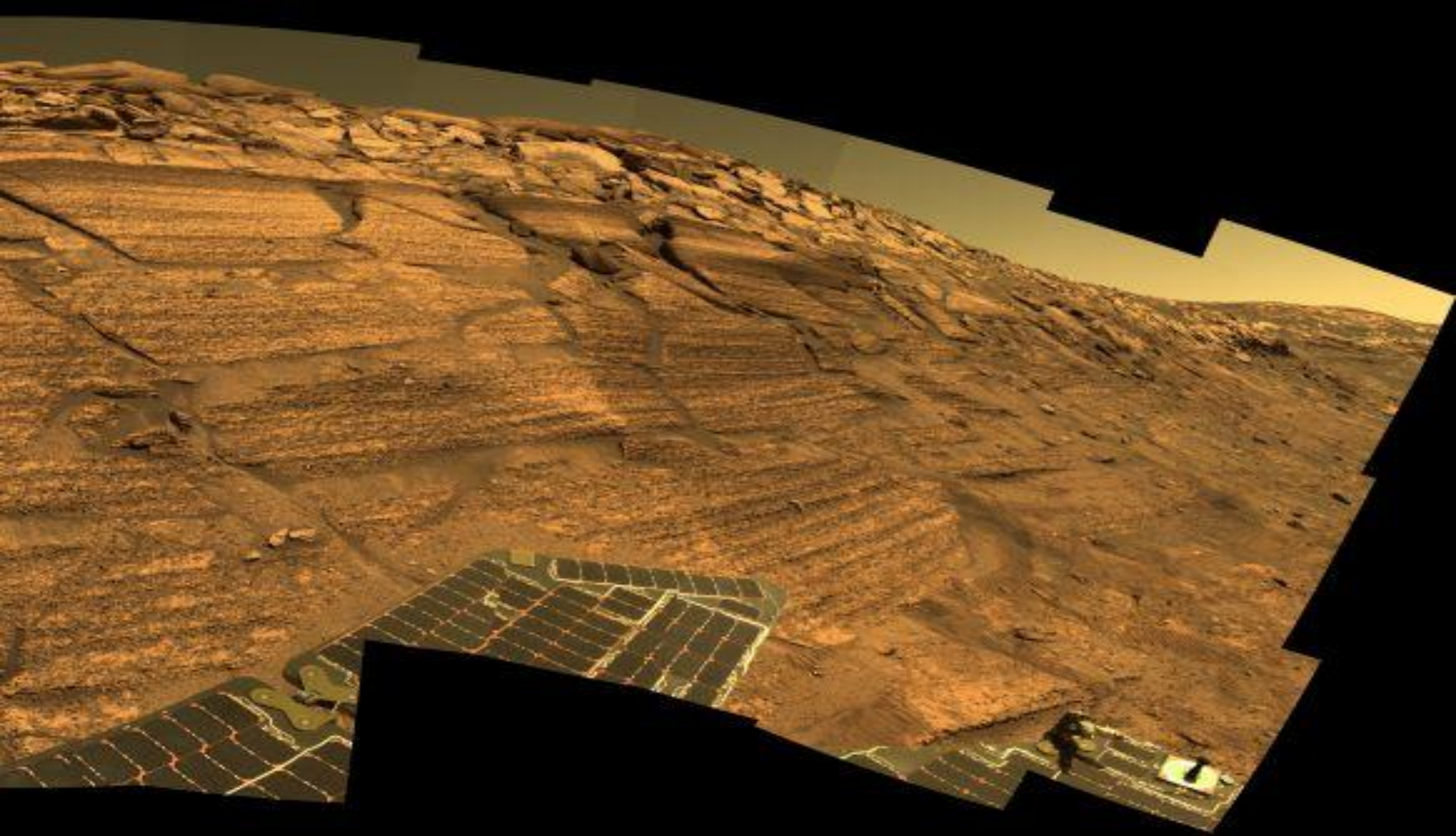


Марсоход Спирит передал снимки холмистой поверхности в Долине Маринера. На переднем плане виден выход горных пород. Справа, вдали просматриваются холмы района Колумбия. Слева, вблизи – холм Кларк.

Закат на Марсе (май, 2005 г.)



Закат на Марсе длится дольше и за счёт красной пыли может быть краснее, чем на Земле. На этом снимке вездехода «Спирит» Солнце зашло более 2 часов назад.



Изучение тепловизионных снимков, полученных с космического зонда «Марс-Одиссей» говорит об активных геологических процессах на планете.

На снимке: выход скальных пород на крутых стенках кратера Выносливости (шириной 130 м), который исследовал марсоход «Оппортьюнити».

Новые данные о Марсе. Летом изменение t от -90°C до -20°C . Состав атмосферы: $95\% \text{CO}_2$, $2,5\% \text{N}_2$, $0,4\% \text{O}_2$, водяных паров – $0,05\%$. Железное ядро $r \sim 960$ км с $\rho \sim 8,5$ г/см³, мантия – силикатная, мощностью 2426 км с $\rho \sim 4,6$ г/см³. Последняя сенсация: под толстым слоем пыли и осадочных пород обнаружено целое море льда.



Марсоход «Спирит»: панорама с края кратера Бонневилль ($D \sim 200$ м, камни, вероятно,

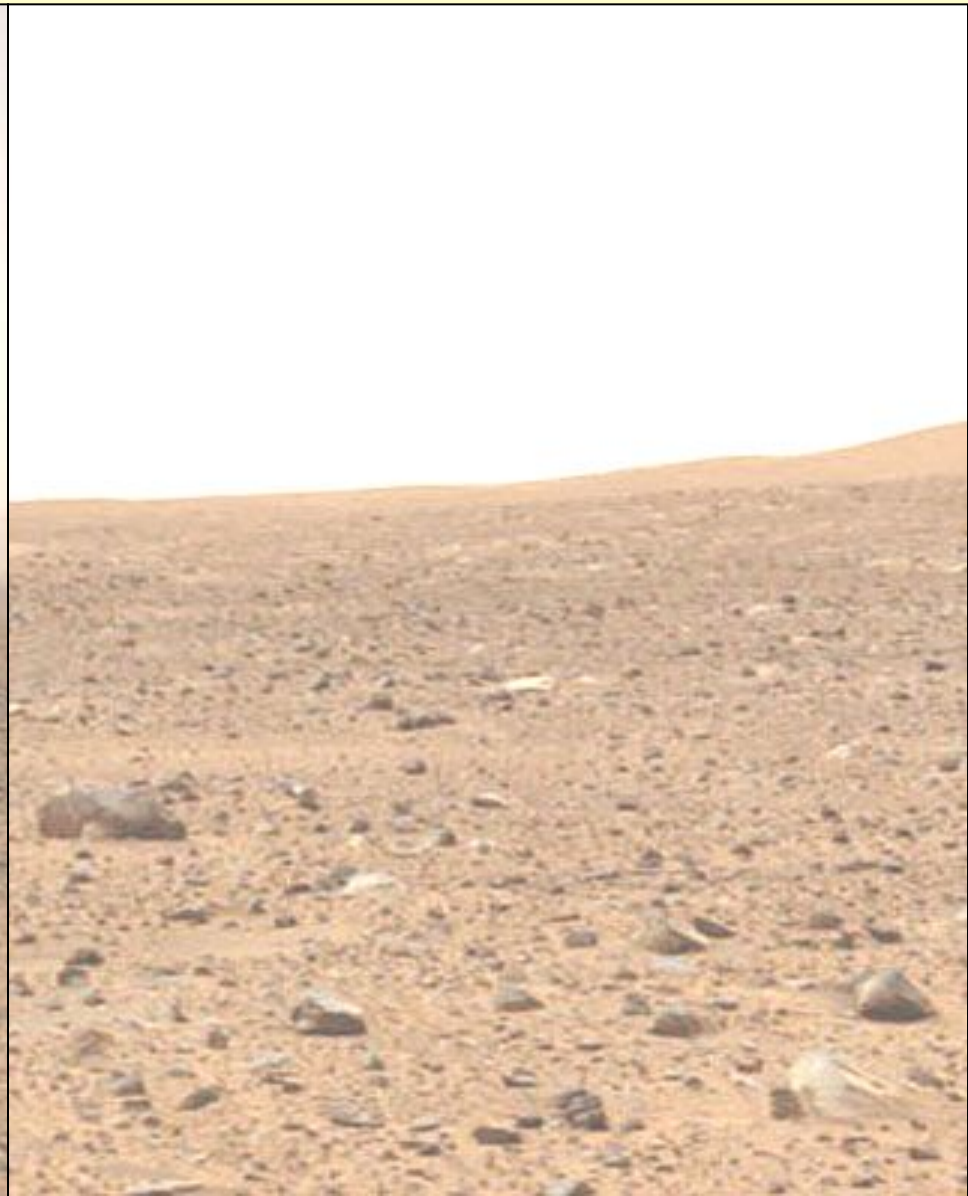


Кратер Эндурэнс на Марсе (май, 2004 г.)

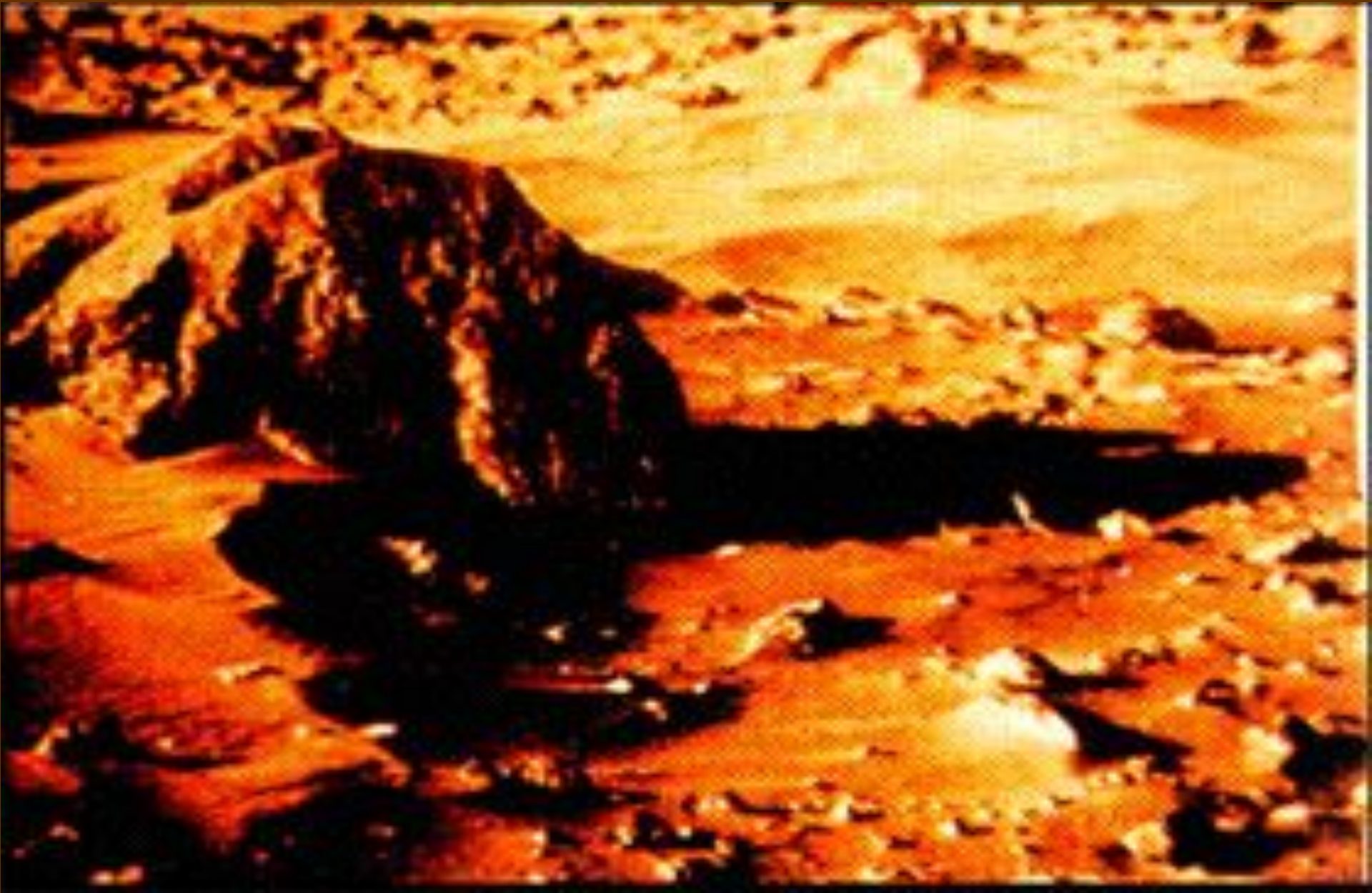
Земля или Марс?



Слева: пустыня на юге Марокко

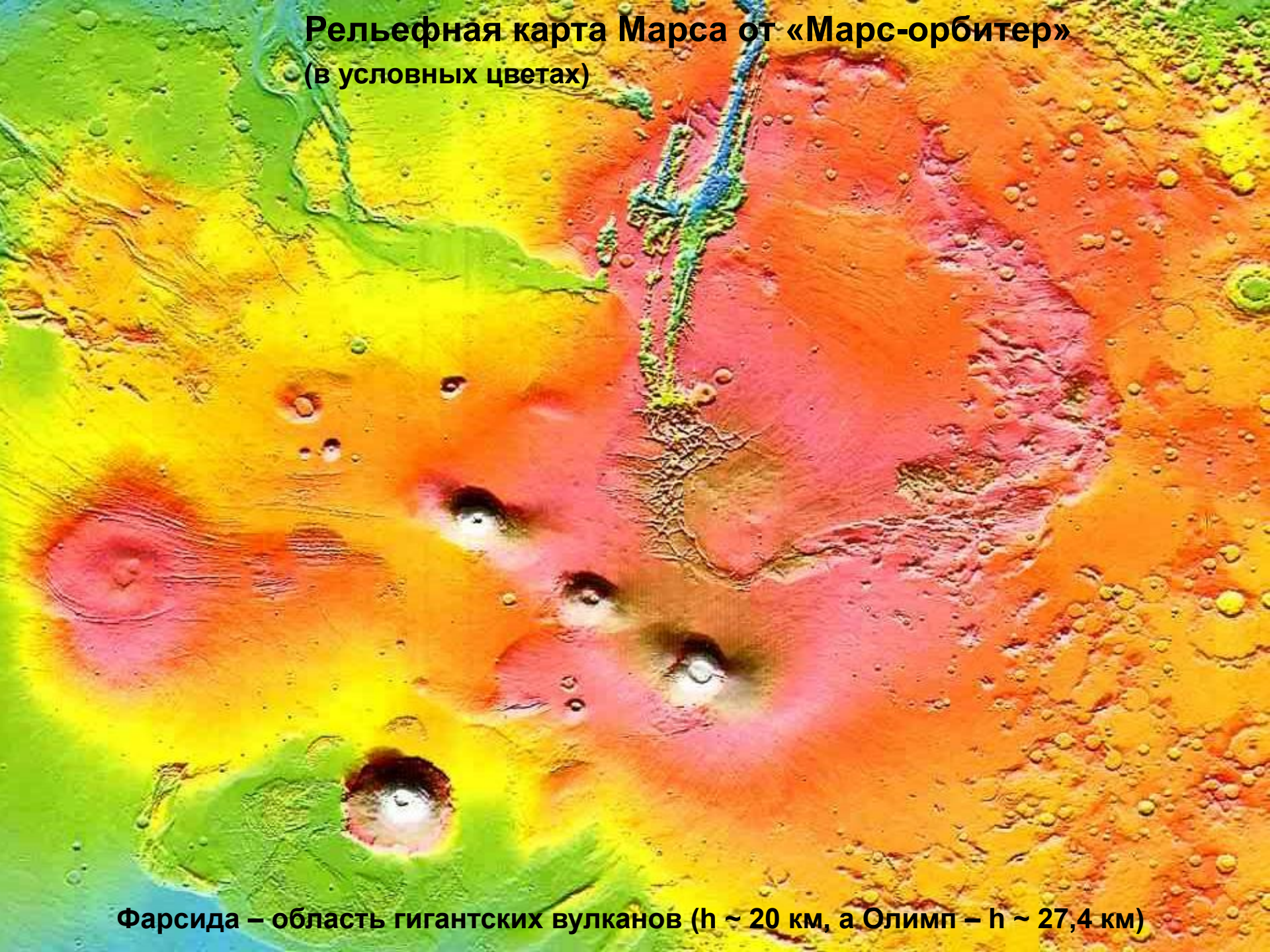


Справа: кратер Гусева на Марсе



Марсианская пустыня

**Рельефная карта Марса от «Марс-орбитер»
(в условных цветах)**



Фарсида – область гигантских вулканов (h ~ 20 км, а Олимп – h ~ 27,4 км)



Диаметр кратера Олимп составляет ~ 600 км, глубина кальдеры – до 3 км (снимок с марсианской орбиты)

Впервые «Спирит» снял кинокадры (30.04.2005 г.) образования пылевого смерча на поверхности Марса.



Спутники Марса **Фобос** и **Деймос** (открыты в 1877 г. А. Холлом)



Фобос

Диаметр: 23 км.

Расстояние до планеты: 9400 км.

Период обращения: 7 часов 29 минут 27 секунд



Деймос

16 км.

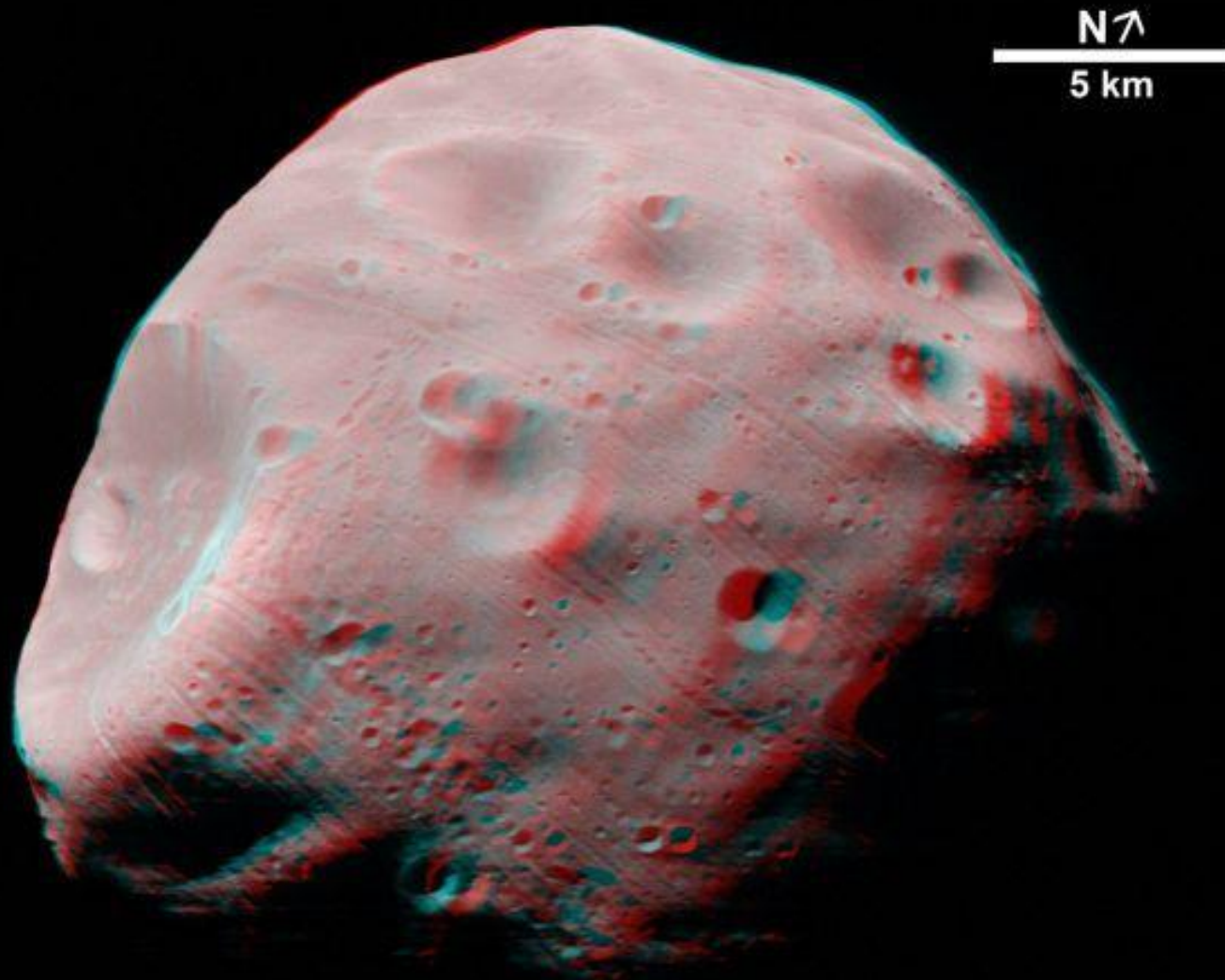
23460 км.

1 сутки 6 часов 17 минут

Имеют неправильную форму, т.к. из-за малых размеров их сила тяготения недостаточна, чтобы сжать их до более округлой формы. Возможно, они являются астероидами, захваченными полем тяготения Марса.

Фобос. Деймос. Гаспра.





СтереοΦοβος

Малые планеты - астероиды



Астероиды

(«звёздopodobные»)

**расположены между
орбитами Марса и
Юпитера.**

К концу 2000 г.

их обнаружено

более 20 000

нумерованных и

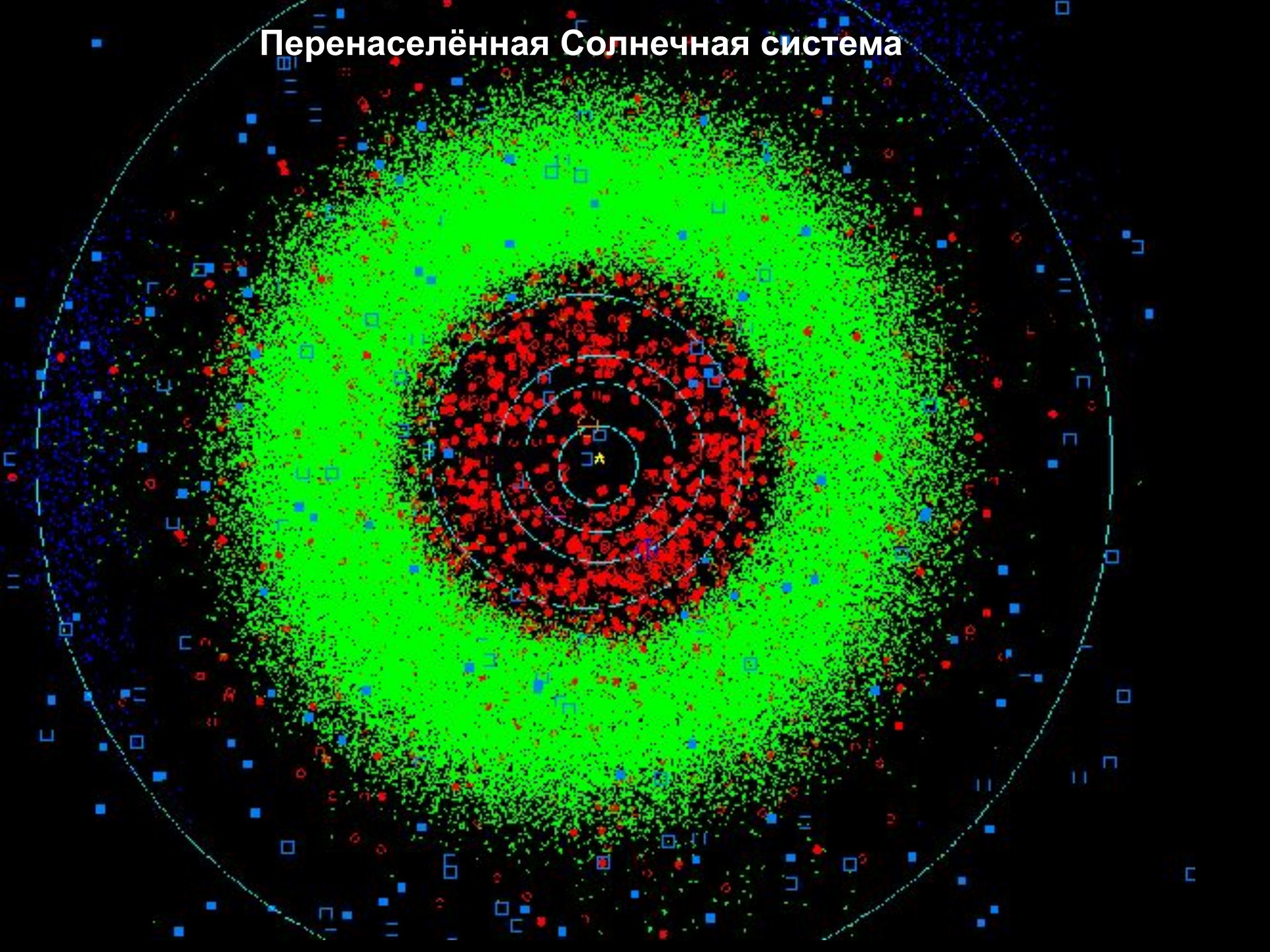
8 000 именованных.

Пояс астероидов

A diagram of the solar system showing the Sun at the center, surrounded by the orbits of Venus, Earth, and Mars. The asteroid belt is depicted as a dense field of small white dots between the orbits of Mars and Jupiter. The title 'Пояс астероидов' is written in a stylized, white, cursive font at the top.

Орбиты некоторых астероидов сильно вытянуты (вплоть до Венеры). Атмосферы на них нет. Самые крупные: Церера ($D \sim 960$ км, $m \sim 10^{21}$ кг) и Паллада ($D \sim 550$ км). Их общая масса не более 0,001 массы Земли. Обозначаются порядковыми № .

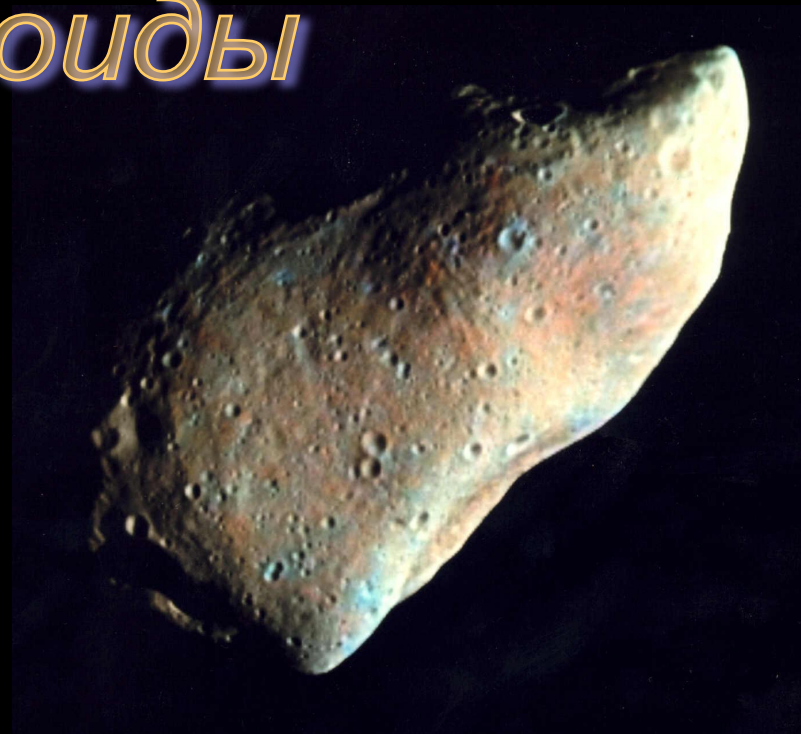
Перенаселённая Солнечная система



Астероиды



№ 433 Эрос
($m = 7 \cdot 10^{15}$ кг, $T_{\text{обр.}} - 1,7$ лет
КА «Ниар», февраль 2004 г.)



Гаспра
(КА «Галилео», октябрь 1991 г.)



Дактиль

№ 243 Ида (со спутником):
размеры 58x23 км, $m=100 \cdot 10^{15}$ кг,
 $T_{\text{обр.}} - 4,8$ лет,
КА «Галилео», август 1993 г.

Впервые получены снимки поверхности астероида



Осуществлена мягкая посадка космического аппарата NEAR на астероид 433 Эрос (размеры 33x13x13 км, $T_{\text{обр.}} = 845$ сут.)

Перекрывающиеся кадры дают панораму его поверхности: каменные глыбы, наполненные пылью кратеры, отсутствие атмосферы.

Пояс астероидов является основным источником метеоров и болидов.

След
метеорита

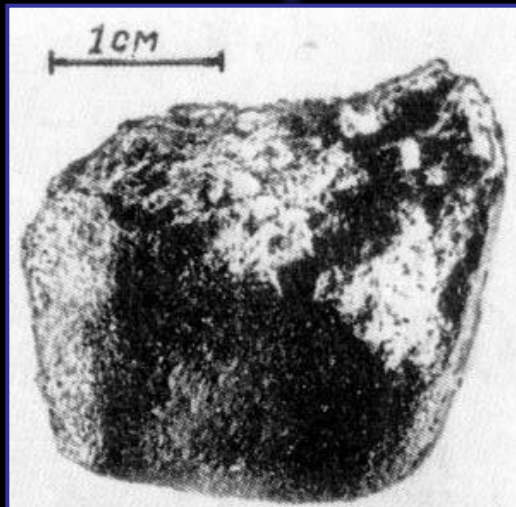


Метеориты (железные или каменные) падают на Землю из межпланетного пространства. Представляют собой остатки метеорных тел, не разрушенных полностью при движении в атмосфере.

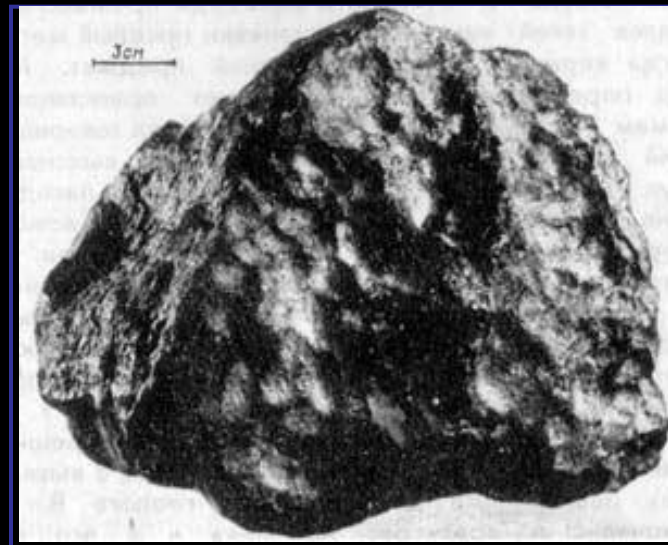
Метеориты



Метеорит Рагули
(каменный хондрит
m=4,21 кг, июль 1972)



Кутаис(каменный, m= 23 г,
XI.1977 г., Краснодар. край)



Новосибирск (каменный, m=11,4
кг, весна 1978 г., Новосибирск)



Кифкахсяган (железный, Чукотка,
1972 г., m=18,75 кг)



Метеорит
правильной
конической
формы с
оплавленной
поверхностью

Каракол (хондрит, m=2,7 кг, 9.05.1840 г., Семипалатин-
ская губерния)



**Метеорный поток Леониды (лето, 2004 г., Турция).
На заднем плане: падение болида.**

Летящий метеорит

Самый большой метеорит, найденный на Земле, - Гоба. Это железный метеорит $m \sim 60$ Т. Найден в Зап. Африке.

12.02. 1947 г. на $h \sim 6$ км взорвался Сихоте-Алинский метеорит и разлетелся на куски. Общая $m \sim 70$ Т, от падения частей образовались воронки глубиной до 5 м.

Древняя индейская легенда рассказывает о падении огненного шара на землю. Его использовали для изготовления мечей и копий. Ещё в 1576 г. в местечке Кампо-дель-Сьело (в переводе: «небесное поле») жители находили огромные железные глыбы. В XVIII в. найден метеорит «Кампо-дель-Сьело» $m \sim 1$ т, позже там же найден фрагмент $m \sim 33,4$ Т. Он на сегодня 2-й по величине.



Метеорный поток Квадрантид на фоне Большой Медведицы 26. 01. 1995.



**Яркий метеор, пролетающий на фоне созвездия Ориона
(г. Ганöver, 26. 01. 1996 г.)**



Полёт болида

Это крупное метеорное тело. Его падение сопровождается свистом, грохотом, ярким свечением.

Предположительно, событие под названием «тунгусский метеорит» связано с падением болида.

За сутки на Землю падает ~ 1000 метеоритов с $m_{\text{ср.}} \sim 10$ кг.



Юпитер

Самая большая планета Солнечной системы.
Её диаметр составляет 0, 103 $D_{\text{солнца}}$, а
масса – всего в 1047 раз $< M_{\text{солнца}}$

Масса:	1889*10 ²⁴ кг. (318 масс Земли)
Диаметр: экваториальный	143884 км (11,209 диаметров Земли)
полярный	133708 км
Плотность:	1,33 г/см ³
Температура поверхности:	-134 К
Длина суток:	9ч 50мин.
Ускорение св. падения	25,8 м/с ²
Расстояние от Солнца (среднее):	5,204 а.е., то есть 108 млн.км.
Период обращения по орбите(год):	11л 314,8 земных суток

Видимая поверхность планеты –облачный покров с рядом полос вдоль экватора.

Это свидетельствует о быстром вращении ($V \sim 45000$ км/с на экваторе).


Окраска атмосферы говорит о протекании каких-то фотохимических реакций.

$T_{\text{эфф}}$ видимой поверхности
- 134°C .

Планета состоит на 82% из H_2 и 17% He . В окружающее пространство излучается тепла в 2 раза $>$, чем получается от Солнца.



Возможно, Юпитер был звездой и остыл ?!



В атмосфере Юпитера присутствуют также этан, ацетилен, синильная кислота, кристаллы воды и аммиака.

Знаменитое «красное пятно» Юпитера – устойчивая область атмосферной турбулентности размерами $3D_{\text{Земли}}$. Его природа пока не ясна.

Имеется сильное магнитное поле ($H \sim 4 \text{ Э}$) и радиационные пояса $\sim 400\,000 \text{ км}$.

На глубине 11000 км температура и давление так возрастают, что H_2 переходит в металлическое состояние. Ядро из металлического водорода имеет $D \sim 40$ тыс. км, $\rho \sim 11 \text{ г/см}^3$, давление 50 Мбар и составляет 65% массы Юпитера.
 $T_{\text{ядра}} \sim 20\,000 \text{ К}$.

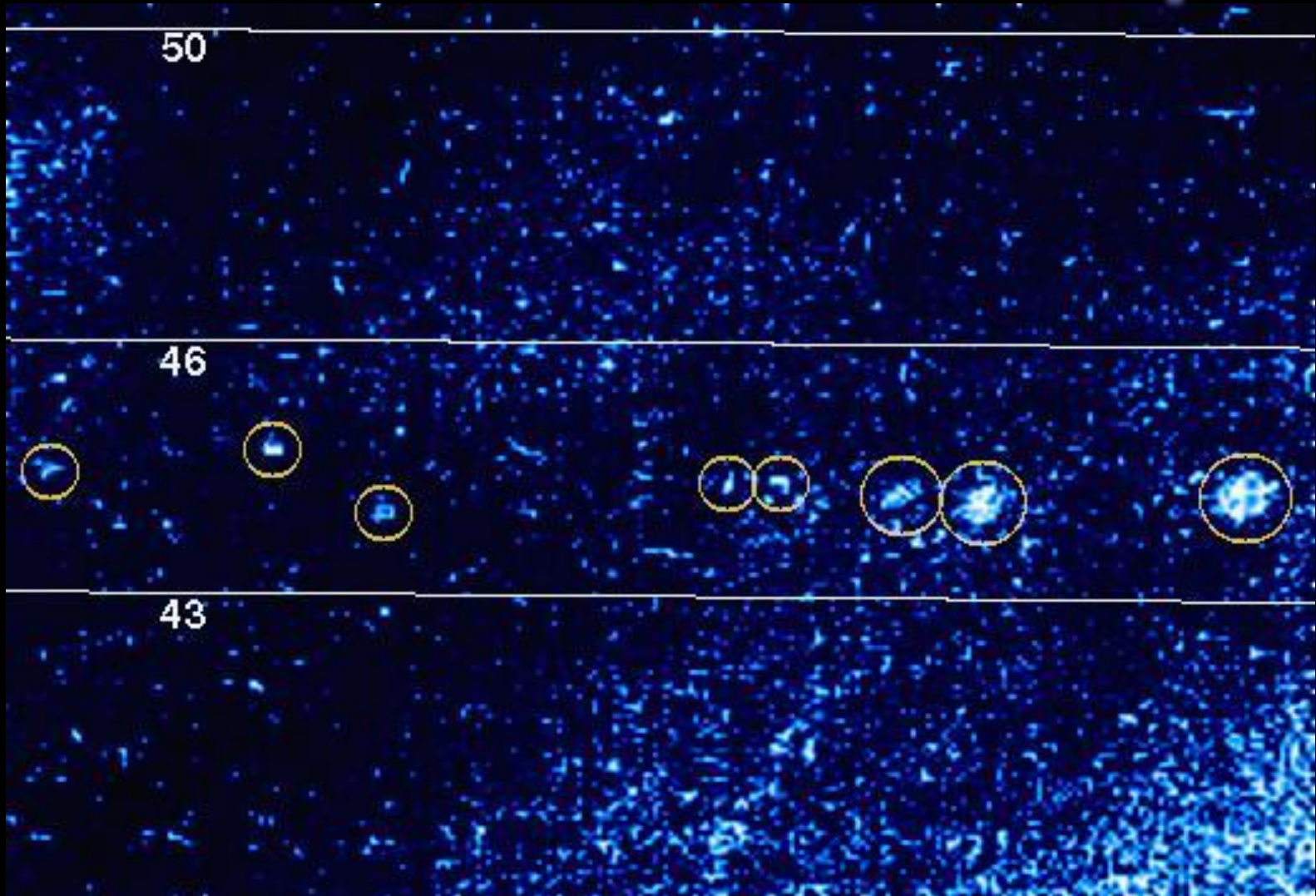
У Юпитера обнаружено кольцо

Космический аппарат «Вояджер - 1» открыл в 1979 г. у Юпитера тонкое пылевое кольцо с внешней границей 128 000 км, а внутренней – почти до атмосферы планеты.



Данные другого космического аппарата «Галилей», находящегося на орбите Юпитера с 1995 по 2003 гг., дают основания утверждать, что кольцо возникло в результате столкновения метеорных тел с небольшими спутниками планеты.

Молнии на Юпитере



В атмосфере планеты зафиксированы мощные (в 1 млн. раз сильнее земных) молнии и электрические разряды.

Спутники Юпитера

Всего на сегодня открыто 17 спутников



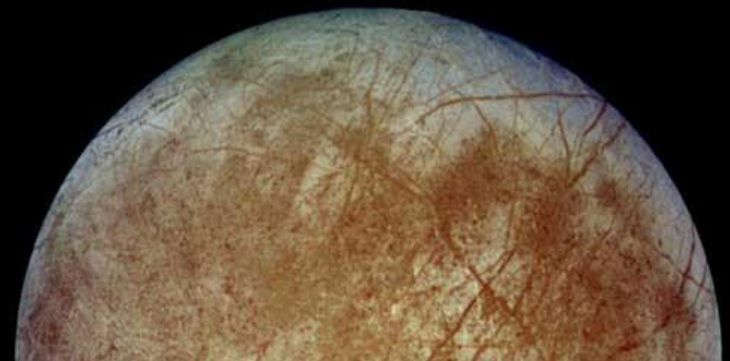
Ио



Ганимед



Каллисто



Европа

Современные снимки галилеевых спутников (открыты в 1610 г. Г. Галилеем).



Ио -

Самый близкий к Юпитеру спутник. Его D ~ 3630 км, расстояние до планеты – 422000 км, период обращения вокруг оси – 1сут. 18ч, вокруг Юпитера – 42,5 ч, плотность ~ 3 г/см³.

Ио постоянно меняет своё место при наблюдении в телескоп. По массе и размерам похож на Луну.

НО!

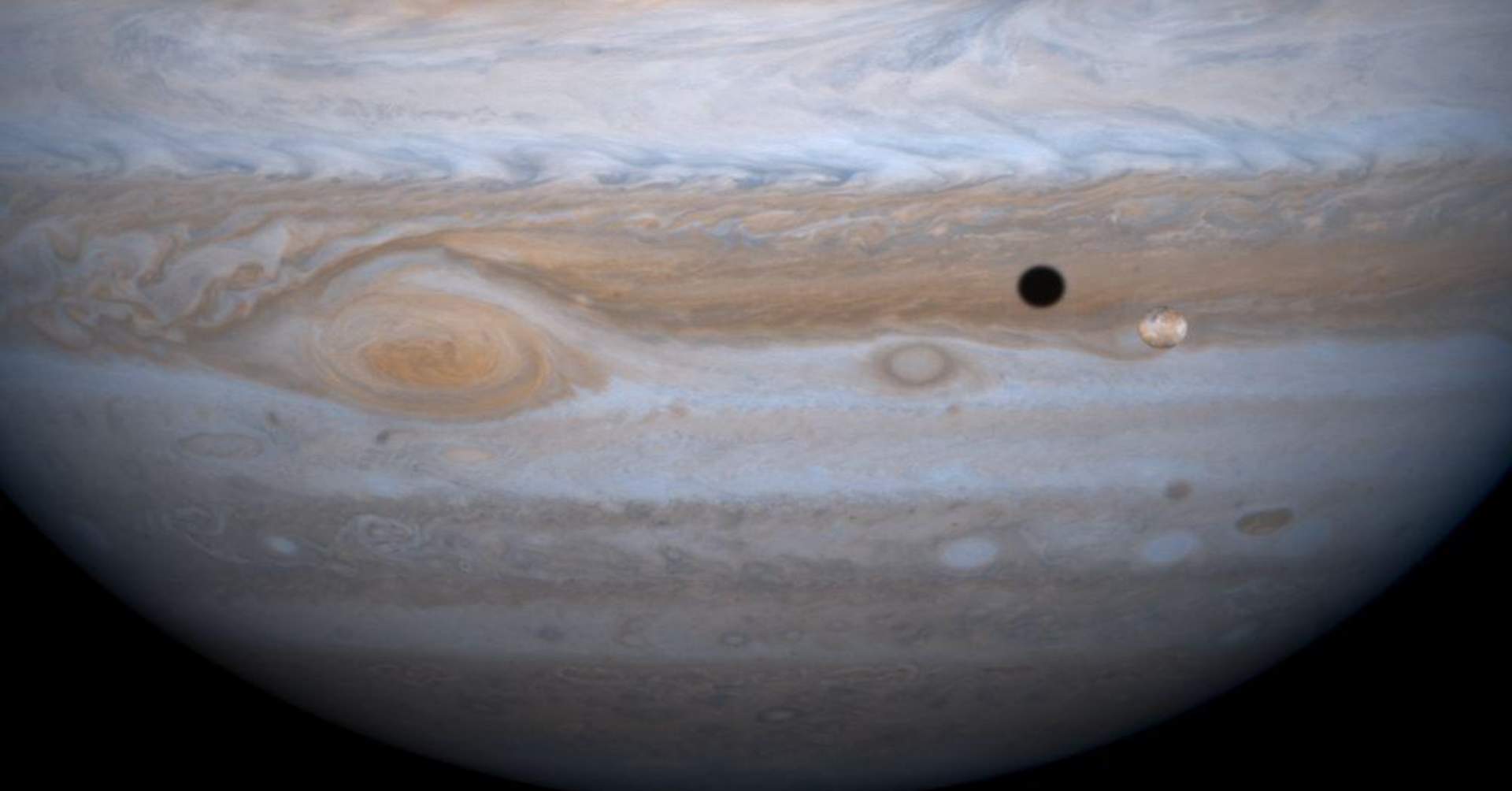
«Вояджер» обнаружил вулканическую активность!

Султаны извержений поднимаются до 300 км вверх. Выбрасываемый газ SO₂ осаждается в виде белого твёрдого вещества. Доминирует оранжевый цвет поверхности из-за соединений серы.

Вулканические области Ио нагреты до 300⁰С, мощный гул сотрясает почву, из жерла вулканов вместе с газом с огромной V ~ 1км/с вылетают камни и глубоко врезаются в поверхность. Из кальдер выплёскивается расплавленная чёрная сера и растекается горячими реками. На снимках «Вояджеров» видны чёрные озёра, реки, моря в оранжевых берегах...

А в небе этот фантастический пейзаж дополняет громада Юпитера.

Вулканы на Ио действуют непрерывно, их вещество выбрасывается даже в космос и вдоль орбиты Ио тянется шлейф из газов и пыли. Причину вулканизма видят в гравитационном влиянии Юпитера и других лун, разогревающим Ио изнутри.



Спутник Ио и его тень на фоне Юпитера. Снимок космического аппарата «Кассини» 7.12. 2002 г. От тени Ио наблюдается солнечное затмение.

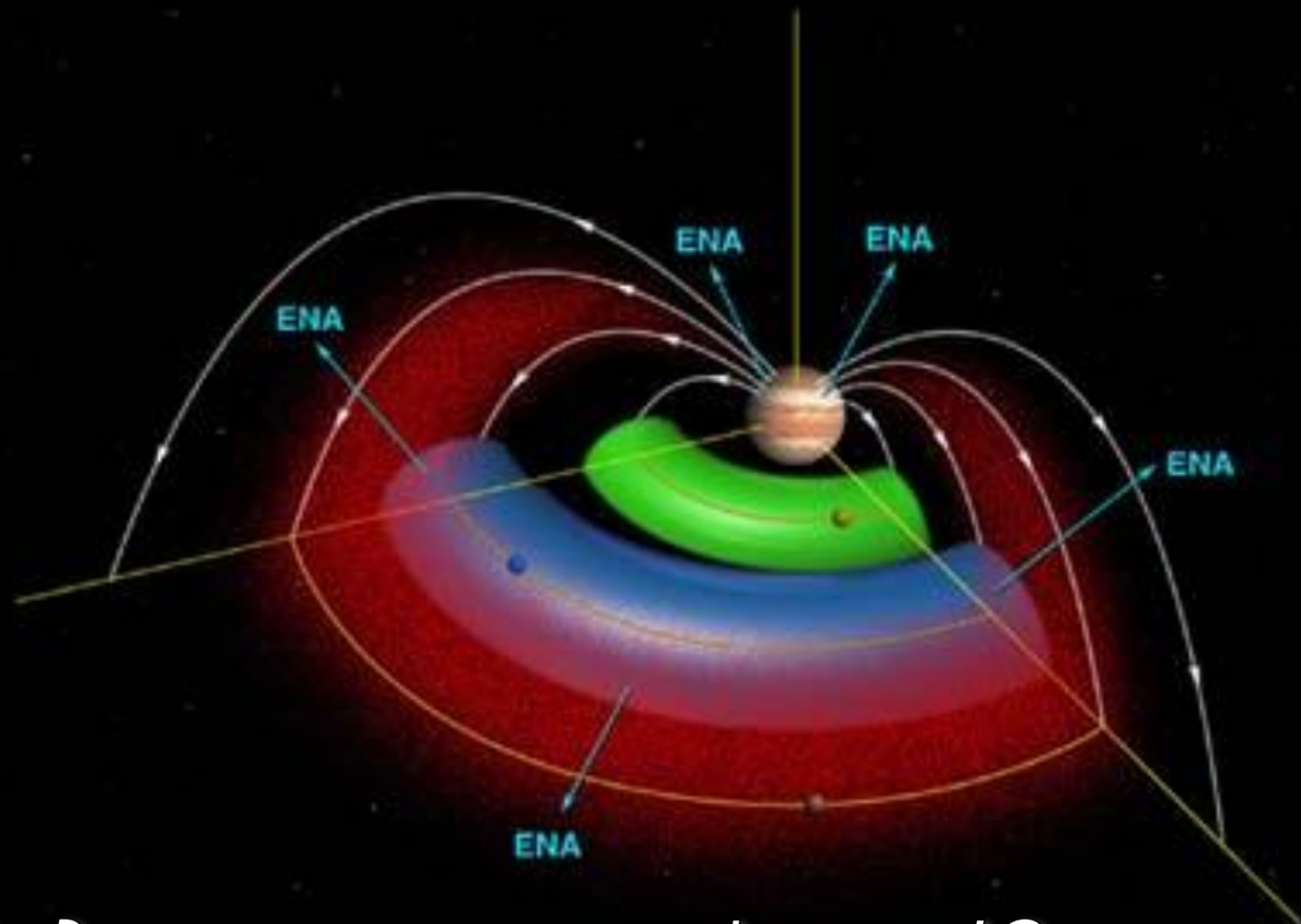
Ученые наблюдают своего рода «полярные сияния» в рентгеновском диапазоне в одних и тех же местах Юпитера каждые 45 мин. Предположительно – это влияние выбросов из вулканов *Ио*: тяжёлые молекулы вещества «врезаются» в верхние слои атмосферы Юпитера и создают рентгеновские вспышки. «Кассини» зафиксировал поток молекул O, S, Na со скоростями ~ 3 млн. км/ч !



КА «Кассини», пролетая мимо спутника Юпитера Европы, обнаружил невидимое невооружённым глазом облако водяного пара над ней. Газ сильно намагничен, его $m \sim 60$ тыс. т. Вероятно, облако возникло в результате бомбардировки ионами ледяной поверхности спутника.

Предполагают, что в глубине от поверхности Европы может находиться жидкая вода и даже при температуре, необходимой для существования жизни.

Это газовое водяное кольцо оказывает существенное влияние на магнитное поле Юпитера, ограничивая его внешние пределы. В 2008 г. намечен запуск к Европе специального зонда Europa Orbiter с высадкой на её поверхность аппарата для бурения льда и поиска жизни под поверхностью.



Модель магнитосферы Юпитера

(Рассчитана по данным КА «Кассини»)

Старт космического аппарата "Кассини" с мыса Канаверел



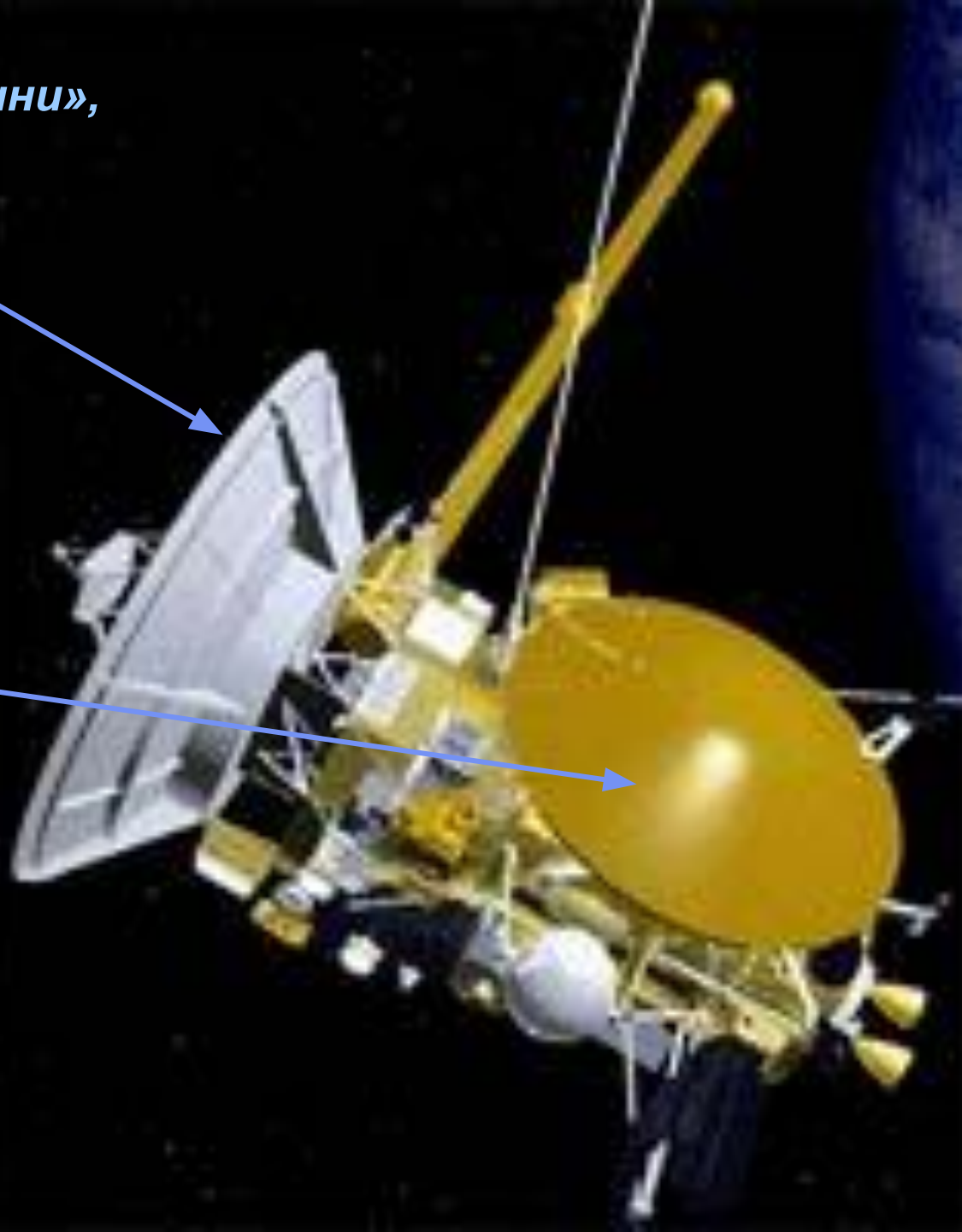
Космический аппарат «Кассини» с исследовательским модулем «Гюйгенс» запущен в 1997 г. для изучения дальних планет Солнечной системы.

В 2001 г. он прошёл мимо Юпитера и передал на Землю уникальные сведения о планете и её спутниках.

Через 7 лет после запуска, в январе 2004 г. «Кассини» достиг Сатурна. Им пройдено более 3,5 млрд. км. В течение 4-х лет «Кассини» будет передавать информацию о Сатурне и его спутниках. В январе 2005 г. с «Кассини» стартовал и успешно опустился на спутник Титан автономный модуль «Гюйгенс».

Космический аппарат *«Кассини»*,
направленный для изучения
дальних планет Солнечной
системы.

Спускаемый модуль
«Гюйгенс» для
исследования спутника
Сатурна Титана (в форме
тарелки, прикреплён на нём).



Сатурн

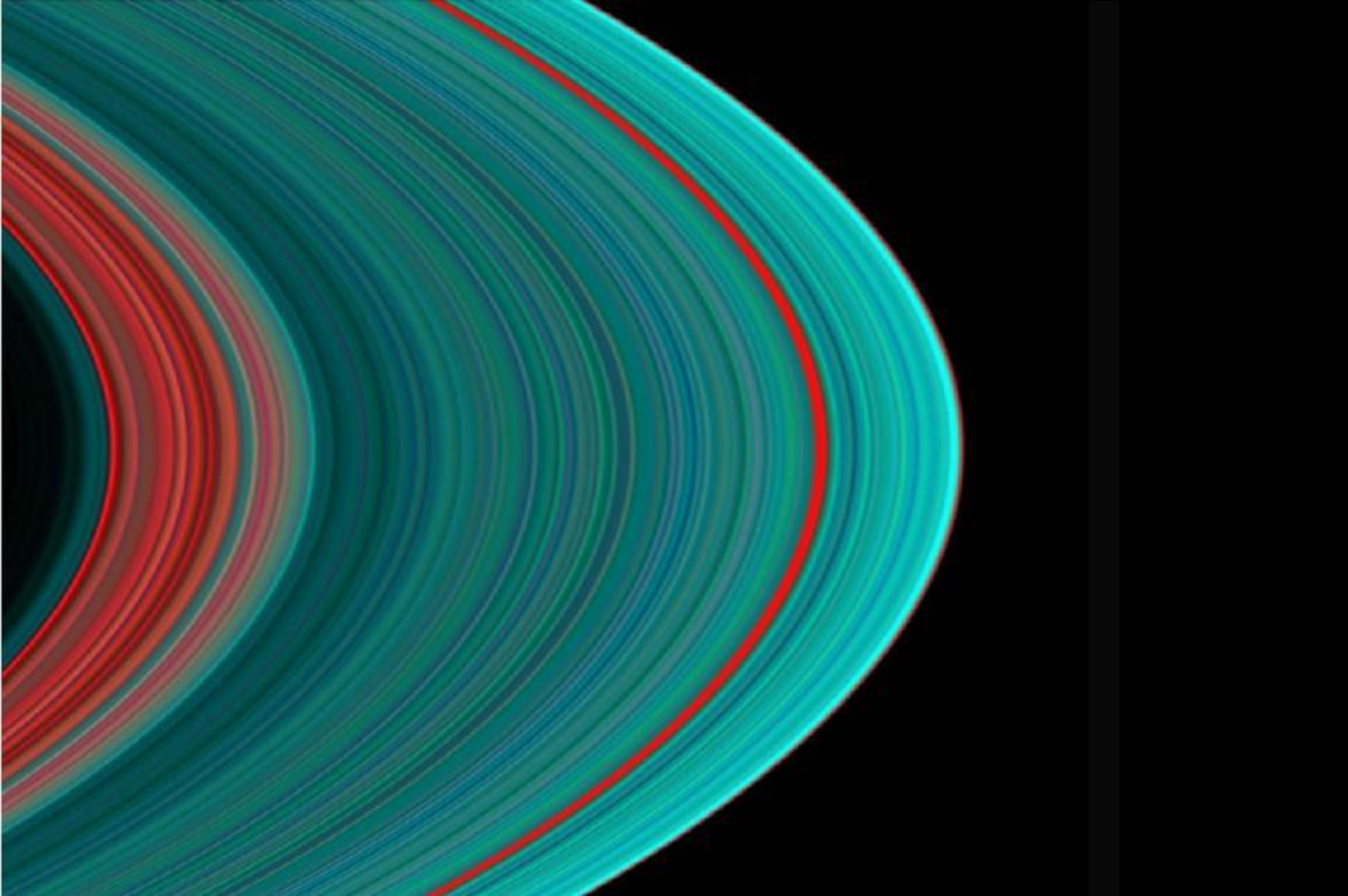


Красивейшая планета
Солнечной системы!
Главное отличие –
кольца,


**Г. Гюйгенс в 1655 г. обнаружил кольца у Сатурна. Почти в это же время
Ж. Кассини (1656 г.) увидел в кольце тёмную
полосу – «щель Кассини».
Её ширина ~ 2000 км**



**Снимок планеты и её колец в наше время
сделан аппаратом «Кассини» в декабре 2004 г.**



Космический аппарат «Кассини» (октябрь, 2004 г.) получил изображение колец **A** Сатурна. Более голубым цветом окрашены районы, богатые **ВОДЯНЫМ ЛЬДОМ**



Каковы размеры частиц в
кольцах Сатурна?

Радиолокация колец КА «Кассини» даёт следующие размеры. Искусственные цвета рисунка соответствуют областям, содержащим частицы: $d > 5$ см (сиреневый цвет), $d \sim 1$ см (зелёный), белый цвет – высокая плотность частиц и их размеры не определяются. Допускаются размеры частиц до нескольких метров.




Данные космического зонда «Кассини» подтверждают гипотезу о том, что кольца С составляют часть молодой развивающейся системы. Они состоят из льда и образовались ~ 10 – 100 млн. лет назад.

Кольца Сатурна сбоку



Кольца лежат точно в плоскости экватора планеты. Вид колец с Земли меняется с течением времени. Наибольшая их толщина < 1 км. Состоят кольца из фрагментов $d \sim 1$ м, общая масса $10^{-4} - 10^{-5} M_{\text{Сатурна}}$. Частицы покрыты льдом или инеем. $T_{\text{кольца}} \sim 93$ К. Кольца разделены на 3 части (А,В,С) и щель между ними. Над и под кольцами видны крупные спутники.



**Этот снимок –
результат цифровой
обработки снимков
аппарата «Кассини»,
когда он проходил
сквозь кольца Сатурна.
(январь 2005 г.)**

Видны: тонкая плоскость колец, а тени от колец - в верхней части планеты. Полосы и облака внешней атмосферы окрашены в цвет золота. Спутники выглядят как выпуклости на кольцах. В 2005 г. «Кассини» обнаружил ещё 12 спутников у Сатурна.

Полярные сияния

на Сатурне



Космический телескоп Хаббла и КА «Кассини» одновременно наблюдали за Южным полюсом Сатурна (январь 2004 г.). «Хаббл» дал изображение в УФ-свете, а «Кассини» регистрировал радиоизлучение и следил за солнечным ветром. Полярные сияния на Сатурне, как и на Земле, образуют кольца вокруг магнитных полюсов, но продолжаются несколько дней. Три снимка сделаны с промежутком в 2 дня.

Сатурн имеет 24 спутника!



Титан

Самый крупный спутник Сатурна. $D \sim 5150$ км, $m \sim 1,35 \cdot 10^{23}$ кг, расстояние до планеты – 1 221 830 км. Имеет толстую атмосферу из азота и метана. Фотохимические реакции с метаном создают дымку в верхних слоях атмосферы. Мощная магнитосфера Сатурна охраняет атмосферу Титана от солнечного ветра.

Япет



Спутник Сатурна со странным гребнем около экватора и очень однородной тенью (его называют «косточка персика»). Открыт Дж. Кассини, в 1671 г.

$D \sim 1436$ км
 $m \sim 1,9 \cdot 10^{21}$ кг
 $L \sim 3\,560\,830$ км
 $T_{\text{обр.}} - 79,33$ сут.



Enceladus ($D \sim 520$ км, $m \sim 8,4 \cdot 10^{19}$ кг, $L \sim 238,02$ тыс. км, $T \sim 1,27$ сут. Открыт У. Гершелем, 1789 г.)



Прометей на фоне колец



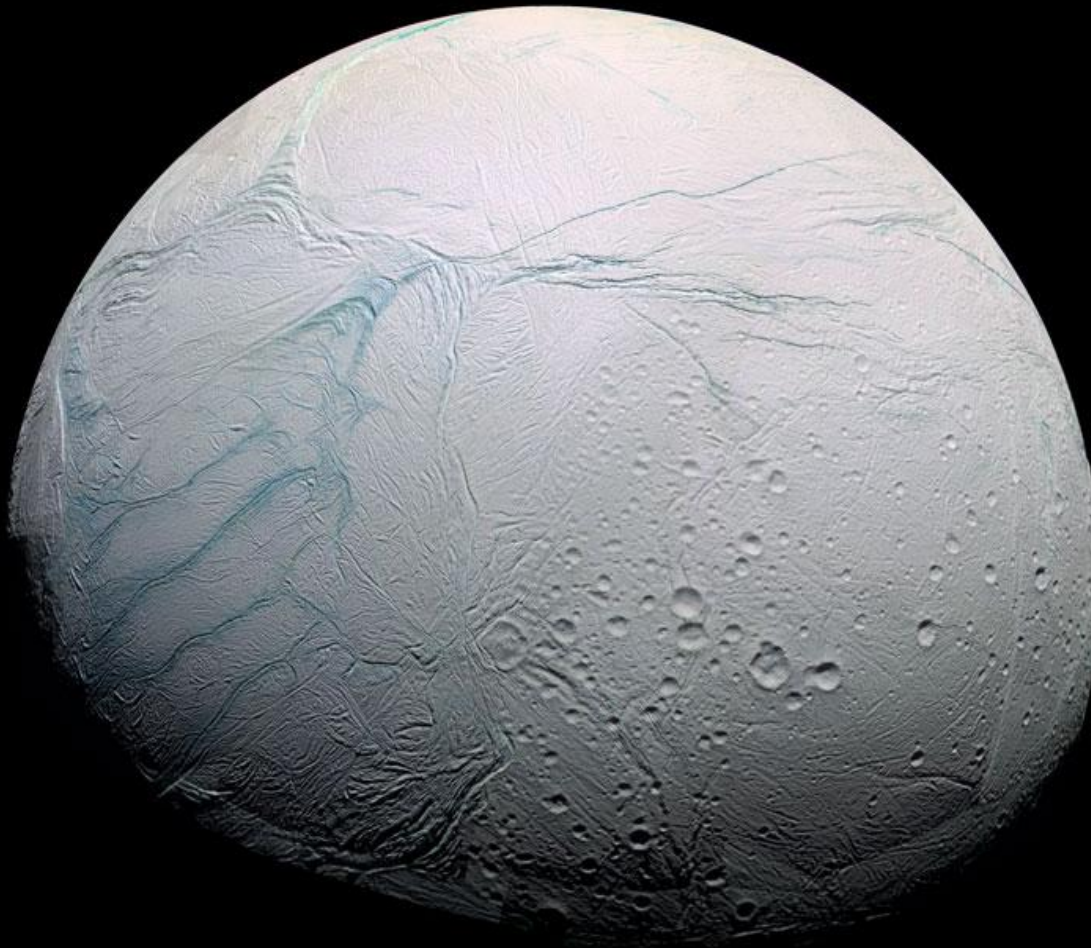
Epimetheus ($D \sim 115$ км, $m \sim 5 \cdot 10^{17}$ кг, $L \sim 151,42$ тыс. км). Открыт в 1966 г.



Мимас (открыт У. Гершелем, 1789 г. $D \sim 390$ км, $m \sim 3,8 \cdot 10^{19}$ кг, $L \sim 185,52$ тыс. км, $T = 22,6$ г.)

Энцелад - ледяной спутник

24. 02. 2005 г.



На поверхности мало ударных кратеров. Предположительно, проявляется внутренняя активность в форме водяных вулканов или гейзеров.

Орбита Энцелада находится внутри разряжённого внешнего кольца F. Поверхность яркая, похожая на снег. Вероятно, это результат бомбардировки спутника ледяными частицами из кольца.

($t \sim -200^{\circ}\text{C}$, $g = 1/100 g_{\text{Земли}}$)

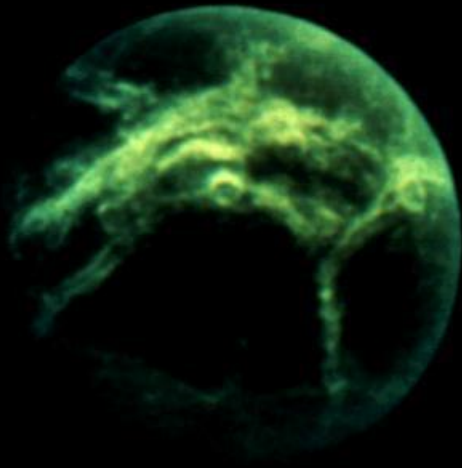


Ледяной спутник Мимас, освещённый Солнцем, сияет над широкой тенью кольца В, закрывшей часть Сатурна. Снимок сделан КА «Кассини» (XII, 2004 г.). Вверху яркая полоса света – щель Кассини, внизу, слева видна часть внутреннего кольца С.

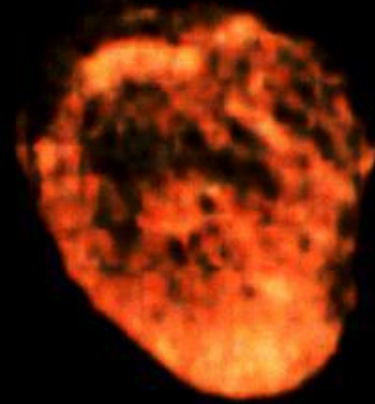
Феба - спутник Сатурна



Имеет необычно тёмную поверхность, много кратеров, низкая ср. плотность. Двигается по орбите *противоположно* другим спутникам. Это согласуется с гипотезой, что Феба была ледяной кометой в поясе Койпера, а впоследствии захвачена Сатурном. Снимок КА «Кассини» с $r \sim 30$ тыс. км. $D_{\text{фебы}} = 200$ км.



Диона (L~ 377400 км, T~ 2,7 сут.,
D~ 1120 км, m= 1*10²¹ кг, ρ~ 1,5 г/см³)



Гиперион (L~ 1 481000 км, T= 21,3 сут., ρ~ 1,2 г/см³,
41x260x220 км. m- 1.8*10¹⁹ кг)



Энцелад (L~ 238020 км, T=1,37 сут.,
D~ 520 км, m = 8,4*10¹⁹ кг, ρ~1,6 г/см³)

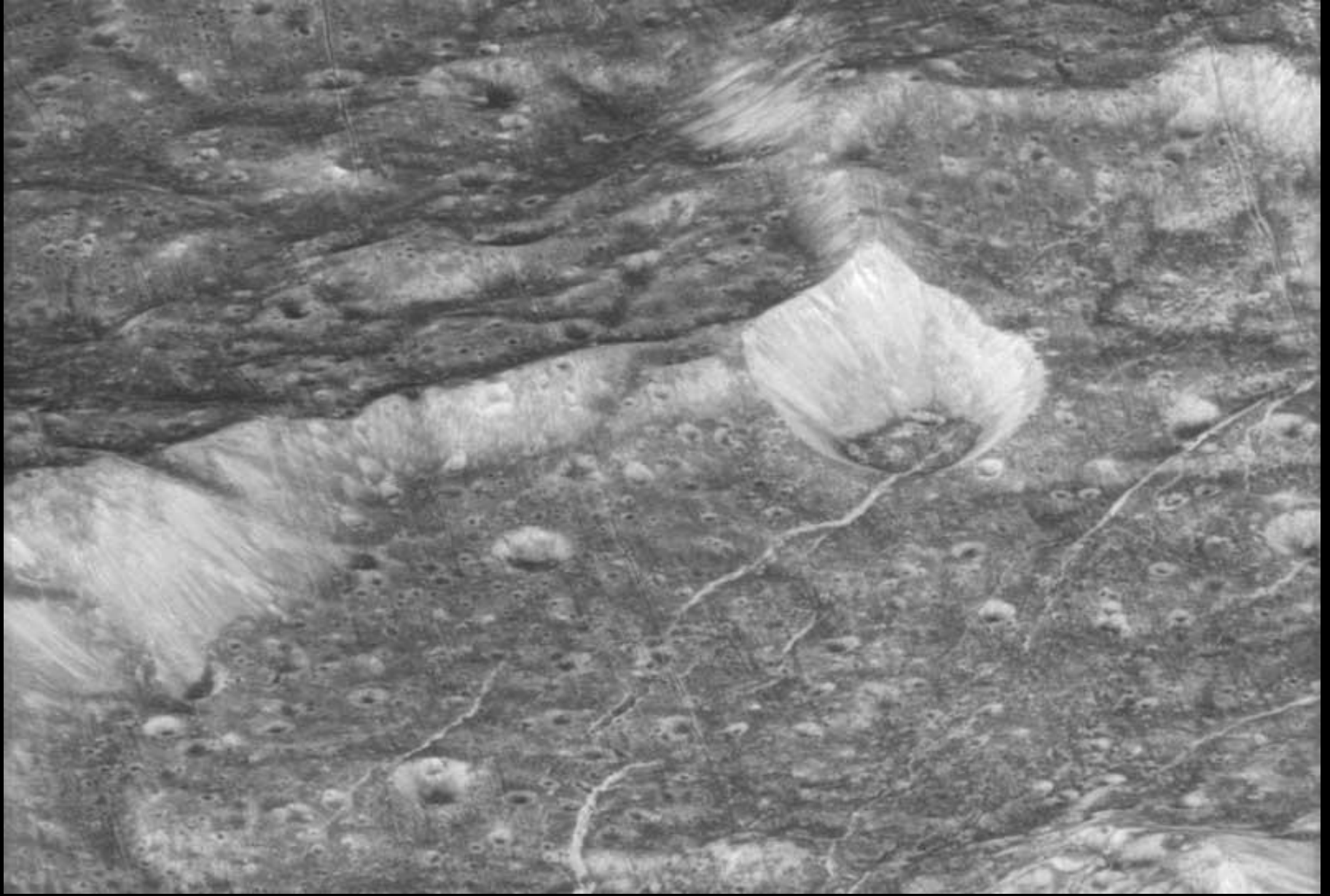


Тефия (L~ 294600 км, T=1,9 сут., m= 7,6*10²⁰ кг,
D~ 1060 км, ρ~ 1,2 г/см³)

Вид Дионы на фоне
колец
Сатурна



Диаметр Дионы ~ 1100 км.
Находится на расстоянии
около 300 тыс. км от внешнего
кольца А

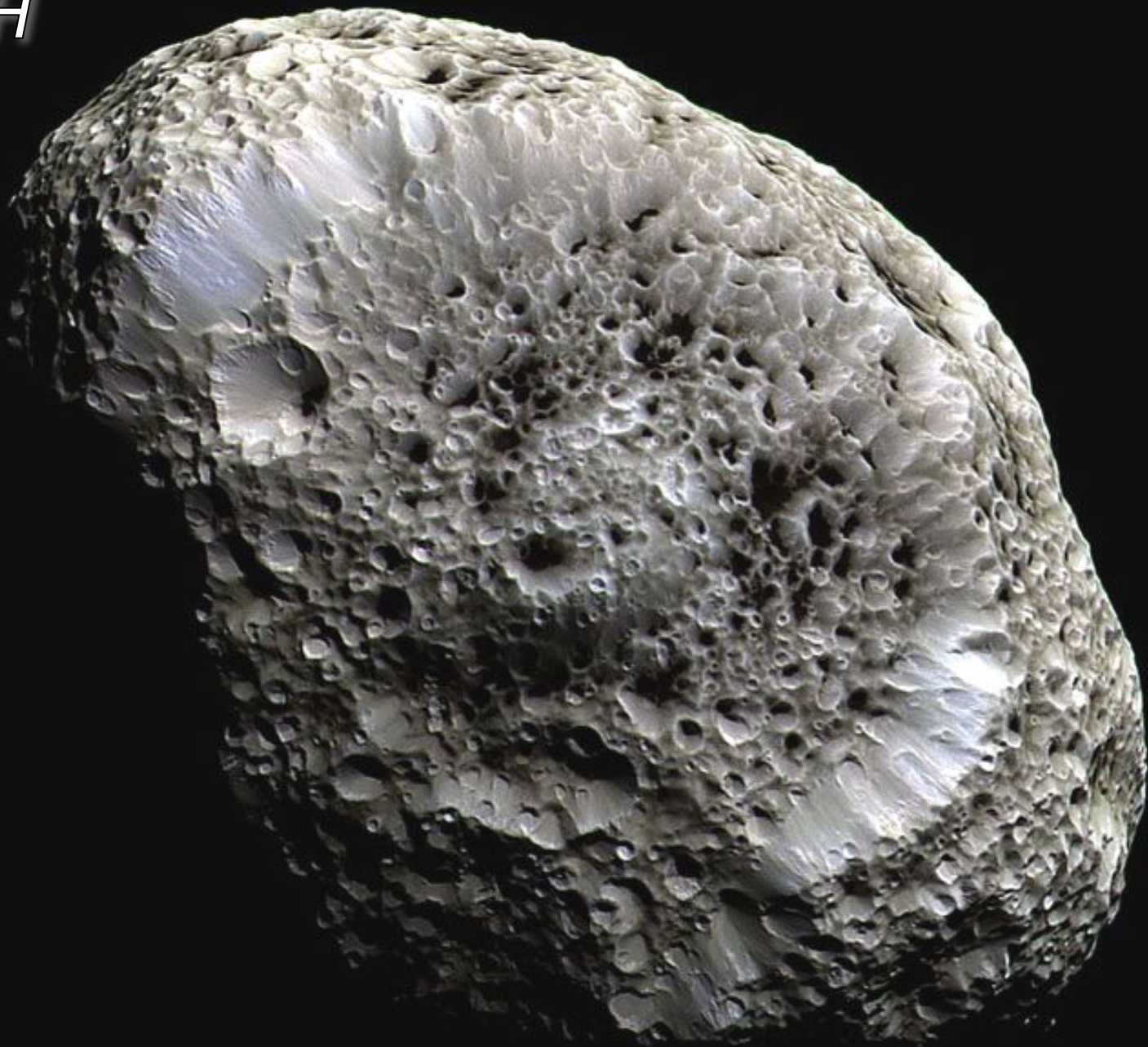


Обзорный снимок 23 км поверхности Дионы, сделанный КА «Кассини» с высоты 4500 км. Виден вал кратера $D \sim 60$ км, его центр находится в нижнем правом углу. Поверхность – лёд и скалистые породы, есть разломы, желобки, малые кратеры.

Гиперион

Поверхность этого спутника необычна по структуре: похожа на губку. На дне кратеров – неизвестное тёмное вещество.

Его D ~ 250 км, вращается неравномерно, плотность мала. Возможно, что его недра испещрены огромными кавернами (пустотами).



Тефия



Поверхность Тефии покрыта ледяными кратерами и утёсами. $D \sim 1000$ км, состоит почти целиком из водяного льда.

Сатурн в ИФК-лучах



Монтаж 35 изображений, полученных на телескопе КЕК I (Гавайи) в тепловом ИФК-спектре, удивил астрономов. Южный полюс оказался теплее окружающих областей. В тропосфере полярной шапки $T = -182^{\circ}\text{C}$! Изменение t по ИФК-излучению дано в искусственных цветах.

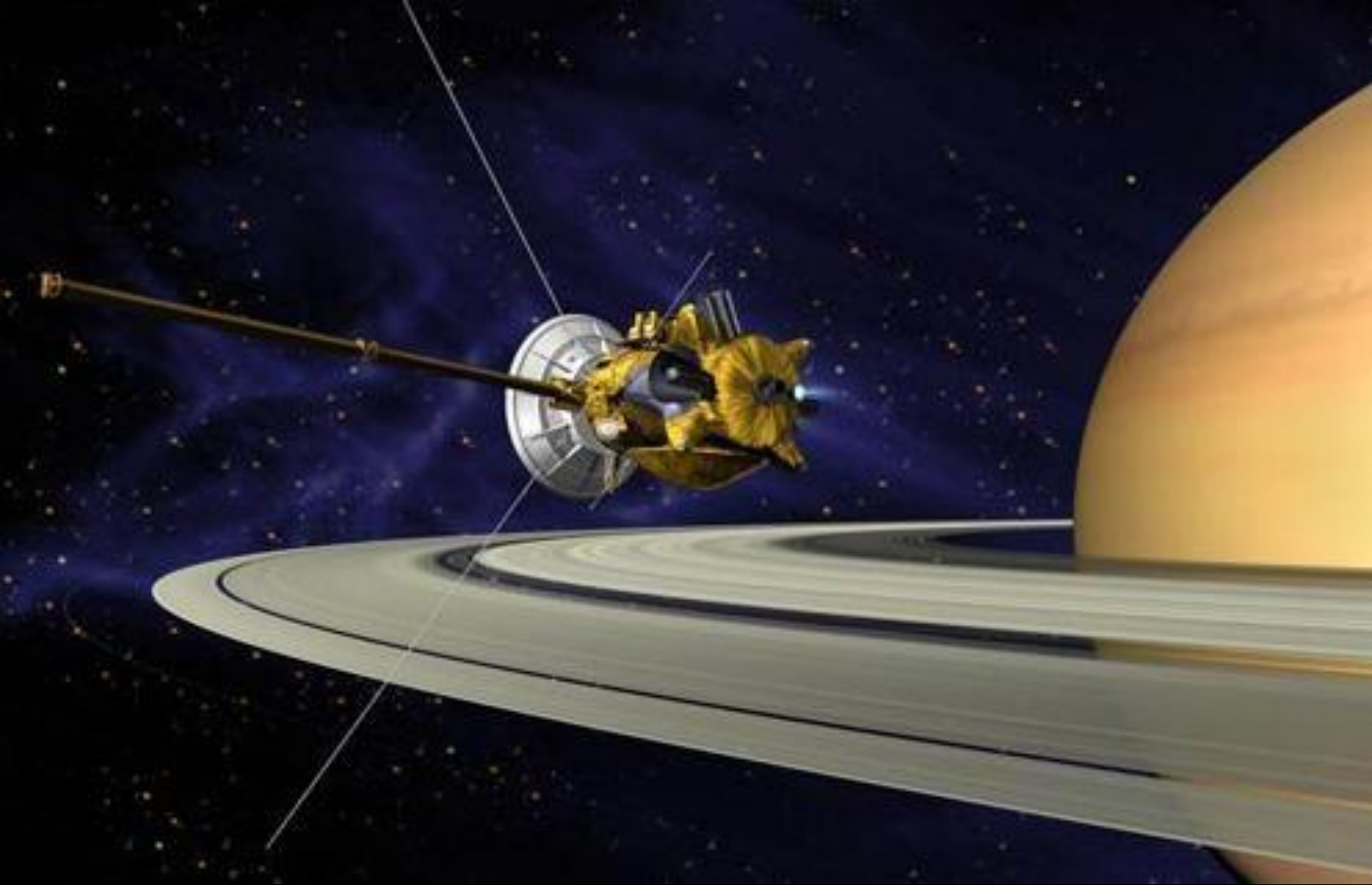


Зонд «Гюйгенс» входит в атмосферу Титана и разворачивает парашют. Этот рисунок отражает представления учёных о Титане по данным аппарата «Кассини». Как на самом деле выглядит поверхность Титана?

Предполагаемый пейзаж Титана...



Углеводороды окрашивают озёра и скалы из замёрзших метана и аммиака в оранжевый цвет.



*Космический аппарат "Кассини"
около Сатурна*



Аппарат "Кассини" на пути к Титану

В 2004 г. космический аппарат «Кассини» стал искусственным спутником Сатурна. Через щель Кассини от него отделился спускаемый аппарат «Гюйгенс», совершивший посадку на поверхность самого большого спутника - Титана.

Он передал ряд снимков поверхности спутника и состав атмосферы. Базовый корабль Кассини будет обращаться вокруг Сатурна несколько лет и передавать информацию на Землю.

Спускаемый аппарат "Гюйгенс"

ВИД СВЕРХУ



1. HASI - измеряет физические и электрические свойства атмосферы Титана

2. GCMS - опознает и измеряет химические элементы, наполняющие 'воздух' спутника

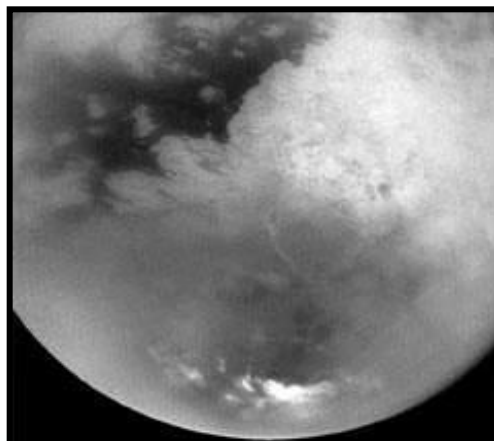
3. ACP - захватывает и анализирует частицы атмосферных газов

4. DISR - фотографирует спуск и исследует уровни света

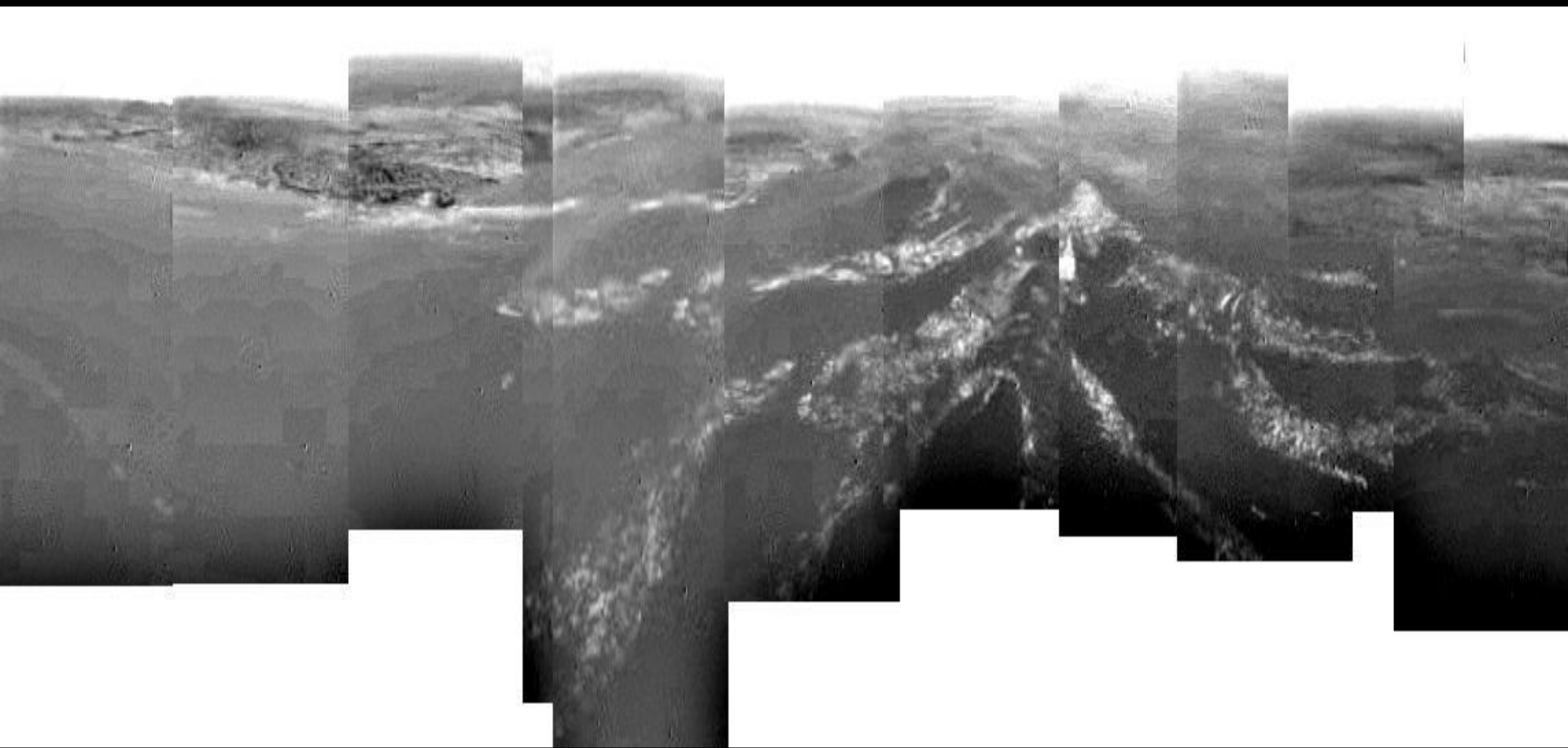
5. DWE - изучает направления и силу ветров Титана

6. SSP - определяет физические свойства поверхности спутника

ВИД СНИЗУ



ИСТОЧНИК: ESA




Развёртка справа налево представляет панораму, снятую зондом во время спуска на поверхность. Слева – гладкий участок поверхности тёмного цвета сменяется в отдалении пересечённой местностью. Белые участки поверхности в центре, возможно, туман или стекающие к побережью жидкие углеводороды (метан, этилен, этан и др.).

Зонд совершил посадку в тёмной местности (справа, с краю). Почва здесь похожа на мокрый песок, а температура поверхности - 179°C . Аппарат работал сверх нормы батарей 3 часа и передал на «Кассини» много информации.

Поверхность

Титана

(с высоты 16 км)



Дожди из метана, испаряющиеся озёра, текущие реки извергающие водяной лёд вулканы - всё это может быть на Титане. К такому представлению пришли учёные, получив первые снимки Титана.

Предполагают, что русло реки и дно озера (на снимке) – сухие в момент получения изображения, но содержали текущую

жидкость (метан) в недавнем прошлом. При внешней схожести с Землёй там совсем другие условия: газ метан может течь, а лёд становится твёрдым как скала, поскольку $t \sim -179\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Высота 16 км



Высота 8 км



«Ривьера» - гипотетическое побережье метанового озера. Видны структуры справа - похожие на речные русла (вероятно, сухие), слева - на береговую линию и прибрежные острова. Детали ландшафта вытянуты, что свидетельствует о воздействии ледников, потоков жидкости или ветров.

Поверхность Титана вблизи:

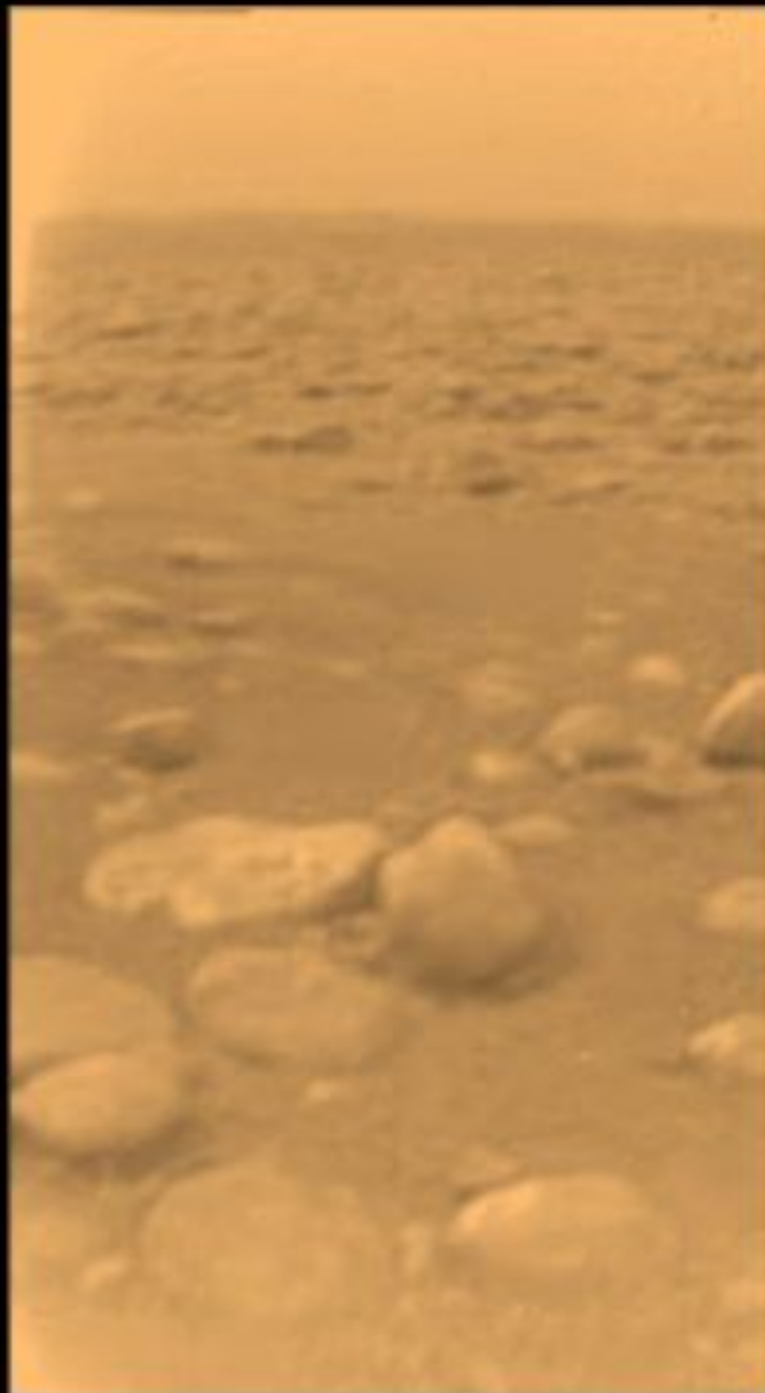
Снимок получен сразу после
спуска.

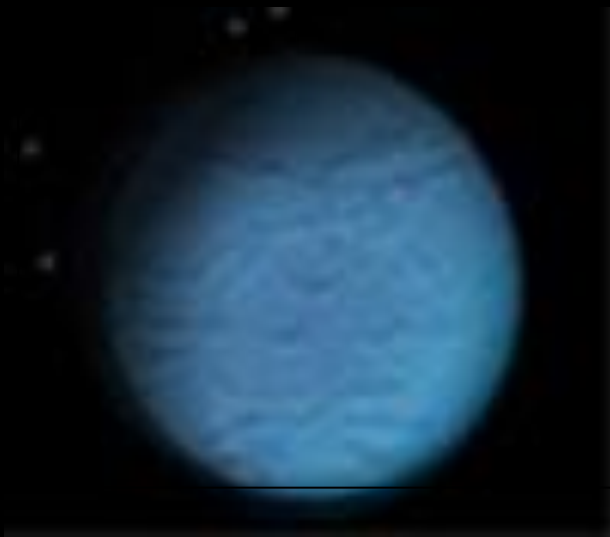
Спуск продолжался 2,5 часа
через плотную атмосферу,
состоящую из

N_2 с примесью CH_4 .

По поверхности
разбросаны камни (из льда и
углеводородов?). Титан
отчасти напоминает
Землю до возникновения
жизни.

(17. 01. 2005 г.)





Уран

Седьмая планета Солнечной системы. Открыта в 1781 г.
Видна при 100-кратном увеличении телескопа.

Масса:	$8,7 \cdot 10^{25}$ кг. (14,5 раз больше массы Земли)
Диаметр:	51300 км. (4 раза больше диаметра Земли)
Плотность:	1,27 г/см ³
Температура:	-220°С
Длина суток:	17,23 часа
Расстояние от Солнца (среднее):	19,2 а.е., то есть 2,86 млрд.км.
Период обращения по орбите(год):	84 года
Скорость вращения по орбите:	6,8 км/с
Ускорение свободного падения:	9 м/с ²

Уран-

Состав атмосферы: H_2 , He, CH_4 (14%.)

Ось вращения наклонена на угол 98° (её называют «опрокинутой планетой»: полярные круги Урана совпадают с экватором).

В 1690 г. Уран описан, но в качестве звезды. Как планету Уран открыл У. Гершель (1781 г.), он же обнаружил 2 спутника планеты (1787 г.).

В 1986 г. при сближении с Ураном «Вояджера – 2» открыты ещё 13 его лун. Всего их у планеты – 15.

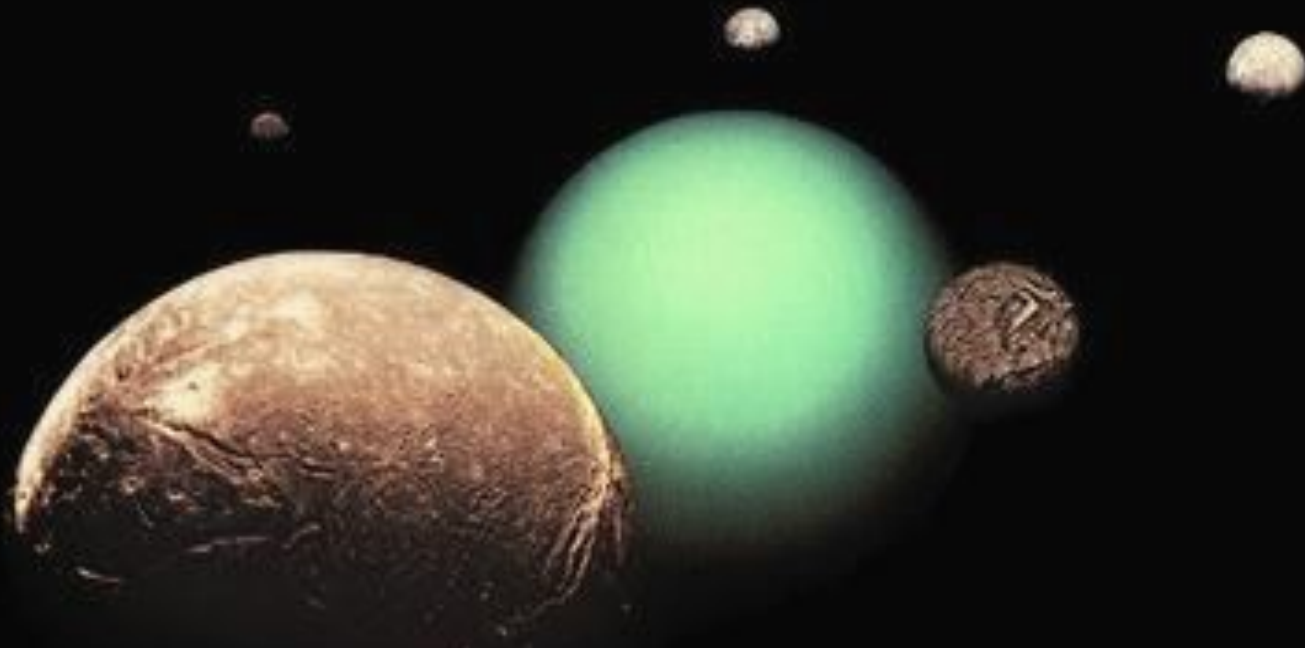
В центре Урана находится ядро, состоящее из камня и железа.





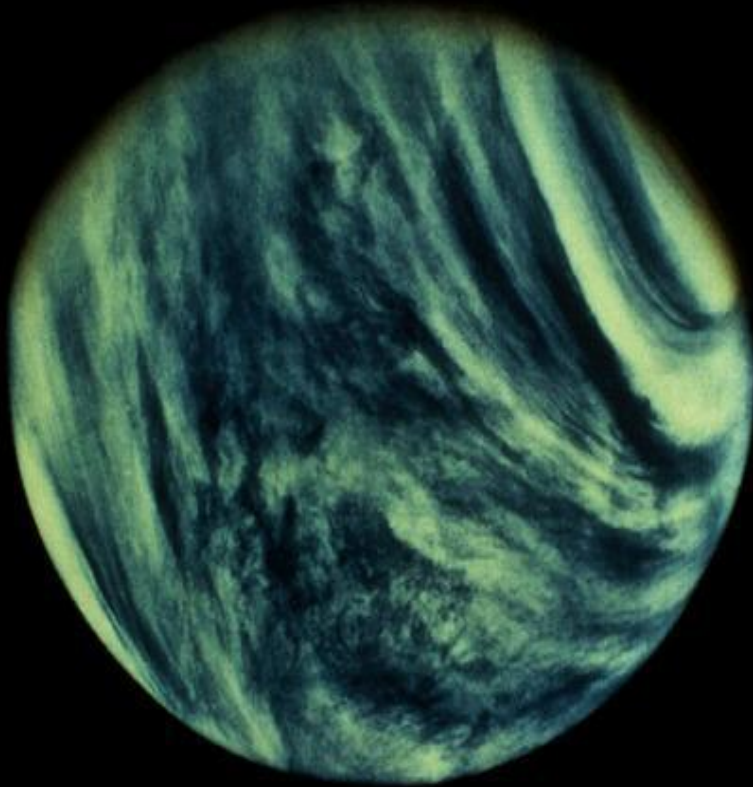
Планета имеет систему тонких колец (открыты в 1977 г.).

Главные спутники Урана



Уран

Имеет 19 спутников. Самые крупные – Титания, Оберон открыты У. Гершелем в 1787 г. Дж. Койпер в 1948 г. увидел Миранду. Все другие спутники до 15-го открыты в 1986 г. аппаратом «Вояджер-2». Самый дальний спутник Сетевос (L~ 18205 тыс. км от Урана) открыт в 1999 г.

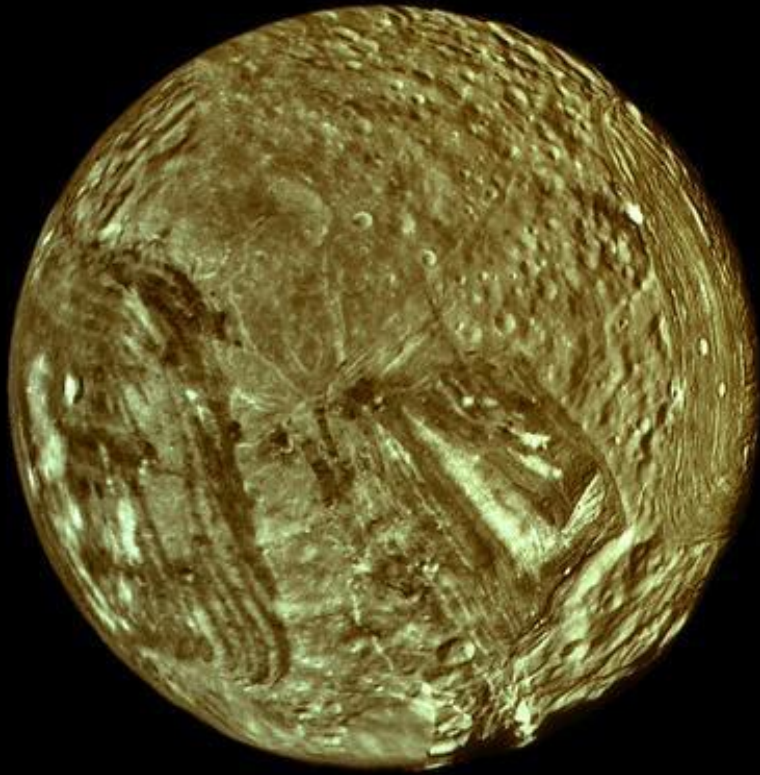


Титания



Оберон

утники Урана



Миранда

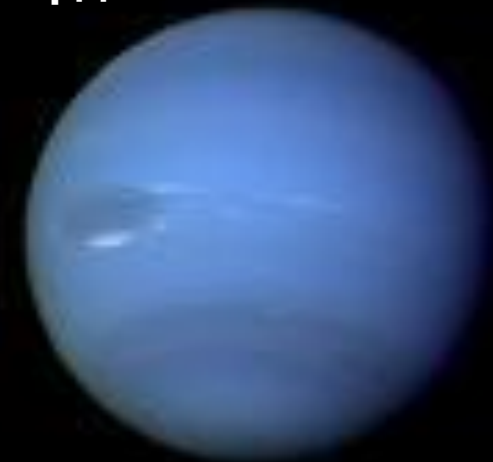
Умбриэль



Нептун

Предпоследняя планета Солнечной системы

Масса:	$1 \cdot 10^{26}$ кг. (17,2 раз больше массы Земли)
Диаметр:	49500 км. (3,9 раза больше диаметра Земли)
Плотность:	1,77 г/см ³
Температура:	- 213 °С
Длина суток:	17,87 часа
Расстояние от Солнца (среднее):	30 а.е., то есть 4,5 млрд. км.
Период обращения по орбите(год):	165 лет
Скорость вращения по орбите:	5,4 км/с
Ускорение свободного падения:	11,6 м/с ²





Нептун

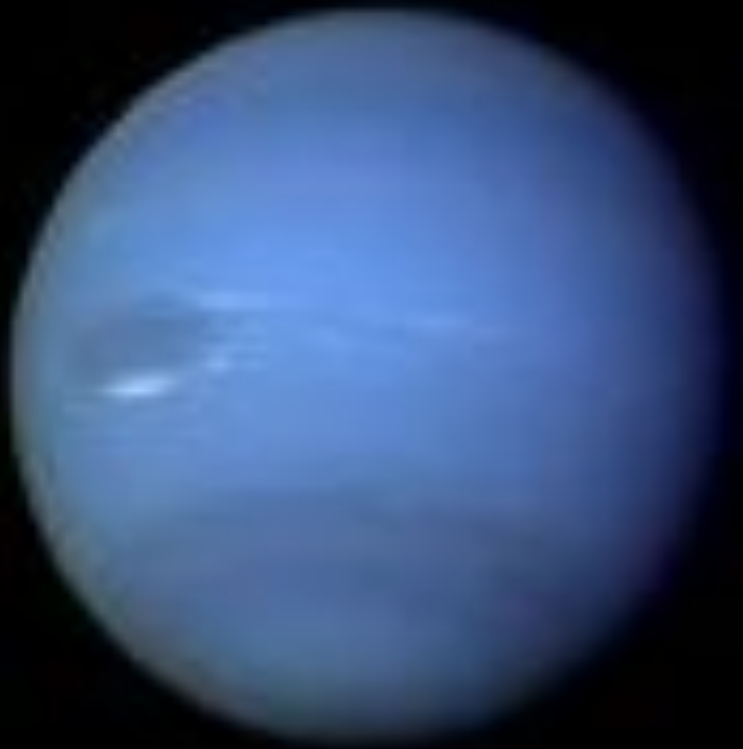
Обнаружено тёмное пятно, вокруг него – скопление белых облаков.

Нептун - предпоследняя планета Солнечной системы.


Открыта путём вычислений – «на кончике пера». В 40-е гг. XIX века были обнаружены отклонения от расчётной орбиты Урана. Предположили, что есть ещё одна планета. Почти одновременно учёные Ж. Леверье (1846 г.) и У. Адамс рассчитали орбиту, массу и местоположение на небе новой планеты.

В том же 1846 была обнаружена в телескоп на расчётном месте астрономом (И. Галле).

Орбита Нептуна пересекается с орбитой Плутона. Состав атмосферы: H_2 , He, CH_4 . Имеет 6 спутников, самый крупный – Тритон. Космический аппарат «Вояджер-2» (1989 г.) открывает у Нептуна кольца.



Нептун

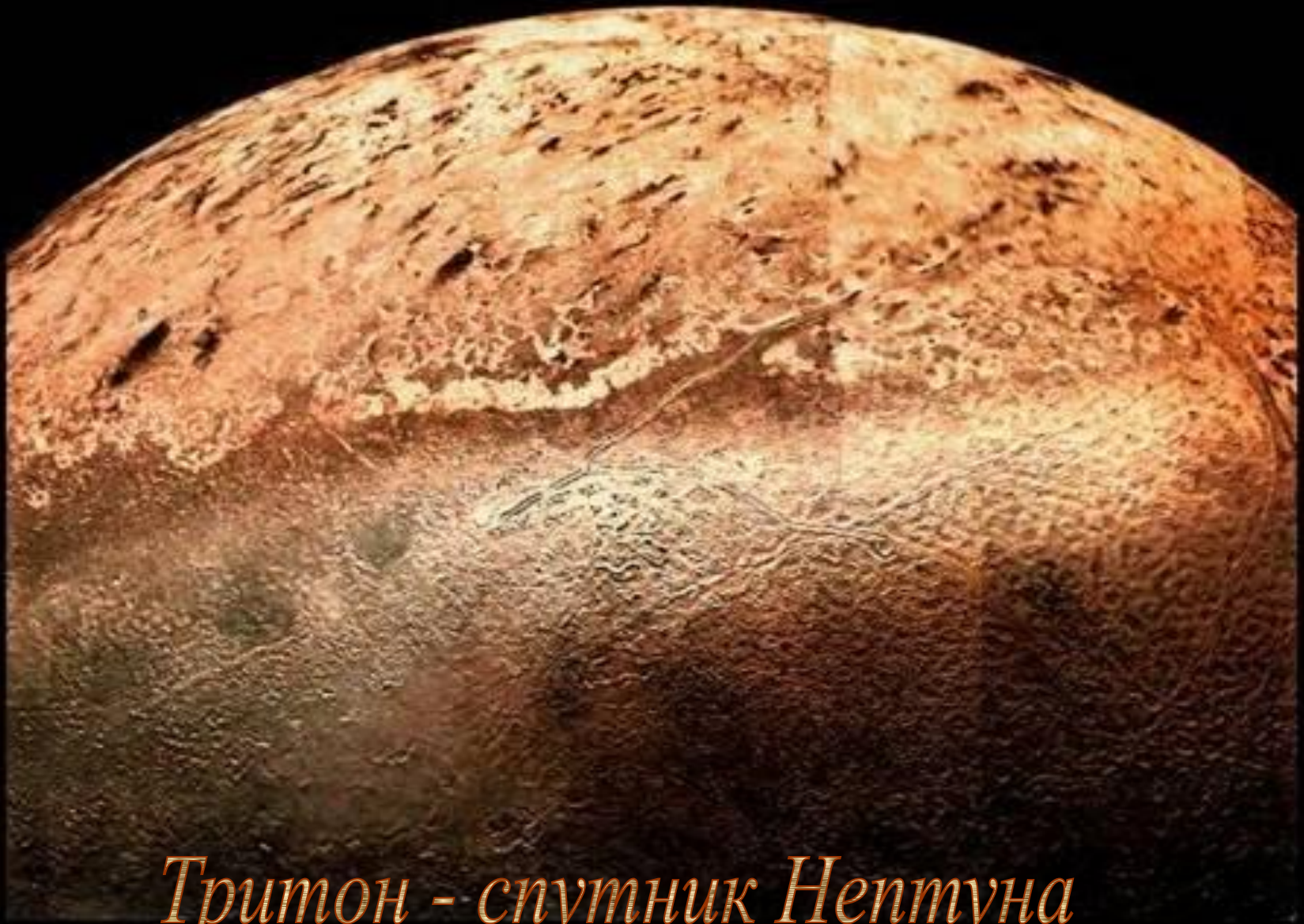


Т облачного слоя ~ 60 К. Это больше расчётной только за счёт энергии, получаемой от Солнца.

Значит, есть внутренний источник тепла. В атмосфере должны наблюдаться турбулентные потоки. Скорость ветра может достигать ~ 1120 км/ч.

Поверхность планеты состоит из твёрдых и жидких газов (основной – NH_3).

Космический аппарат «Вояджер-2» открывает 4 разряжённых кольца.



Тритон - спутник Нептуна

Поверхность спутника указывает на его древнее происхождение. Возможно, это захваченный гравитационным полем Нептуна фрагмент из пояса Койпера.

Плутон -

последняя планета
Солнечной системы.

Масса:

$1,3 \cdot 10^{22}$ кг.
(0,0022 массы Земли)

Диаметр:

2250 км.

Плотность:

2 г/см³

Температура:

- 230 °C

Длина суток:

6,4 земных суток

Расстояние от
Солнца(среднее):

между 29,65 (минимальное)
и 49,28 а.е. (максимальное)

Период обращения по
орбите(год):

247,7 лет

Скорость вращения
по орбите:

4,7 км/с



Плутон



Девятая планета от Солнца не наблюдается невооружённым глазом. Имеет 8 спутников.

Состоит, в основном, из камня и льда. Лёд на поверхности Плутона состоит из замёрзшего метана и азота с примесями углерода.

У планеты есть спутник (или планета-близнец) – Харон. В 1991 г. космический телескоп «Хаббл» получил их чёткое изображение. $D_{\text{Харона}} \sim 1200$ км.

Предполагают, что Плутон был спутником Нептуна, но сошёл с орбиты и стал самостоятельной планетой из-за близкого пролёта кометы.

Гравитационное влияние Солнца в сравнении со звёздами распространяется на $r \sim 200\,000$ а.е. и потому есть место за орбитой Плутона для неоткрытых планет. В 1951 г. Дж. Койпер высказал предположение о существовании малых тел на $r \sim 35 - 50$ а.е. («пояс Койпера»).

К 2001 г. обнаружено ~ 370 транснептуновых объектов $D \sim 100 - 800$ км. Они имеют тёмную красноватую поверхность (древний состав с присутствием органических соединений?). Если у объекта постоянная траектория, ему присваивается № и он заносится в каталог. И только некоторые из них получают имя.

Возможно, пояс Койпера представляет остаток протопланетной туманности, из которой сформировалась Солнечная система.
Крупнейший объект в нём планетоид Quaoar $D \sim 2000$ км.

Пояс Койпера

Орбита Плутона

Орбита Нептуна





Обнаружена 10-я планета Солнечной системы?

Её назвали в честь бога воды
Венесуэлы Ниуа (диаметр ~ 700 км,
орбита - дальше Плутона, период
обращения вокруг Солнца ~ 256 лет).

Солнечное затмение 2000 года подтвердило

существование планеты в противоположной относительно Земли части Солнечной системы. Некоторым ученым из Университета Беркли (Калифорния), в частности, профессору астрономии Джеффри Марси, этот факт уже был известен. Новое открытие не могло быть подтверждено до тех пор, пока сама планета, проходившая вблизи Солнечной системы, не была зарегистрирована приборами. Это еще раз доказало правильность предположений ученых. До этого события ученые располагали только математическими расчетами, косвенно подтверждавшими существование планеты.

(Журнал «UFO», Италия)



Учёные NASA обнаружили крупный объект в поясе Койпера, вращающийся вокруг Солнца по постоянной орбите.

Новый объект открыт при изучении данных ИФК-телескопа Spitzer, запущенного недавно (2002 г.) в космос.

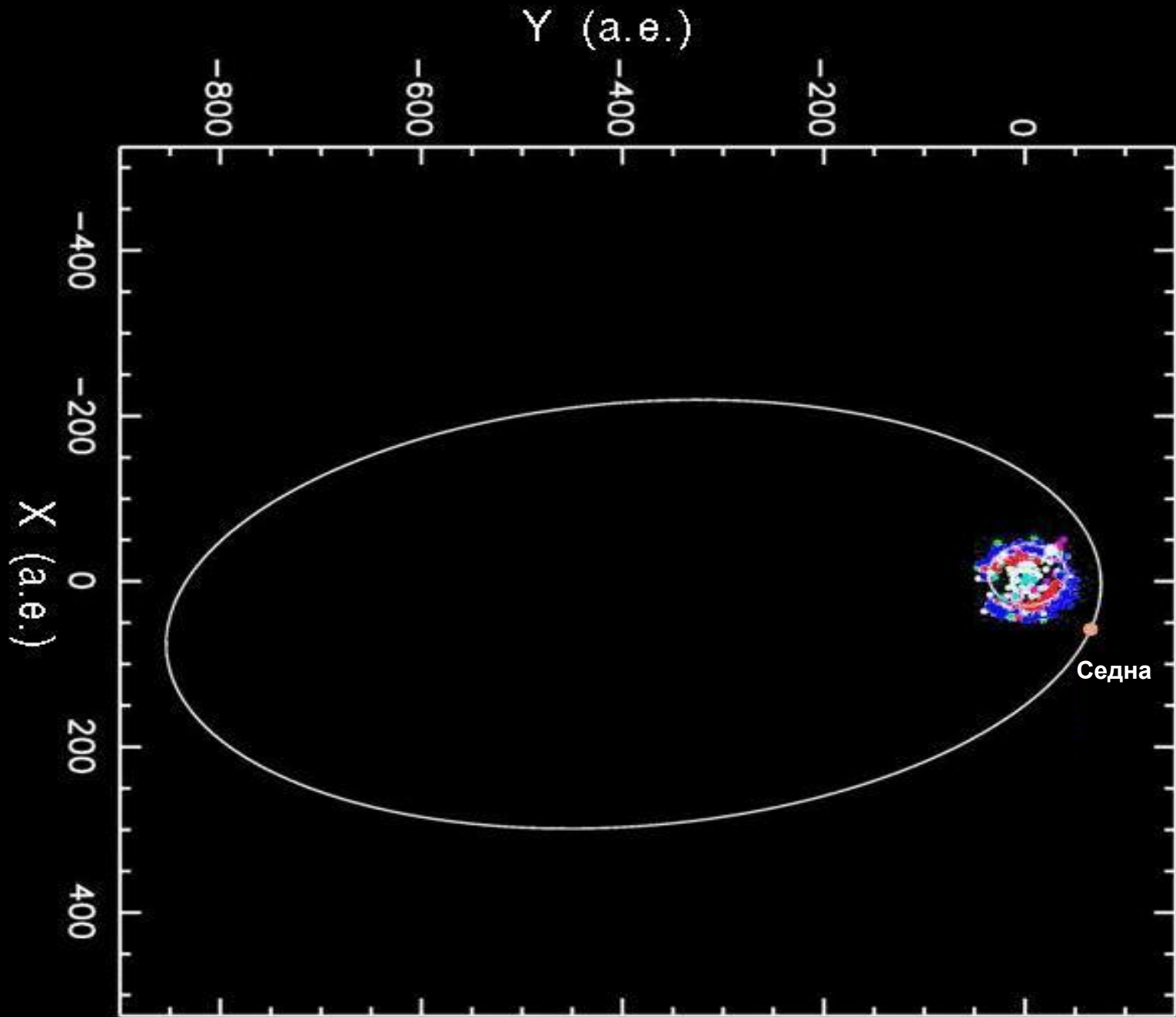
Его также заметил телескоп «Хаббл».

Планету назвали в честь морской богини эскимосов – **СЕДНА**.

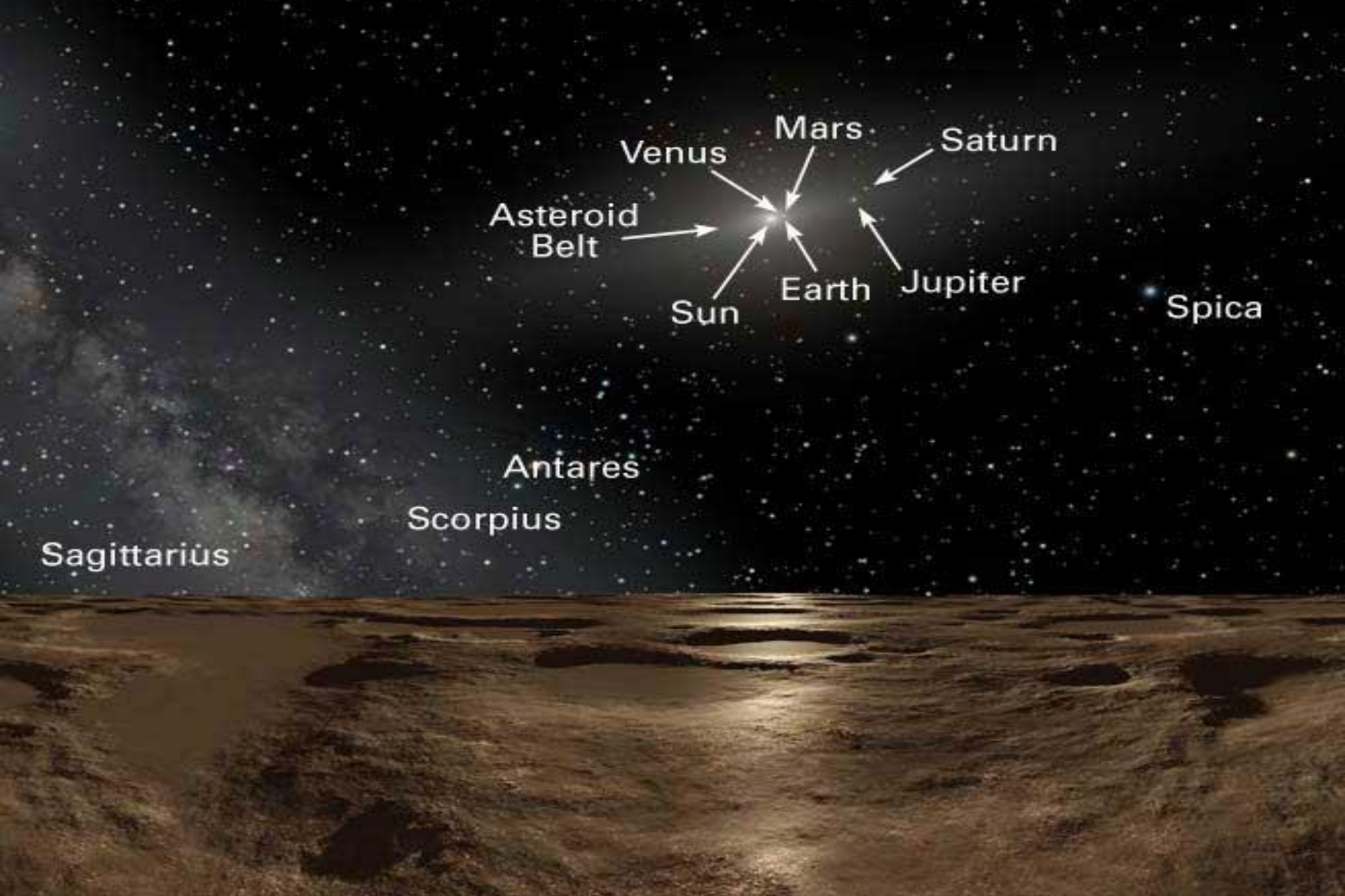
Седна вращается вокруг Солнца на $R \sim 10 - 100$ млн. км, в 1,5 раза дальше Плутона. Состоит из льда и камней. Диаметр по неточным данным ~ 2000 км.

Астрономы считают, что назвать этот новый объект планетой можно потому, что он имеет постоянную орбиту.

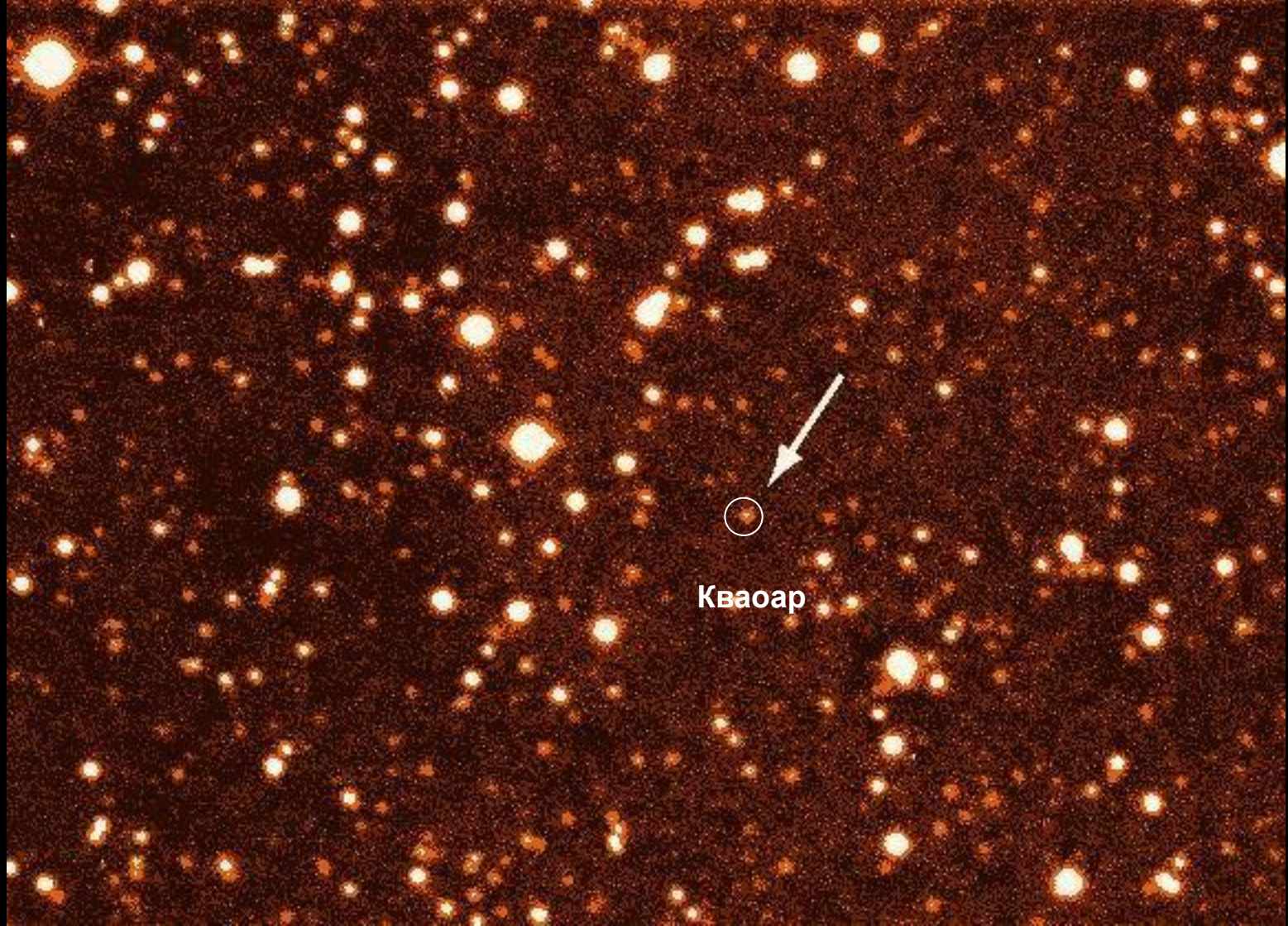




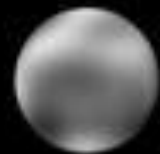
Орбита Седны сильно вытянута



Примерно так выглядит Солнце и окружающие его планеты с далёких миров за поясом Койпера, никогда не сближающихся с Солнечной системой...



Размеры планетоида Кваоар определены с помощью изображений, полученных на телескопе «Хаббл». Его $D \sim 1250$ км, он находится на $r \sim 1,6$ млрд. км от Плутона (11 а.е.) Свет от Солнца к нему летит 5 часов. Вероятнее всего, Кваоар – холодный мир, покрытый льдом, а Солнце с него выглядит как яркая звезда. Открыт в июне 2002 года.



Pluto:
1400
miles



Quaoar:
800
miles

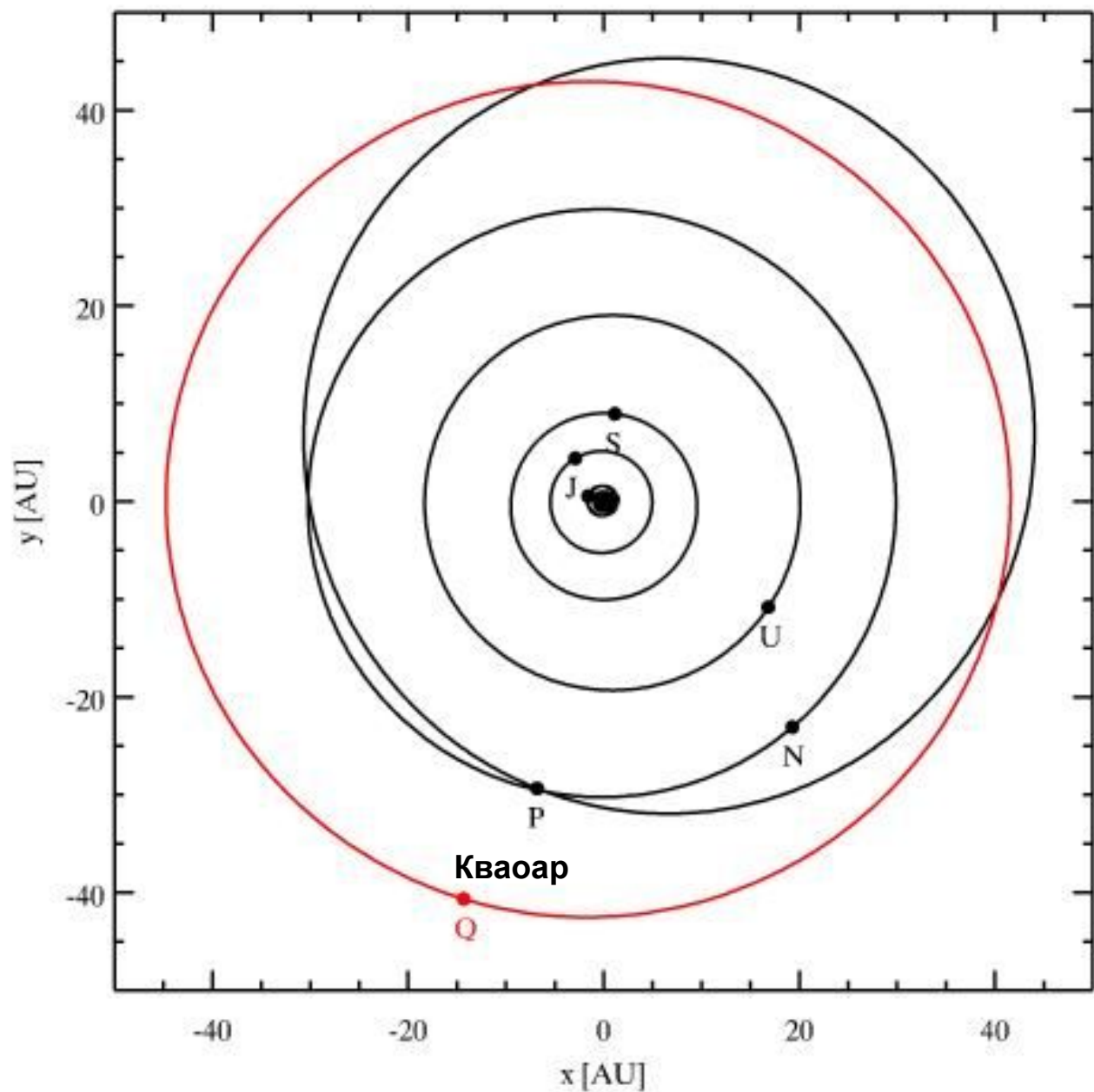


Earth's
moon:
2100
miles

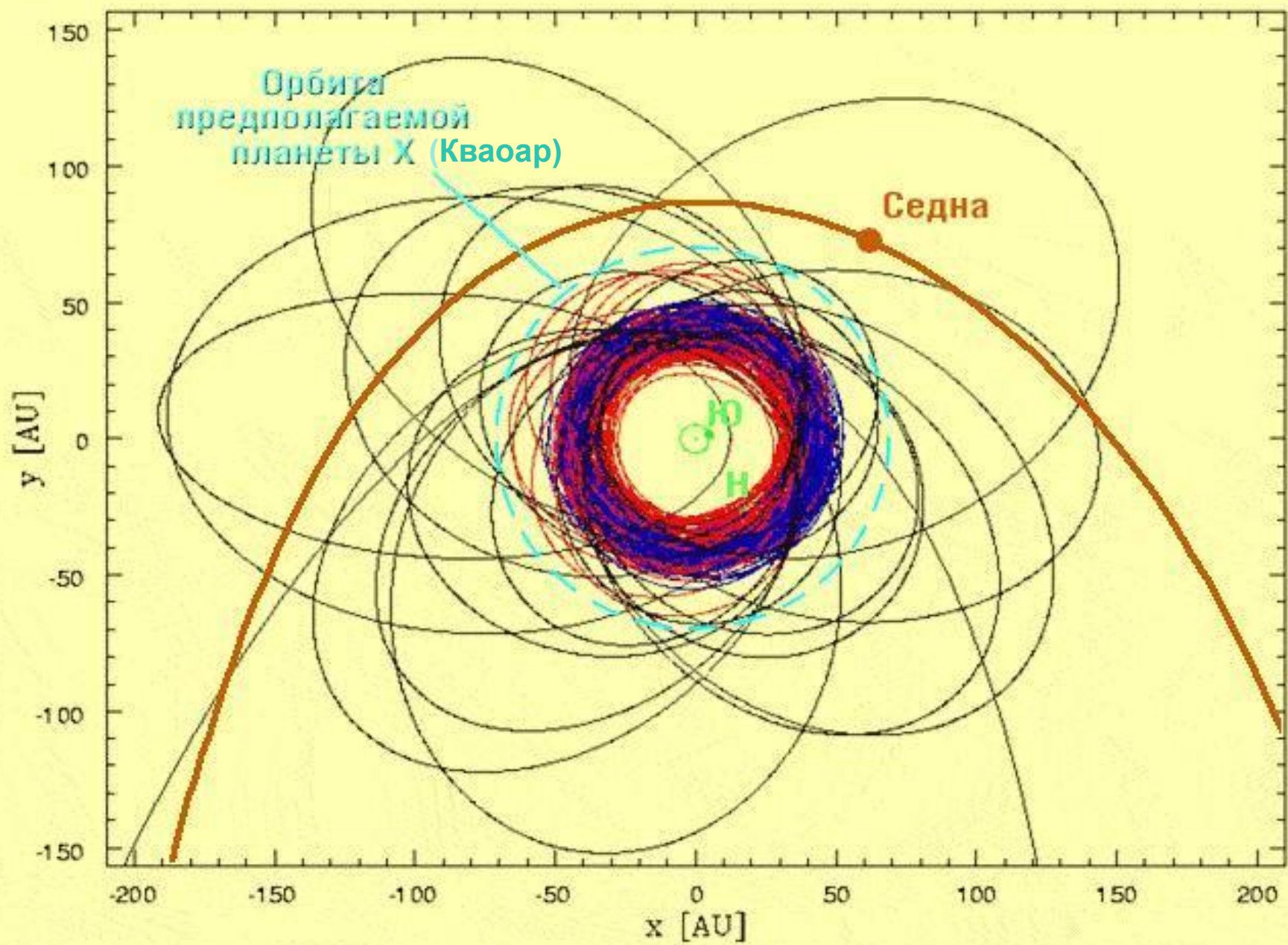


Earth:
8000
miles

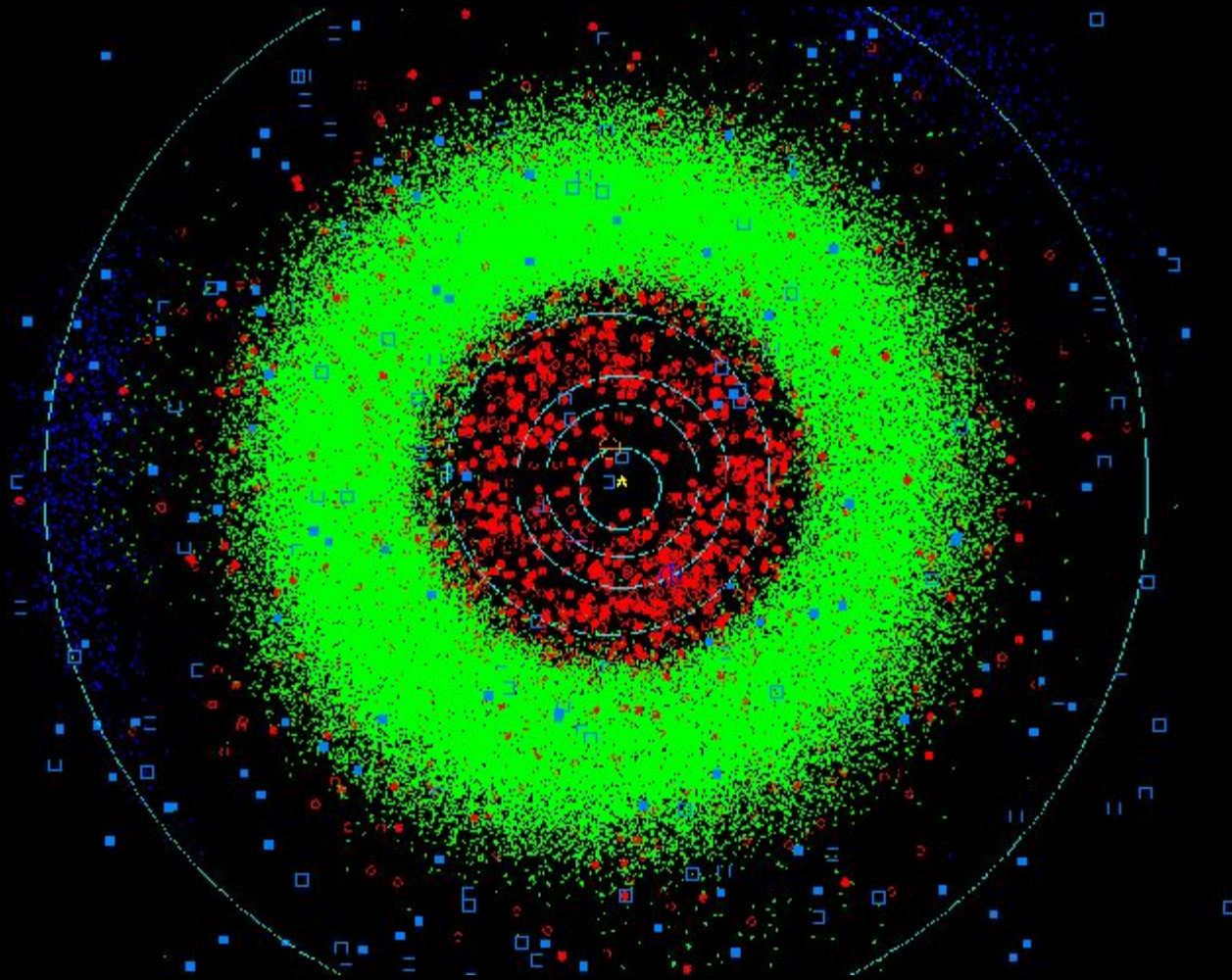
**Сравнение размеров Кваоара с другими телами
Солнечной системы**



**Орбита
Кваоара, в
отличие от
орбиты
Седны,
почти
круговая**



Перенаселённая Солнечная система



КОМЕТЫ

« хвостатые» светила привлекали внимание ещё в древности. Некоторые кометы превосходят по размеру планеты и даже Солнце. Орбиты комет имеют большой эксцентриситет. Ядро кометы – небольшое, состоит из замороженных газов с вкраплениями каменных частиц. Они входят в состав Солнечной системы и не прилетают из космоса.

Комета Галлея (вид с Земли)

При приближении к Солнцу «льды» испаряются, образуется светящийся газовый шлейф. Вещество «хвоста» направлено от Солнца. Масса ядер комет $\sim 10^{11} - 10^{15}$ кг.



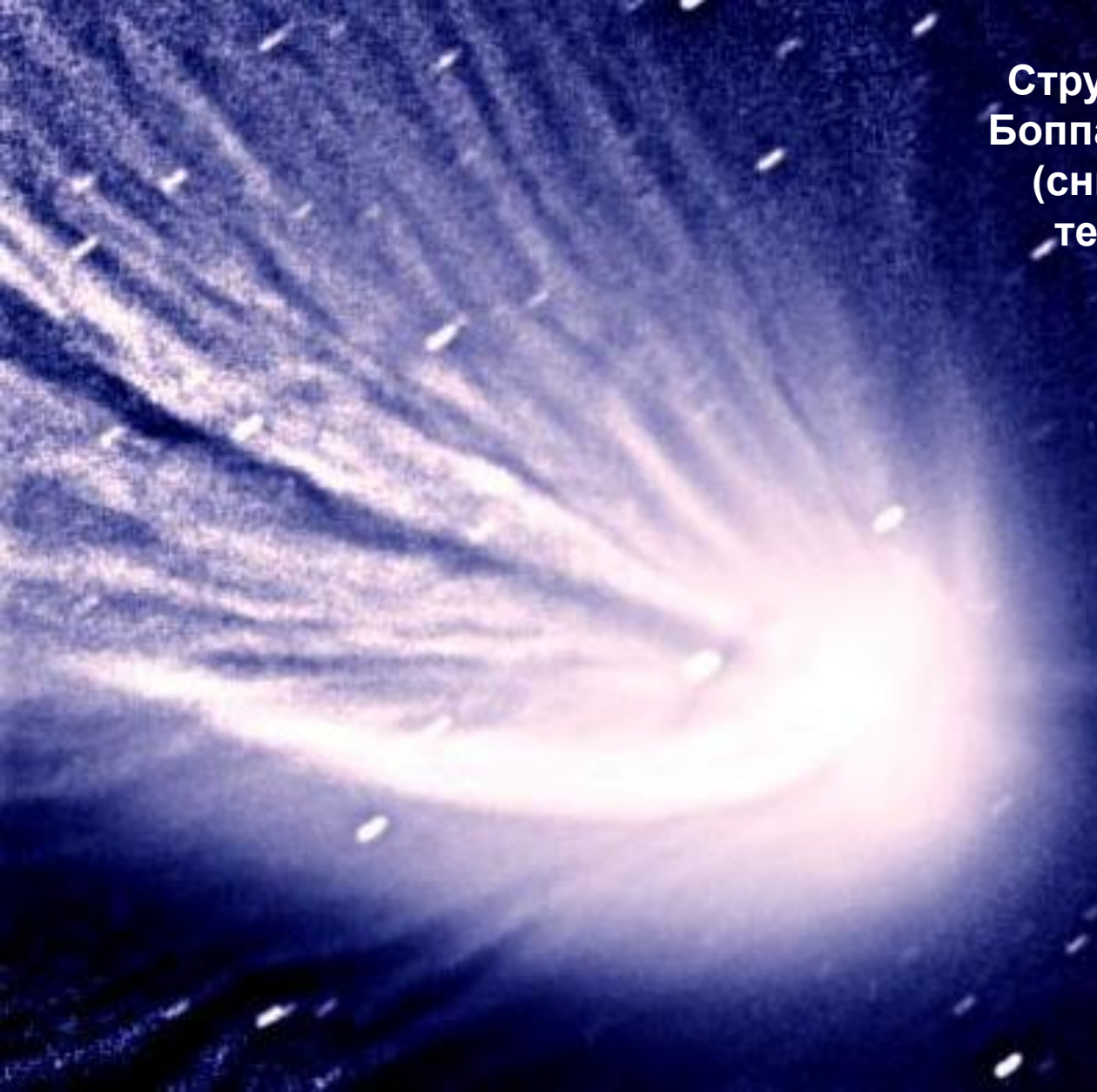
Комета Хейла – Боппа (Оренбург, май 1997 г.) Снимок с любительского телескопа Ильясова А.Н.

Комета Хейла-Боппа над Оренбургом (май, 1997 г.)



Комета Хейла-Боппа над Оренбургом





**Структура кометы Хейла –
Боппа и её пылевого хвоста
(снимок с орбитального
телескопа 5.05.1997 г.)**

**Каталог Ф. Бааде (1960 г.) содержит 1606 комет, зарегистрированных с
2315 г. до н.э. и до 1963 года. Каталог постоянно дополняется.**

Скорость комет не превышает 42 км/с. Вероятно, они – «побочный продукт» при образовании планет из первичного газово-пылевого облака. Их общая масса ~ 0,1 массы Земли. Многие кометные ядра не приближаются к Солнцу и не имеют хвоста. Около 50 комет имеют $T \sim 100$ лет, некоторые - > 800 лет.

Рой кометных ядер простирается в 100 – 150 тыс. а.е. от Солнца («облако Оорта»).



Ионный хвост кометы Хейла - Боппа

Комета Хейла-Боппа над Италией





Комета Хиякутаке (2000 г.)



Комета Мачхольц была видна в январе 2005 г. Имела 2 хвоста: ионно-газовый тянется налево и подвержен давлению солнечного света. Хвост из пыли ориентирован в направлении орбиты кометы (вниз, направо)

Комета NEAT Q4

Этот огромный снежный ком пролетел мимо Земли в мае 2004 г. Снимок сделан в Аризоне (США). Виден длинный голубой ионный хвост, ярко-голубая кома вокруг ядра и более короткий, но самый яркий пылевой хвост, отражающий свет Солнца

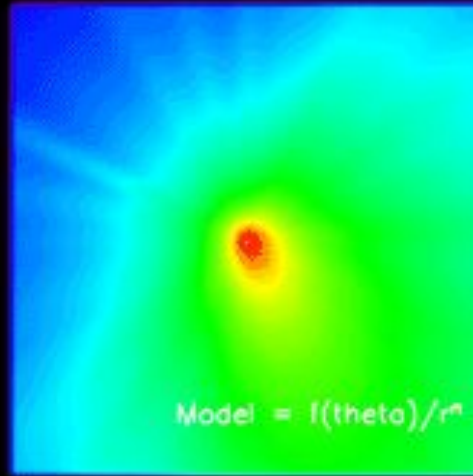
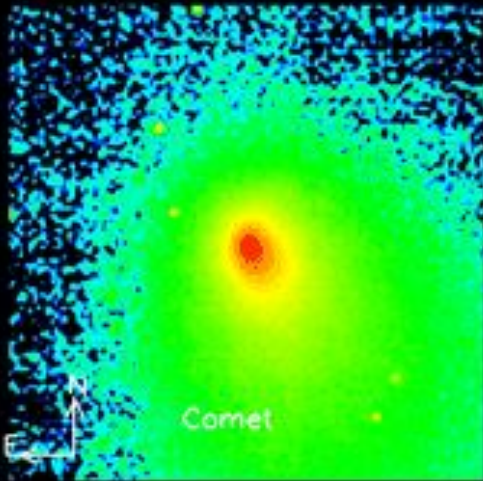
Бомбардировка кометы Темпель 1 космическим зондом

Учёные США предприняли попытку прямого изучения состава кометы путём её бомбардировки специальным аппаратом Deep Impact. 4 июля, через 172 дня полёта, пройдя 431 млн. км, КА разделился на 2 автоматических корабля: «Столкновение» и «Пролетающий мимо». 24 часа они продолжали реактивно двигаться, выполняя свои задачи.

Так выглядела комета 19 июня, снятая КА DeepImpact.

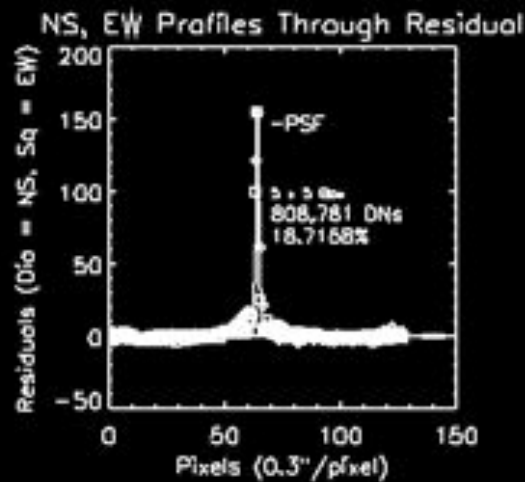
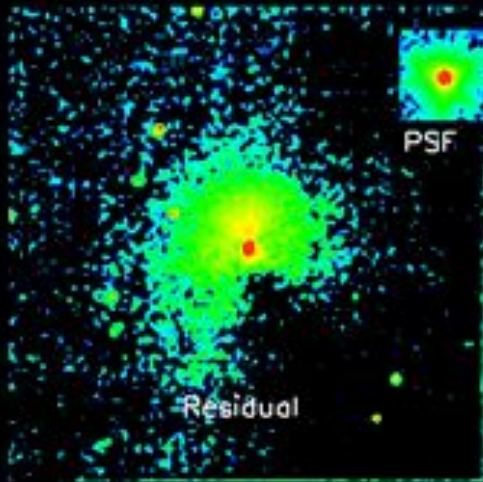
Структура кометы Темпель 1

MRI CLEAR6 On 2005-05-30 17:18:40.738 60,0005 sec

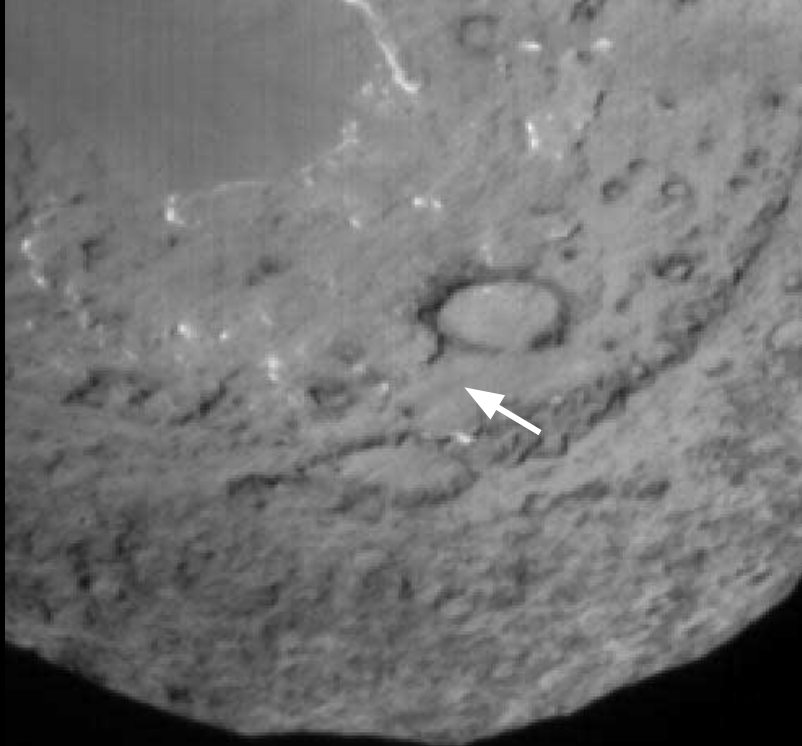


Структуру кометы Темпель 1 необходимо было знать для точного попадания в её ядро спускаемого модуля «Столкновение».

Ядро имеет форму картофелины длиной ~ 5 км. Предполагается, что вещество кометы – глыба льда и пыли, рождённая вместе с Солнечной системой.



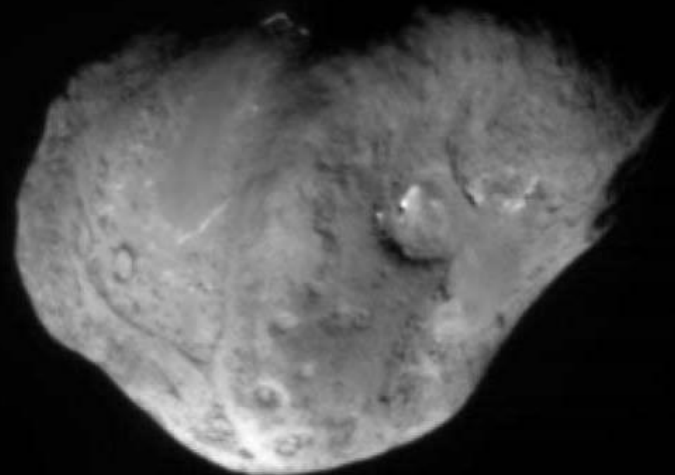
На снимках в условных цветах видны ядро и окружающая газовая оболочка.



2

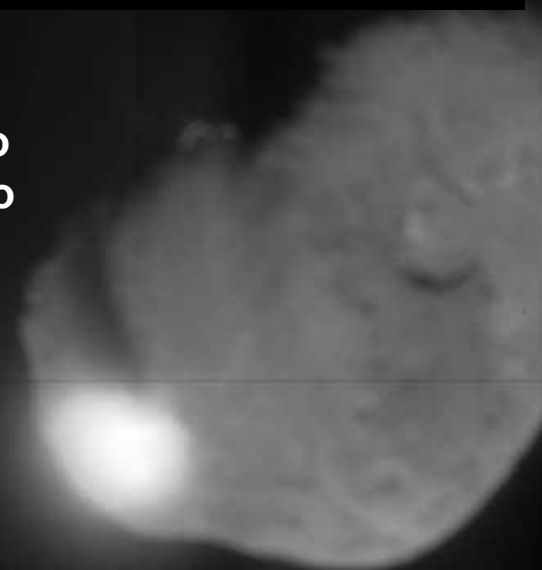
Темпель за 5 мин до столкновения

1



... за 90 сек. до столкновения. Аппарат упал между 2-мя кратерами $d \sim 0,5$ км. Измерения показали, что зонд падал со $V \sim 10$ км/с, пробил поверхность и прошёл глубоко внутрь до того, как успел испариться.

...13 сек. после столкновения. Событие засвидетельствовано с помощью камеры высокого разрешения, установленной на пролетающем мимо аппарате. В околоповерхностное пространство выбросились продукты столкновения.



3

Исследование астероида Хиябуса



Тень японского космического аппарата Итокава- 2 на поверхности астероида Хиябуса (ноябрь, 2005 г.). Планируется спуск на астероид модуля для взятия проб грунта и возвращения капсулы с ним на Землю (в 2007 г.).