

Спутники планет Солнечной системы



Домашнее задание: заполнить таблицу

Планета	Спутник	Близкий, далекий*	Масса значительная, маленькая*	Особенности
		1, 2....	В сравнении с массой крупного спутника	

* По открытым источникам

Только для тех спутников, которые есть в презентации

Спутник — небесное тело,
обращающееся по
определённой траектории
(орбите)

вокруг другого объекта в
космическом пространстве под
действием гравитации.

Различают искусственные и
естественные спутники.

У спутников также **могут быть свои спутники**, но в большинстве случаев приливные силы главного тела сделали бы **такую систему неустойчивой**.

Были предположения наличия спутников у Луны, Реи и Япета, но спутники естественного происхождения у спутников не были обнаружены.



Снимок Елены, полученный Вояджером-2

Спутник Елена является соорбитальным **Дионе** и располагается в **точке Лагранжа L4** системы Сатурн-Диона.



Примерами

несинхронизированных

спутников являются Гималия, Элара, Гиперион, Феба, Альбиорикс, Кивиок, Сикоракса, Калибан, Нереида, а также все спутники Плутона, кроме Харона.

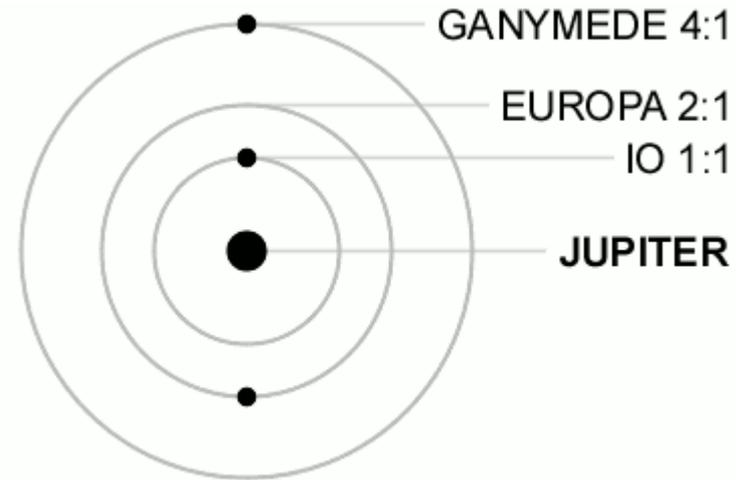
Синхронное вращение (приливный захват) —

ситуация, когда период обращения **спутника** вокруг своей оси совпадает с периодом его обращения вокруг центрального тела. При этом спутник всегда обращён к центральному телу одной и той же стороной, поскольку он обращается вокруг своей оси за то же время, которое ему требуется, чтобы обернуться по орбите вокруг своего партнёра.

Орбитальный резонанс — ситуация, при которой периоды обращения двух (или более) небесных тел соотносятся как небольшие натуральные числа.

В результате эти тела периодически сближаются, находясь в определённых точках своих орбит.

Возникающие вследствие этого **регулярные изменения силы гравитационного взаимодействия** этих тел могут стабилизировать их орбиты.



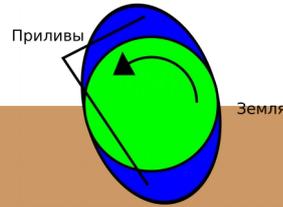
Приливное ускорение — эффект, вызванный гравитационно-приливным взаимодействием в системе естественный спутник — центральное тело.

Главные следствия

```
graph TD; A[Главные следствия] --> B[• изменение орбиты спутника  
• изменение вращения центрального тела вокруг оси]; A --> C[• разогрев недр планет]
```

- изменение орбиты спутника
- изменение вращения центрального тела вокруг оси

- разогрев недр планет



Приливные волны.

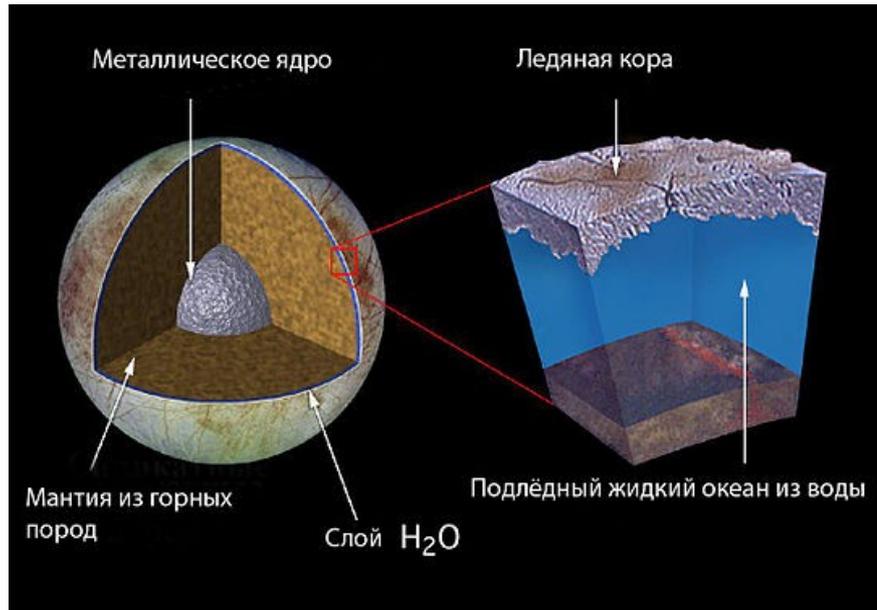
Для протяжённого тела, находящегося в гравитационном поле тяготеющей массы, силы гравитации различаются для ближней и дальней сторон тела. И разность этих сил ведёт к деформации тела в направлении градиента поля

Радиоактивный разогрев



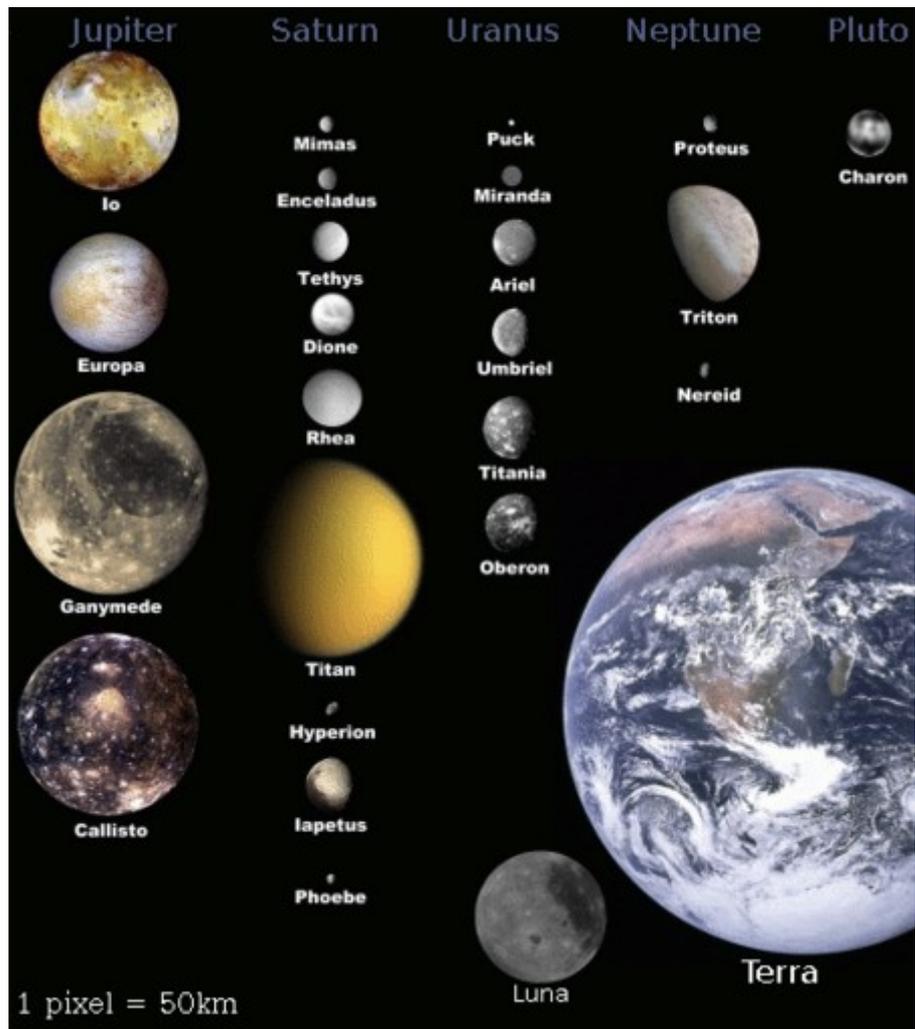
Либрация — медленное колебание (действительное или кажущееся) спутника, наблюдаемое с поверхности тела, вокруг которого он вращается.

Подповерхностный океан



Жидкий океан под ледяной корой.

Возможность существования жизни.



Земля

спутник 1— Луна,

Квазиспутников 6:

Круитни (3753) 2003

YN107 (164207) 2004

GU9 (419624) (3753)2010

SO16 (367943)

Дуэнде (469219) 2016

НОЗ



Основные детали на лунном диске, видимые невооружённым глазом:

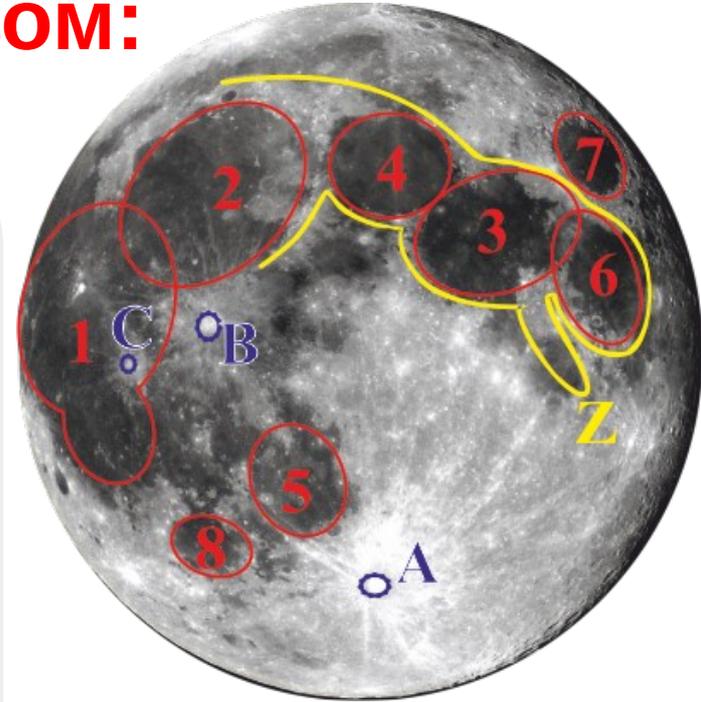
Z — «лунный заяц»,

A — кратер Тихо,

B — кратер Коперник,

C — кратер Кеплер,

- 1 — Океан Бурь,
- 2 — Море Дождей,
- 3 — Море Спокойствия,
- 4 — Море Ясности,
- 5 — Море Облаков,
- 6 — Море Изобилия,
- 7 — Море Кризисов,
- 8 — Море Влажности



Гипотеза происхождения

Гипотеза гигантского столкновения утверждает, что Луна возникла 4,6 млрд лет назад после столкновения Земли с гипотетическим небесным телом, получившим название Тейя. Удар пришёлся не по центру, а под углом (почти по касательной).

В результате большая часть вещества ударившегося объекта и часть вещества земной мантии были выброшены на околоземную орбиту.

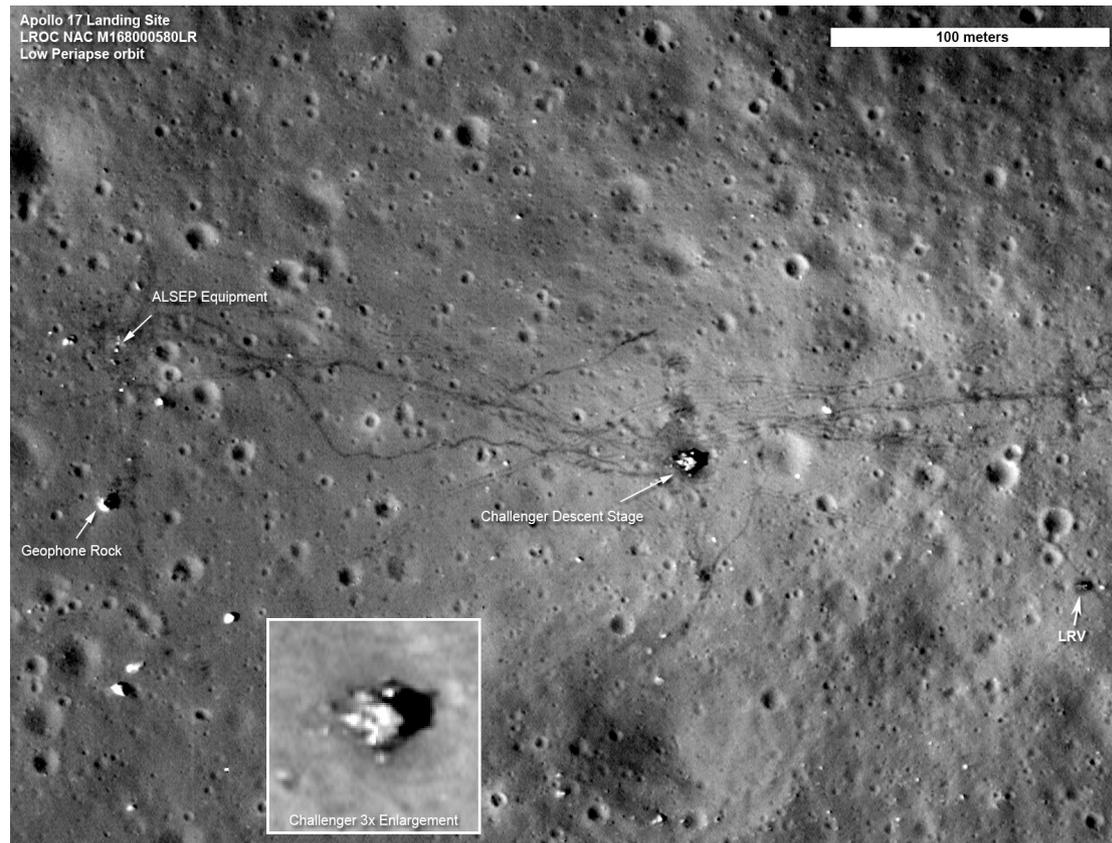
97 AMC + 9 пилотируемых кораблей

Место посадки экспедиции «Аполлон-17».

Видны:

спускаемый модуль,
исследовательское
оборудование ALSEP, следы
колёс автомобиля и пешие
следы космонавтов.

Снимок КА LRO,
4 сентября 2011 года.



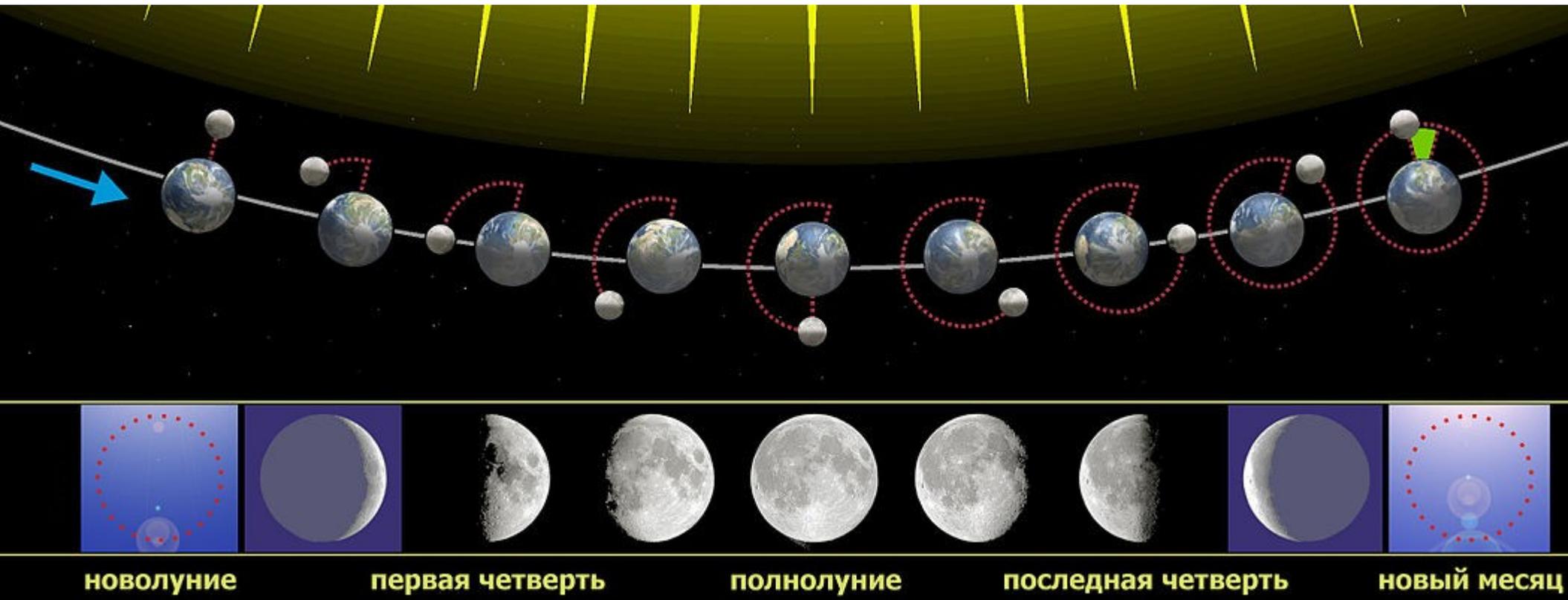
Иллюзия Луны

— обман зрения, который заключается в том, что когда Луна находится низко над горизонтом, она кажется намного больше, чем когда она висит высоко в небе.

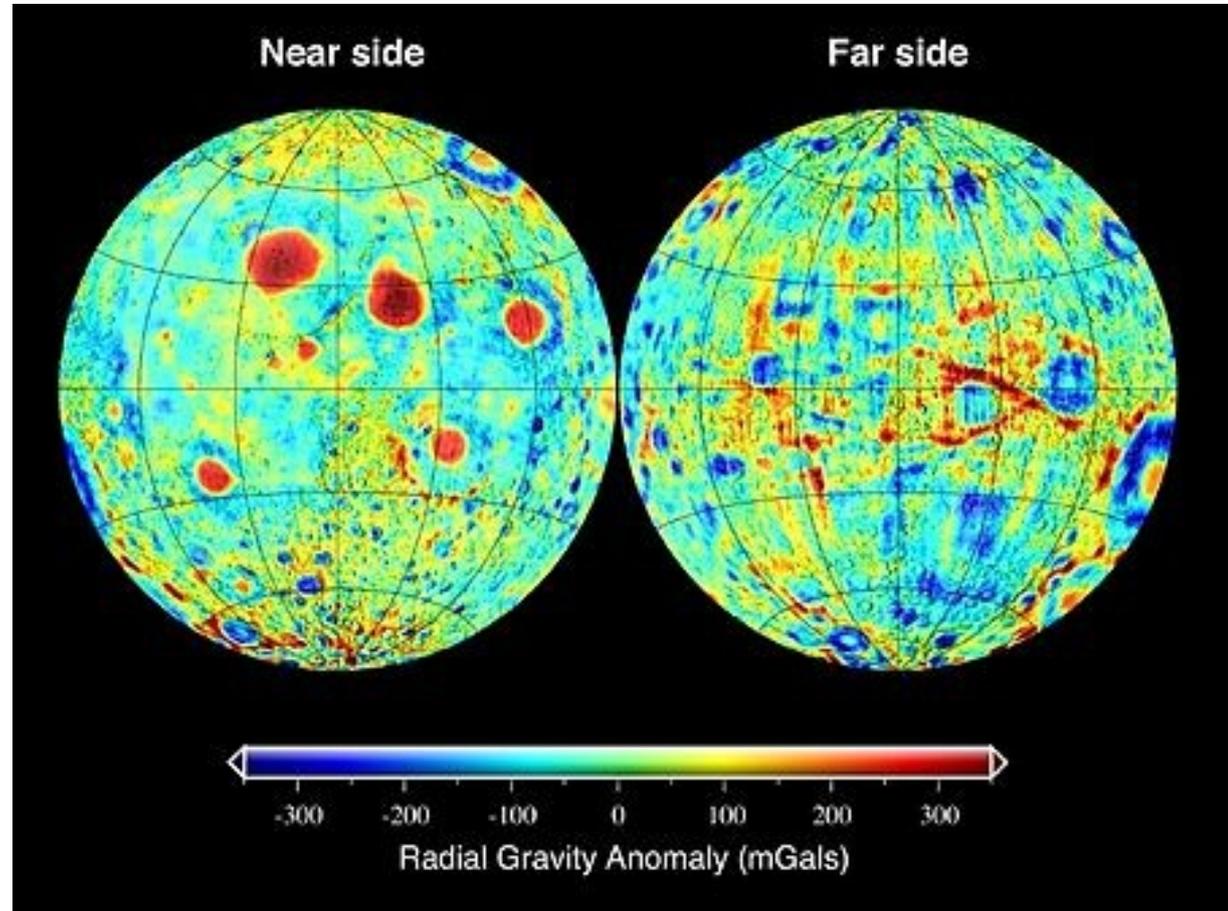
На самом деле, угловой размер Луны практически не меняется с её высотой над горизонтом



Фазы Луны

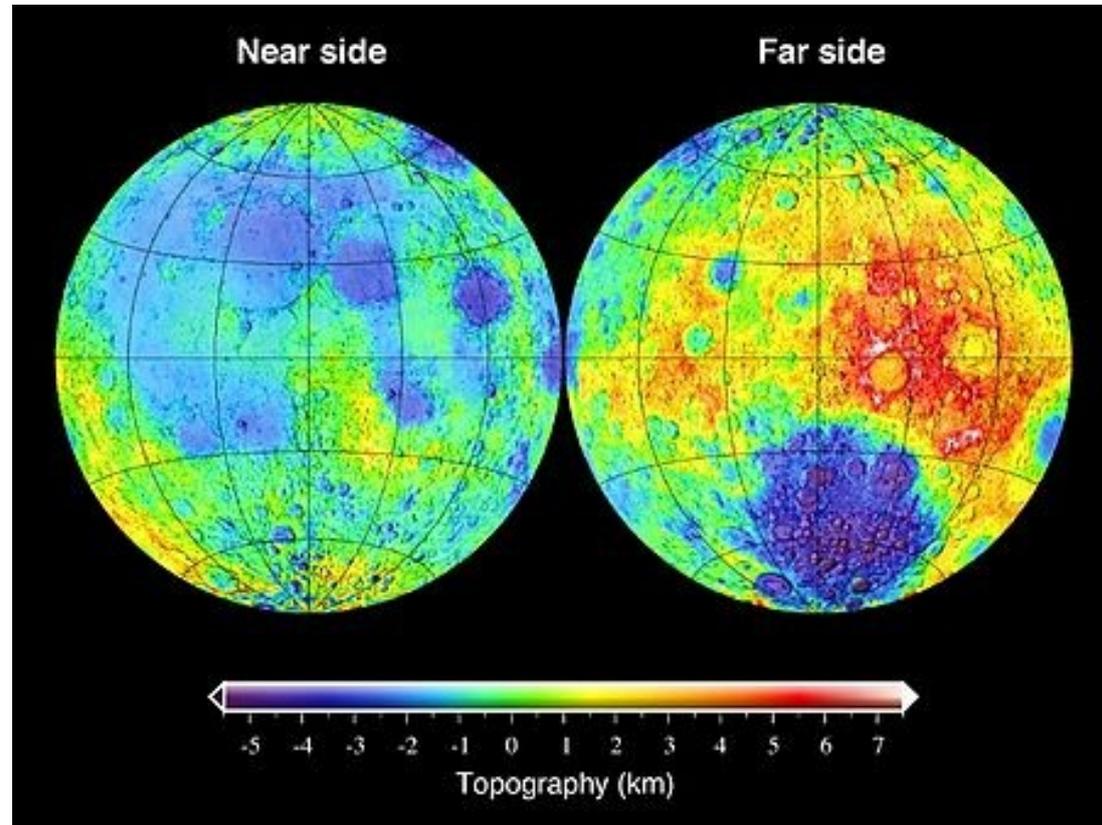


Радиальная
гравитационная
аномалия на
поверхности Луны.



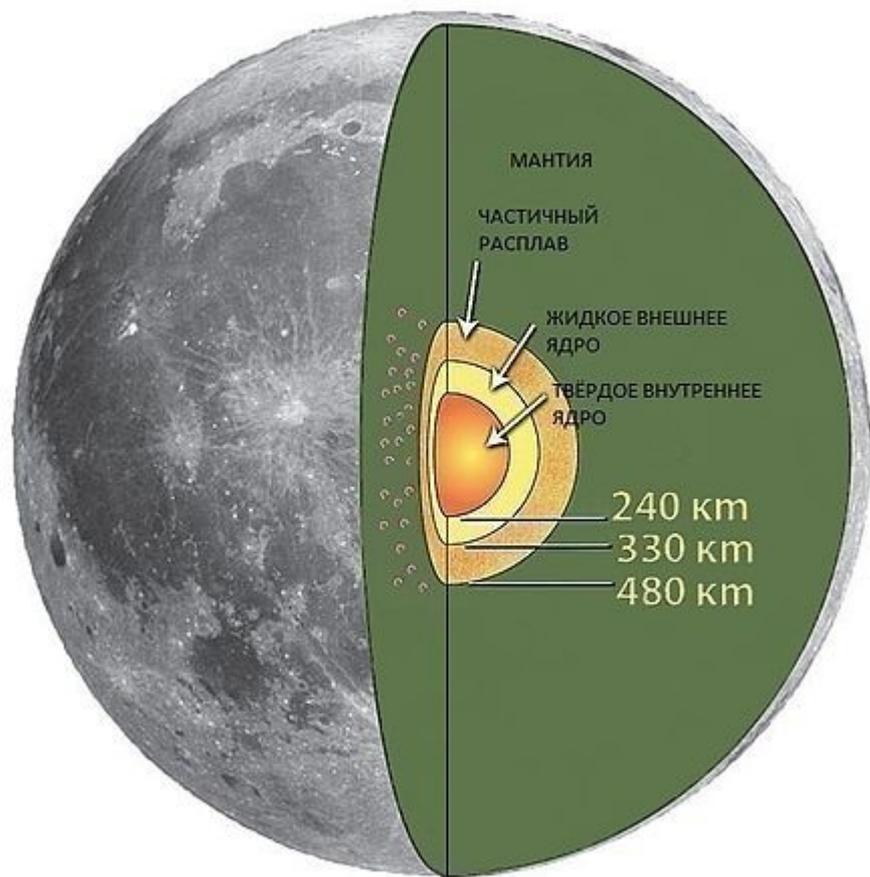
Топография Луны

высота поверхности
относительно лунного
геоида.

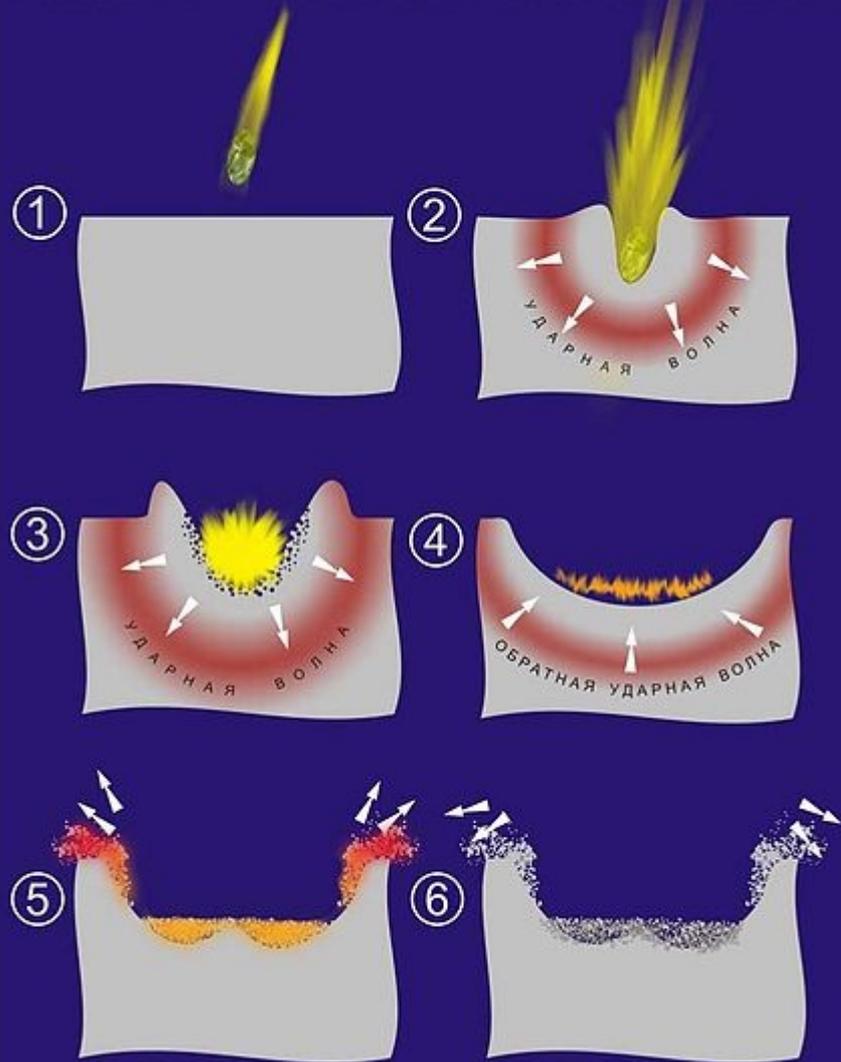


Видимая с Земли сторона
— слева.

Внутренняя структура



ЭТАПЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КРАТЕРА



Ударный кратер — углубление, появившееся на поверхности космического тела в результате падения другого тела меньшего размера.

Реголит

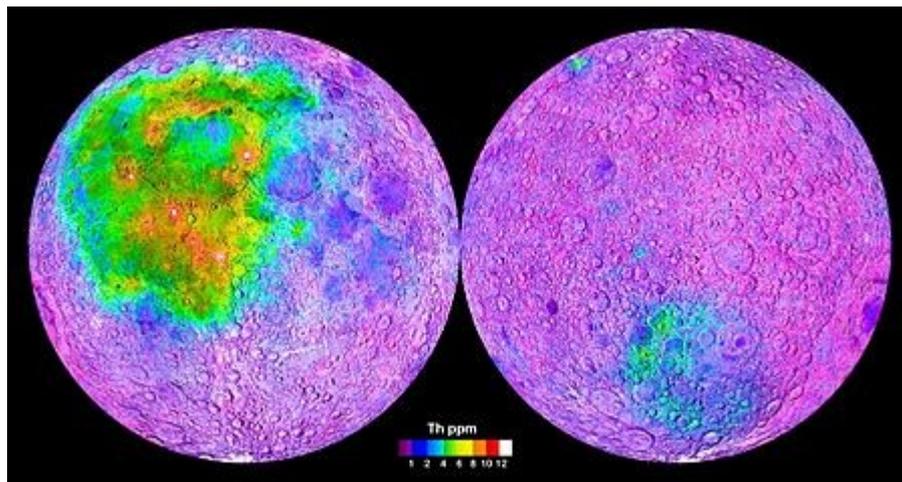
— остаточный грунт, являющийся продуктом космического выветривания породы на месте.

В настоящее время этим термином чаще всего называют **поверхностный слой сыпучего лунного грунта.**



Кратер Дедал,
диаметр: 93 км,
глубина: 3 км
(фото НАСА)





- Карта концентрации тория на поверхности Луны согласно данным Lunar Prospector.

Марс

два спутника:

Деймос (1877)

Фобос (1877)

Форма
приближается к
трёхосному
эллипсоиду.

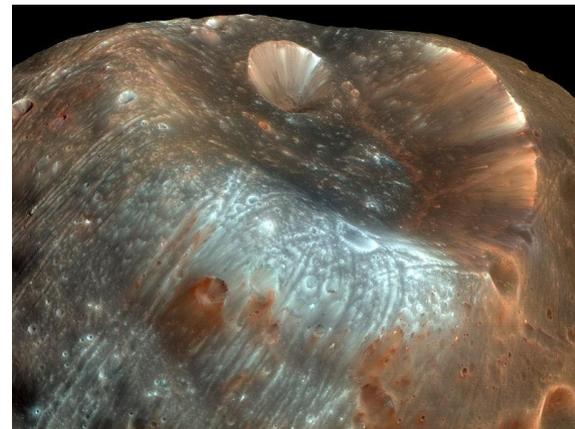
Фобос
(26,8×22,4×18,4 км)

Деймос
(15×12,2×10,4 км)



Фобос (сверху)

Деймос (снизу)

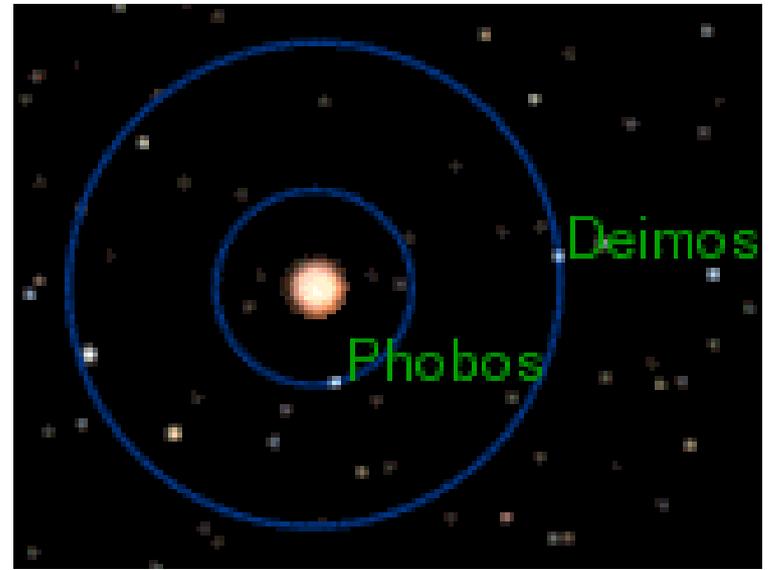


Стикни — самый
большой кратер
Фобоса

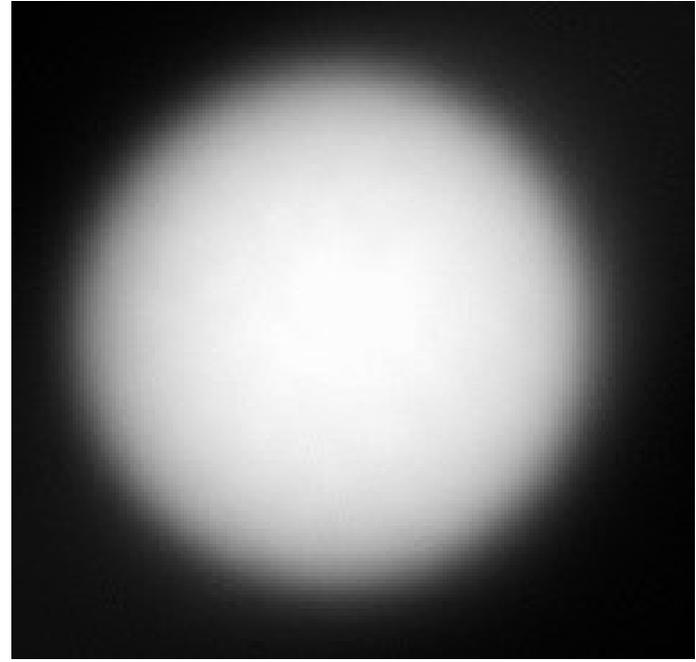
Оба спутника вращаются вокруг своих осей с тем же периодом, что и вокруг Марса, поэтому всегда повёрнуты к планете одной стороной.

Приливное воздействие Марса постепенно замедляет движение Фобоса, снижая его орбиту, что, в конце концов, приведёт к его падению на Марс.

Деймос удаляется от Марса.



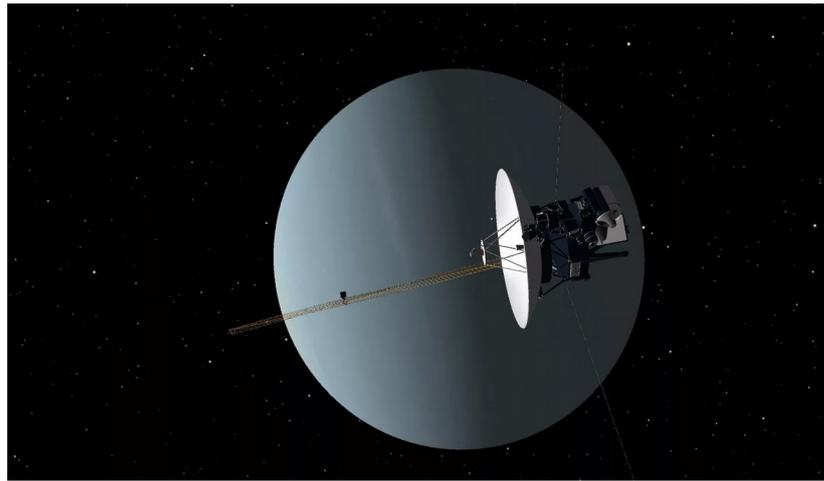
Прохождение Фобоса
по диску Солнца.
Анимация составлена
на основе снимков
марсохода
«Оппортьюнити».





1973 и 1974 –
«Пионер-10» и
«Пионер-11»:

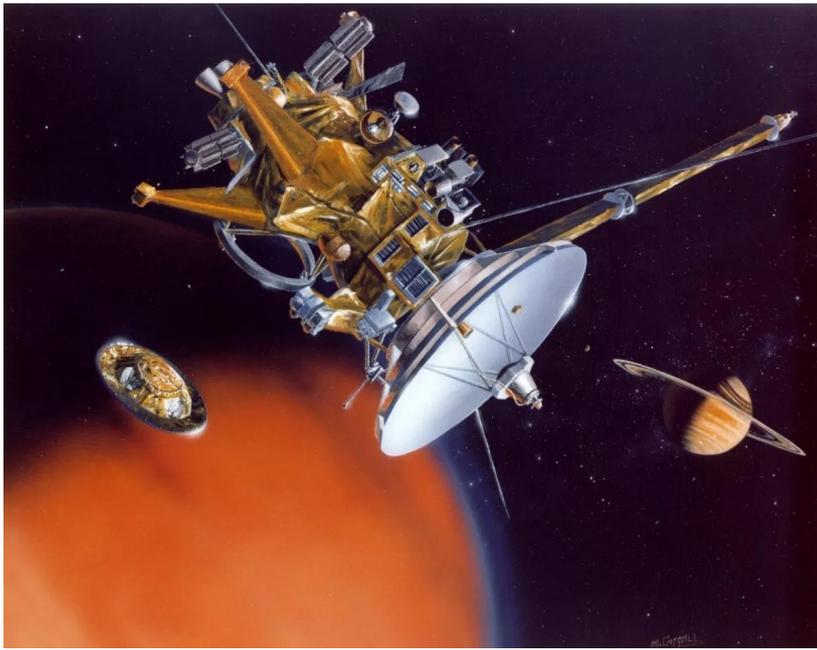
первые
фотографии спутников



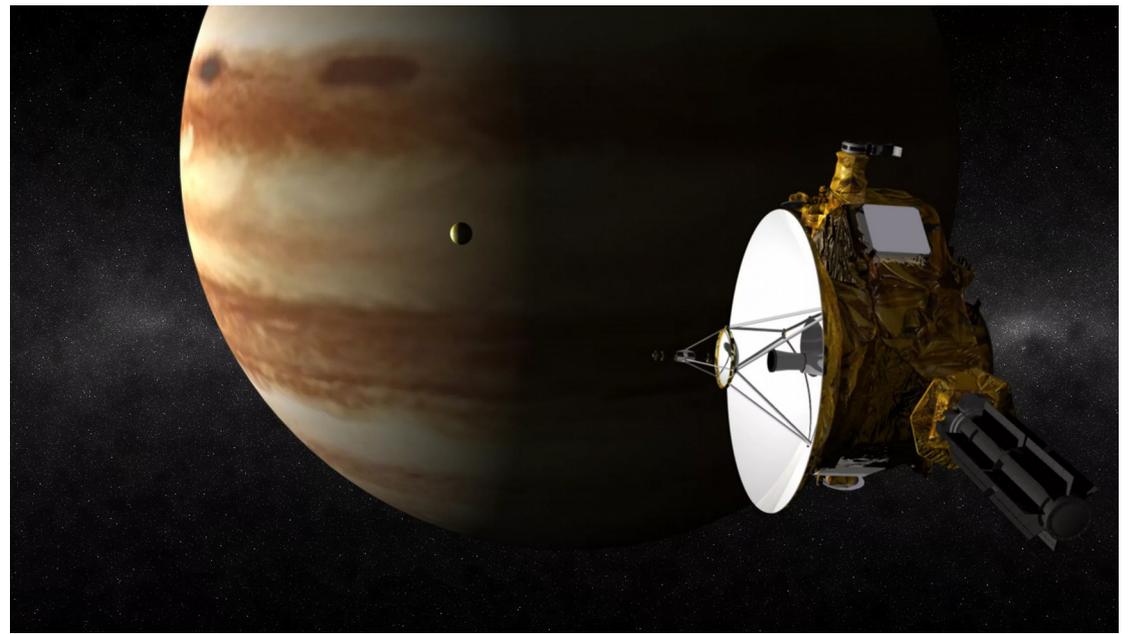
- 1979
- «Вояджер-1»
- «Вояджер-2»



- 1995 - 2003 г
- «Галилео»



2000 –
«Кассини-Гюйгенс»



2007 –
космическая
межпланетная станция
«Новые горизонты»



- 1994...
- Телескоп Хаббл



- 1999...
космическая
обсерватория
«Чандра»



Галилеевы спутники Юпитера.
Слева направо, в порядке удаления от Юпитера:
Ио, Европа, Ганимед, Каллисто

Ио.

Желтоватый цвет говорит о высоком содержании серы.

Тёмное пятно левее центра — извергающийся вулкан Прометей, его окружают светлые равнины, покрытые оксидом серы.



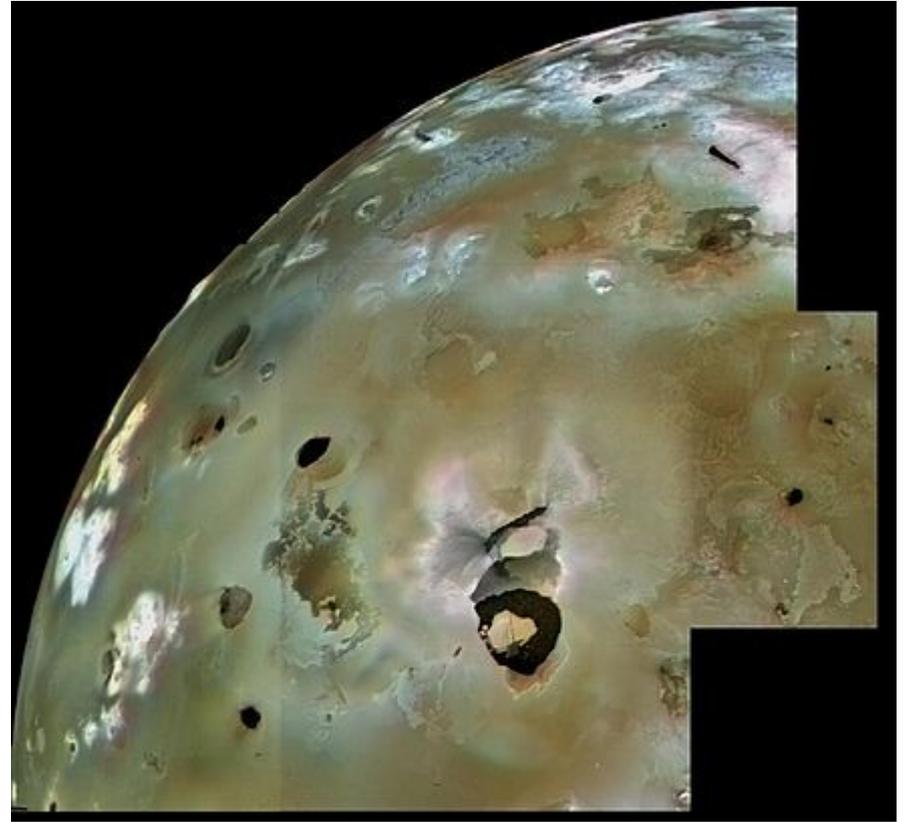
Ио — самое геологически активное тело Солнечной системы, на нём более **400** действующих вулканов

Активность обусловлена периодическим нагревом недр спутника в результате трения, которое происходит из-за приливных гравитационных воздействий со стороны Юпитера, Европы и Ганимеда.

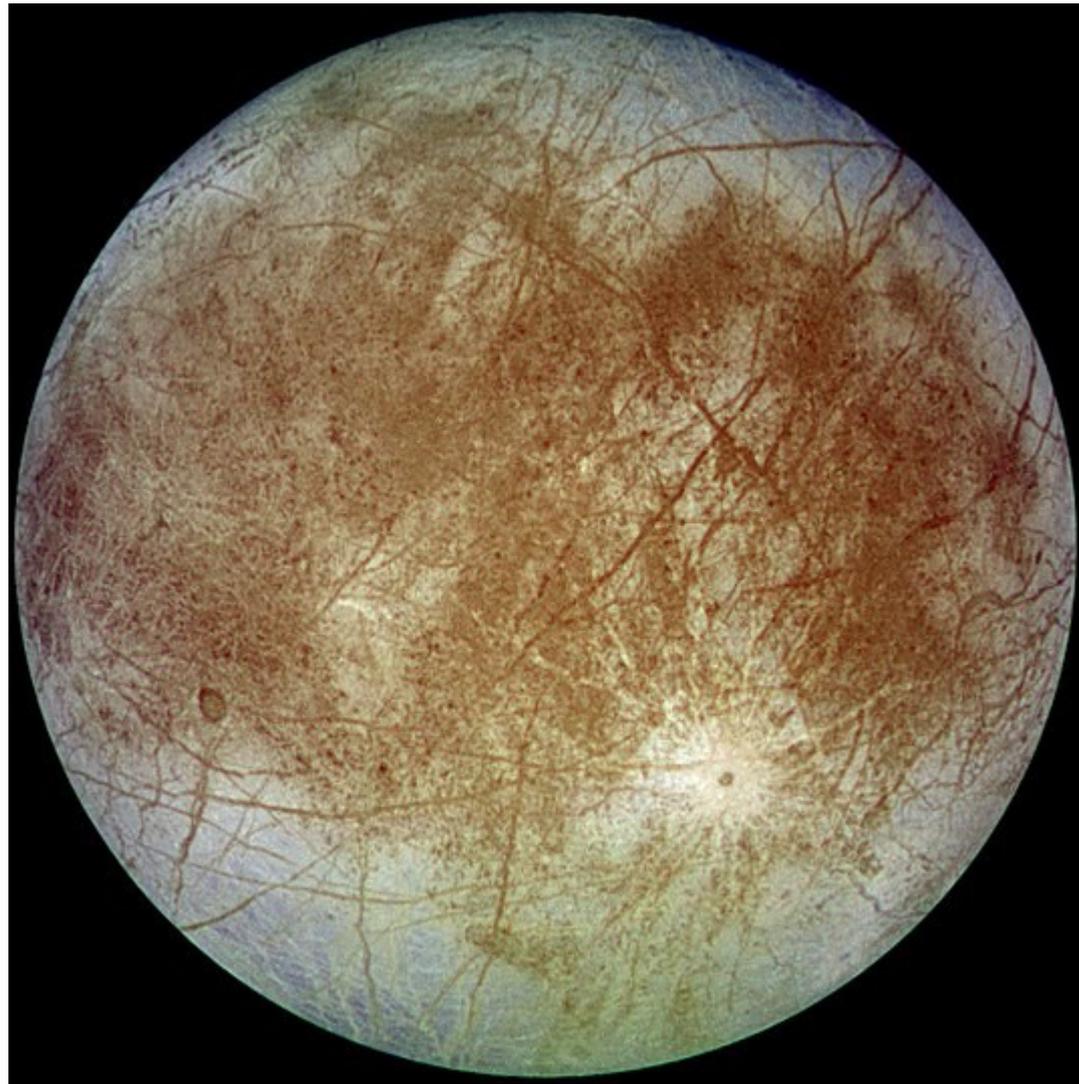
выбросы серы и диоксида серы настолько сильны, что поднимаются на высоту **500** километров

Внизу — патера Локи,
далее на северо-запад —
патера Аматерасу и патера
Дажбога.

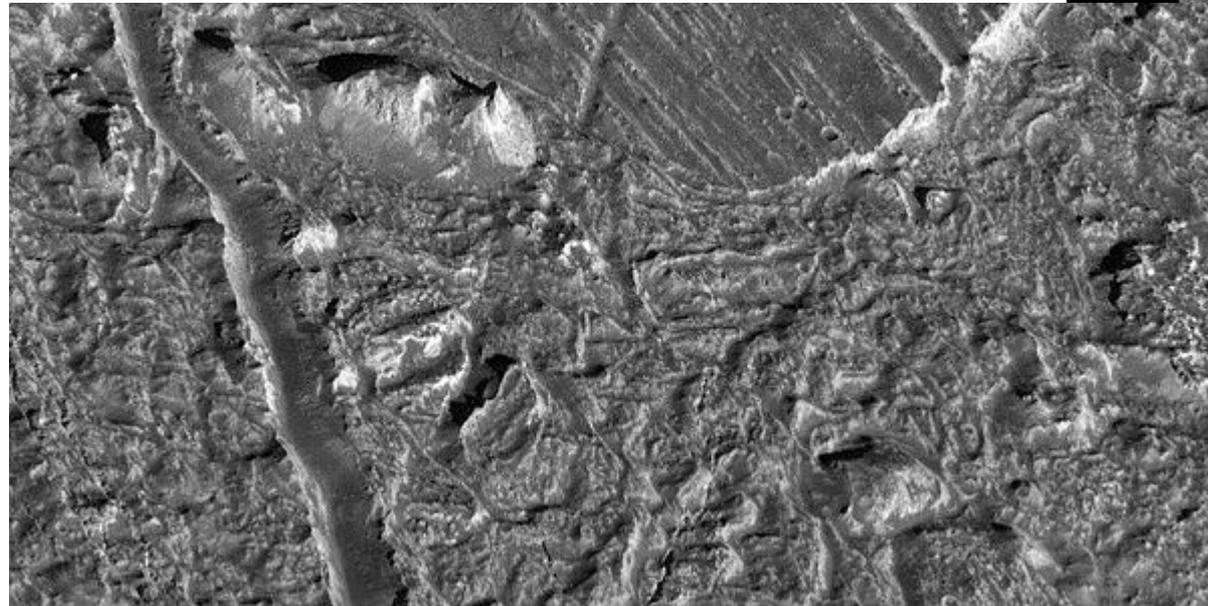
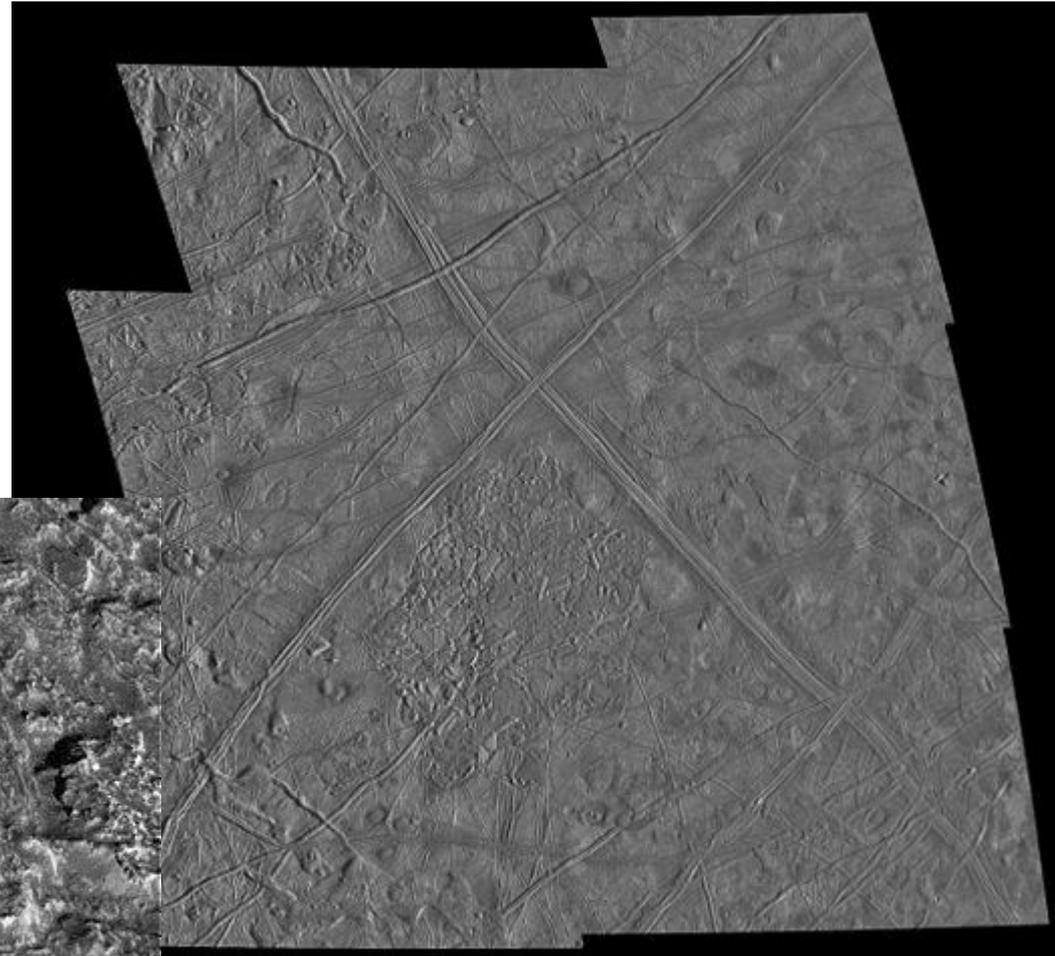
**Мозаика поверхности Ио,
составленная из снимков,
сделанных космическим
аппаратом «Вояджер-1».**



Европа



Поверхность Европы
одна из самых ровных
в Солнечной системе

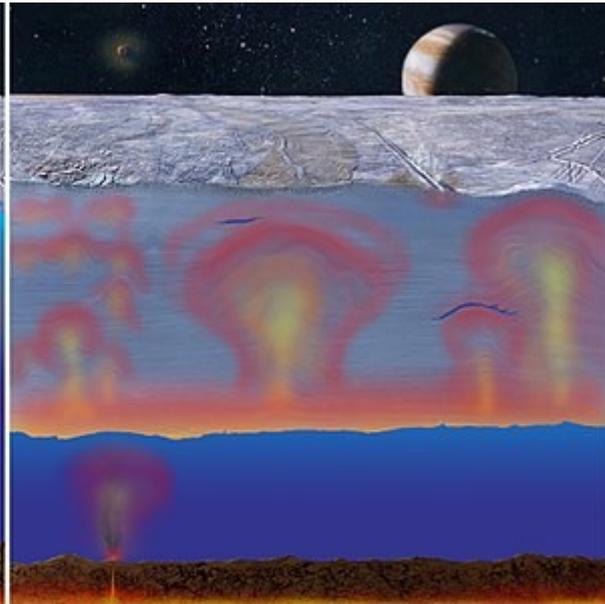
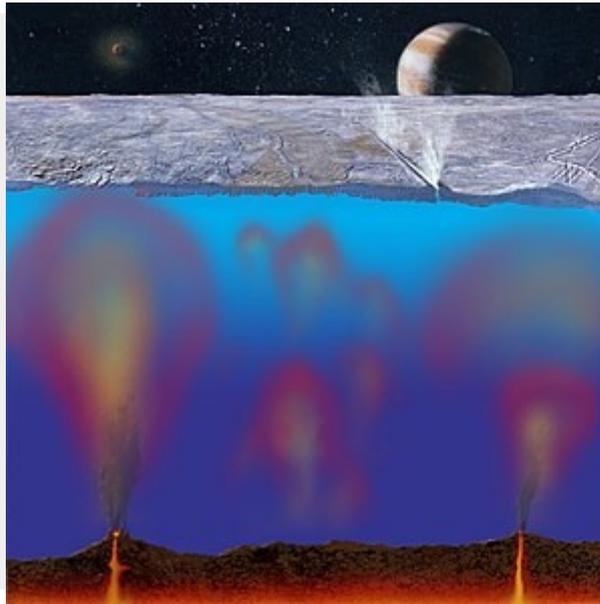


Линии на поверхности
Европы.

«Галилео»



Две модели
криовулканизма на
Европе,
в зависимости от
толщины слоя океана



На поверхности тёмные «веснушки» — выпуклые и вогнутые образования, которые могли сформироваться в результате процессов, аналогичным лавовым излияниям

(под действием внутренних сил «тёплый», мягкий лёд движается от нижней части поверхностной коры вверх, а холодный лёд оседает, погружаясь вниз;

это ещё одно из доказательств присутствия жидкого, тёплого океана под поверхностью).



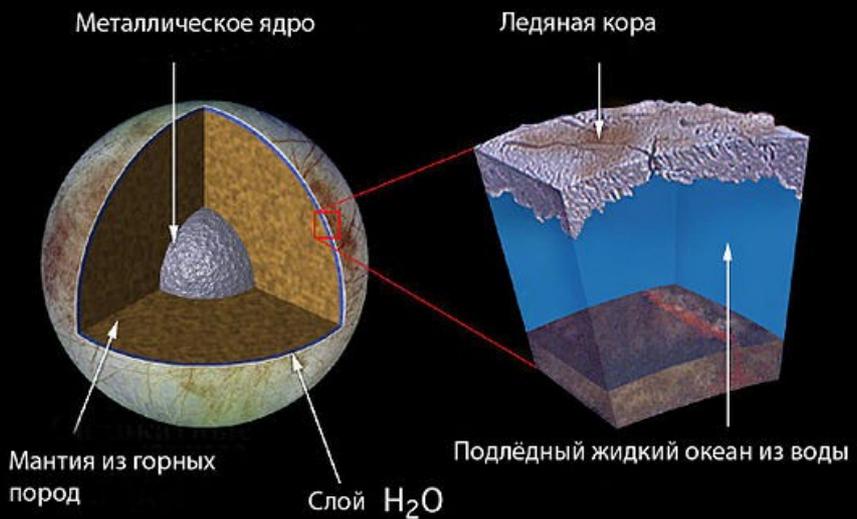
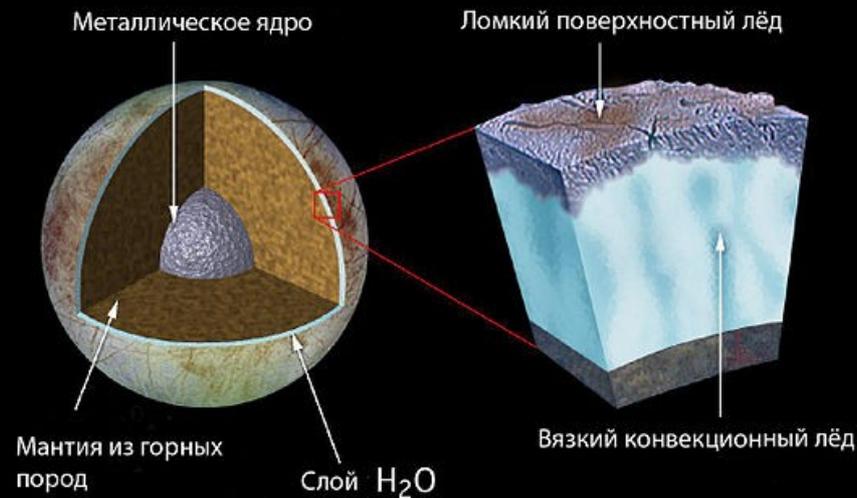
Участок Коннемарского хаоса с «вмороженными льдинами» в искусственно усиленных цветах, на котором, вероятно, видны свидетельства возможного полного расплавления участков поверхности в прошлом.

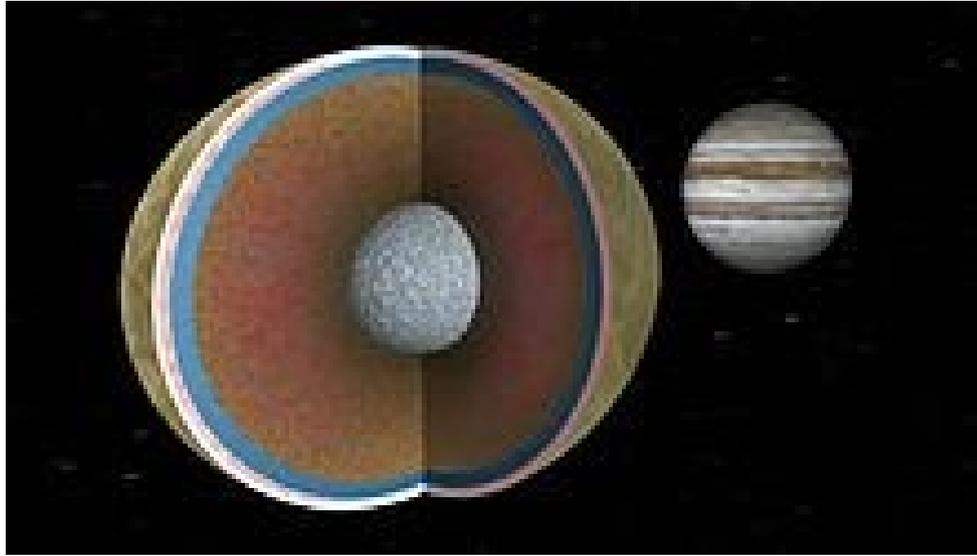


Видно, что льдины когда-то были единым целым, но затем разошлись и развернулись.

Белые области — лучеобразные выбросы от ударного кратера Пуйл

Две возможные модели внутреннего строения Европы





В наше время Европа рассматривается в качестве одного из основных мест в Солнечной системе, где возможна внеземная жизнь.

Жизнь может существовать в подповерхностном океане, в окружающей среде, вероятно, похожей на земные глубоководные гидротермальные источники или антарктическое озеро Восток.

В настоящее время **не обнаружено никаких признаков существования жизни на Европе**, но вероятное присутствие жидкой воды побуждает отправлять туда для более пристального изучения исследовательские экспедиции].

«Мы потратили немало времени и усилий, пытаясь понять, был ли Марс когда-то обитаем. Возможно, сегодня Европа обладает наиболее пригодной для жизни окружающей средой. Мы должны подтвердить это..., но у Европы, вероятно, есть все компоненты для жизни... и не только четыре миллиарда лет назад..., но и сегодня.»

2006 г

*Роберт Т. Паппалардо, старший преподаватель
Лаборатории атмосферы и космической физики
(LASP) Колорадского университета в Боулдере.*

Ганимед

седьмой по расстоянию от него среди всех его спутников и **крупнейший спутник** в Солнечной системе.



Изображение противоположного полушария Ганимеда.

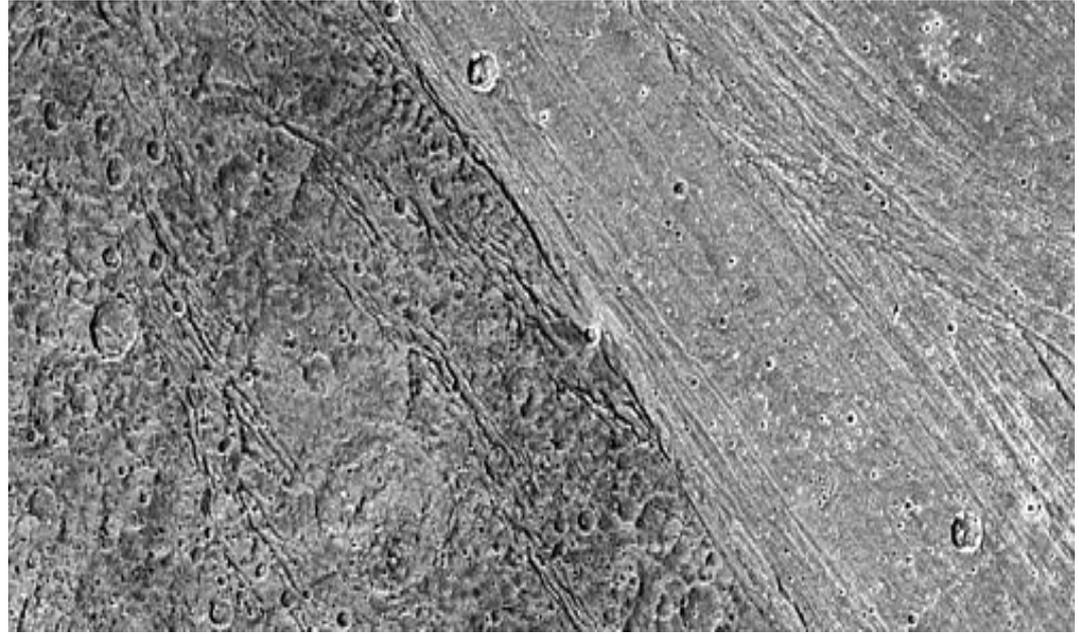
Светлые поверхности, следы недавних ударных столкновений, избороздённая поверхность и белая северная полярная шапка (в верхнем правом углу изображения) богаты водяным льдом.

КА «Галилео»



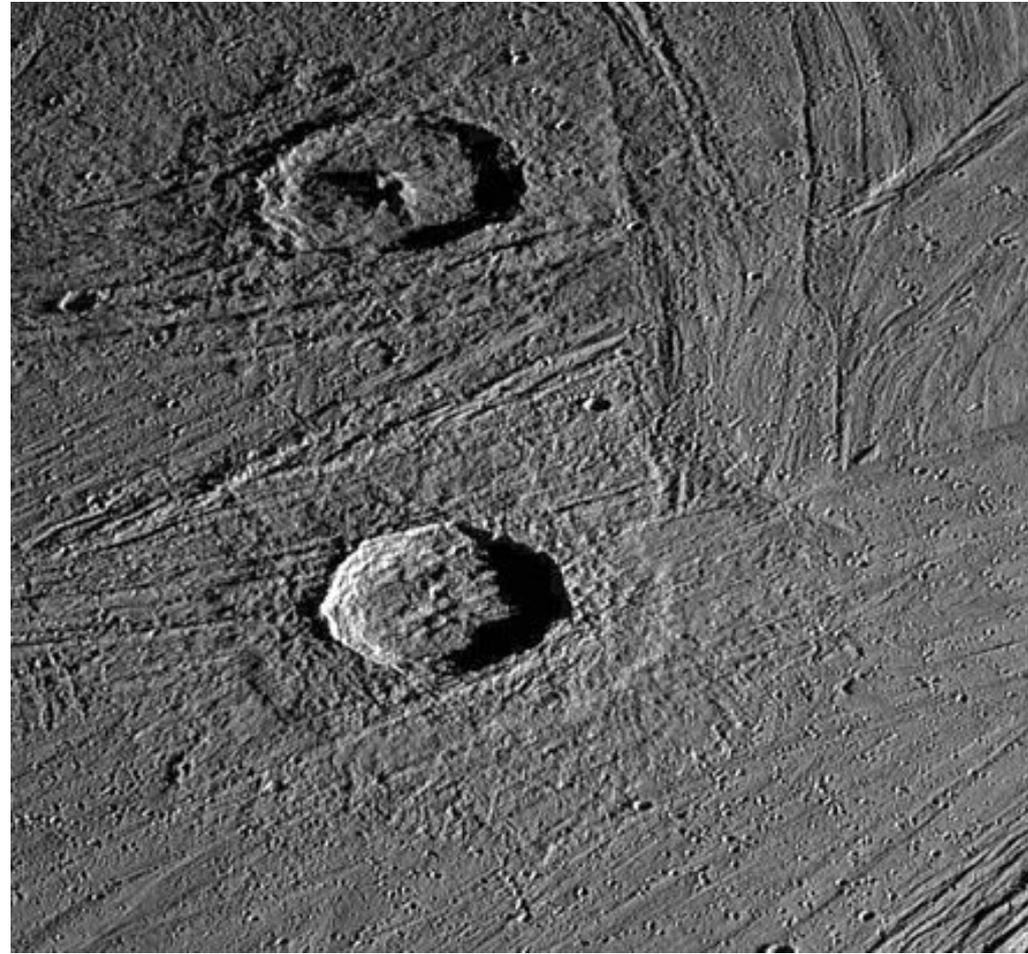
Резкая граница между
древним тёмным
ландшафтом области
Николсона

и юной яркой
рытвиной Арпагии



Кратеры Гула и Ахелой
(ниже).

У каждого виден «вал»
и «пьедестал» из
выбросов



Полярная шапка

Гексагональный лед (1_h)

Солёный океан

Тетрагональный лед
(VI)

Каменная
мантия

Железо и ядро
сульфида
железа (жидкое)

Железное ядро
(твёрдое)

Ганимед

пласты в масштабе

Кратер

Светлая поверхность

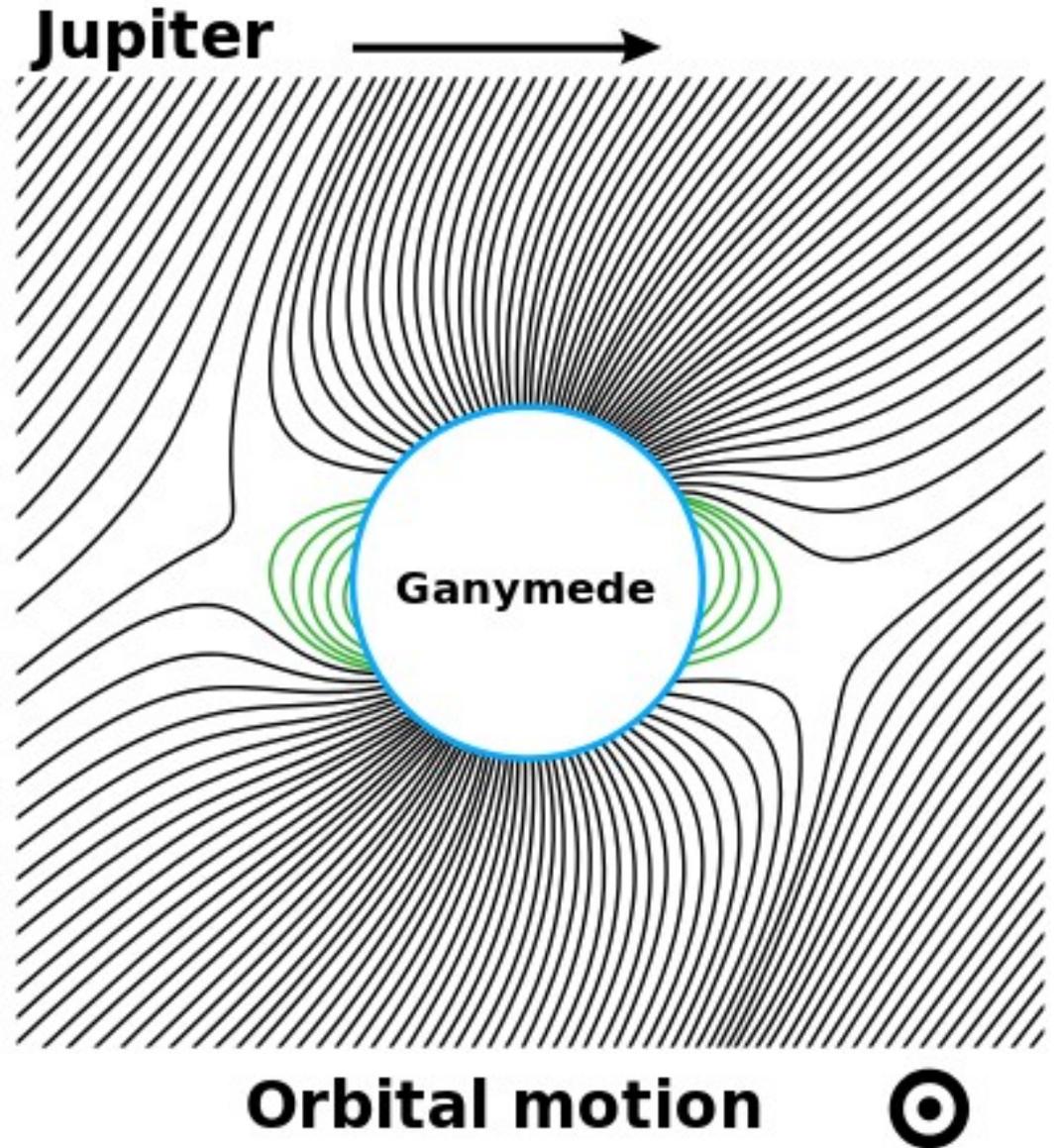
Тёмная поверхность

Борозды



Магнитное поле
Ганимеда в поле
Юпитера.

Замкнутые силовые
линии отмечены
зелёным цветом



Калисто

Сильно кратерированное
противоюпитерианское
полушарие Калисто.

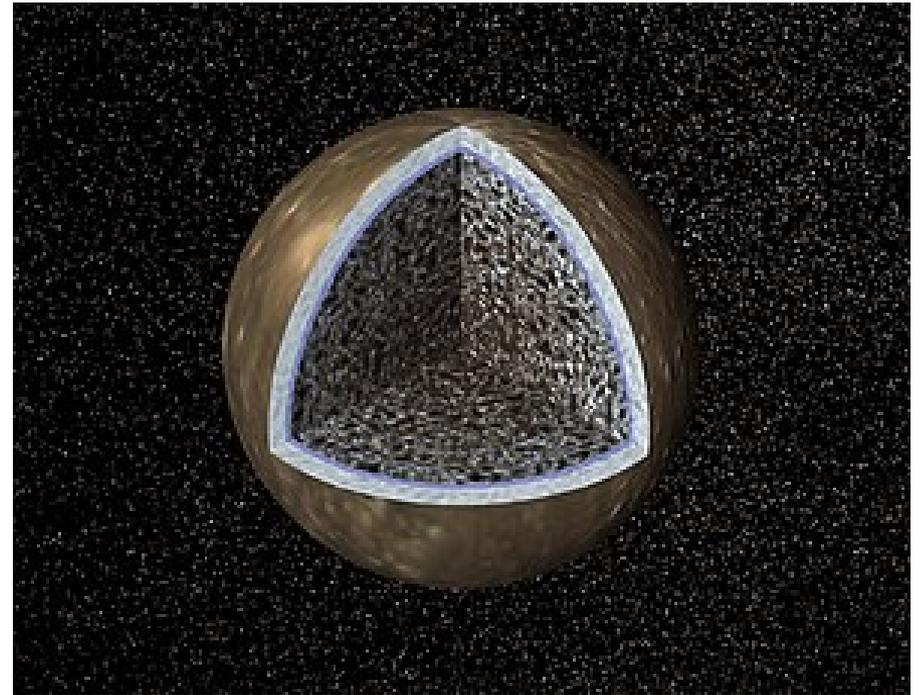
В верхнем правом углу
изображения виднеется
большая ударная структура
Асгард, кратер с
радиальными лучами ниже
и правее центра
называется Брен

2001

КА НАСА «Галилео».

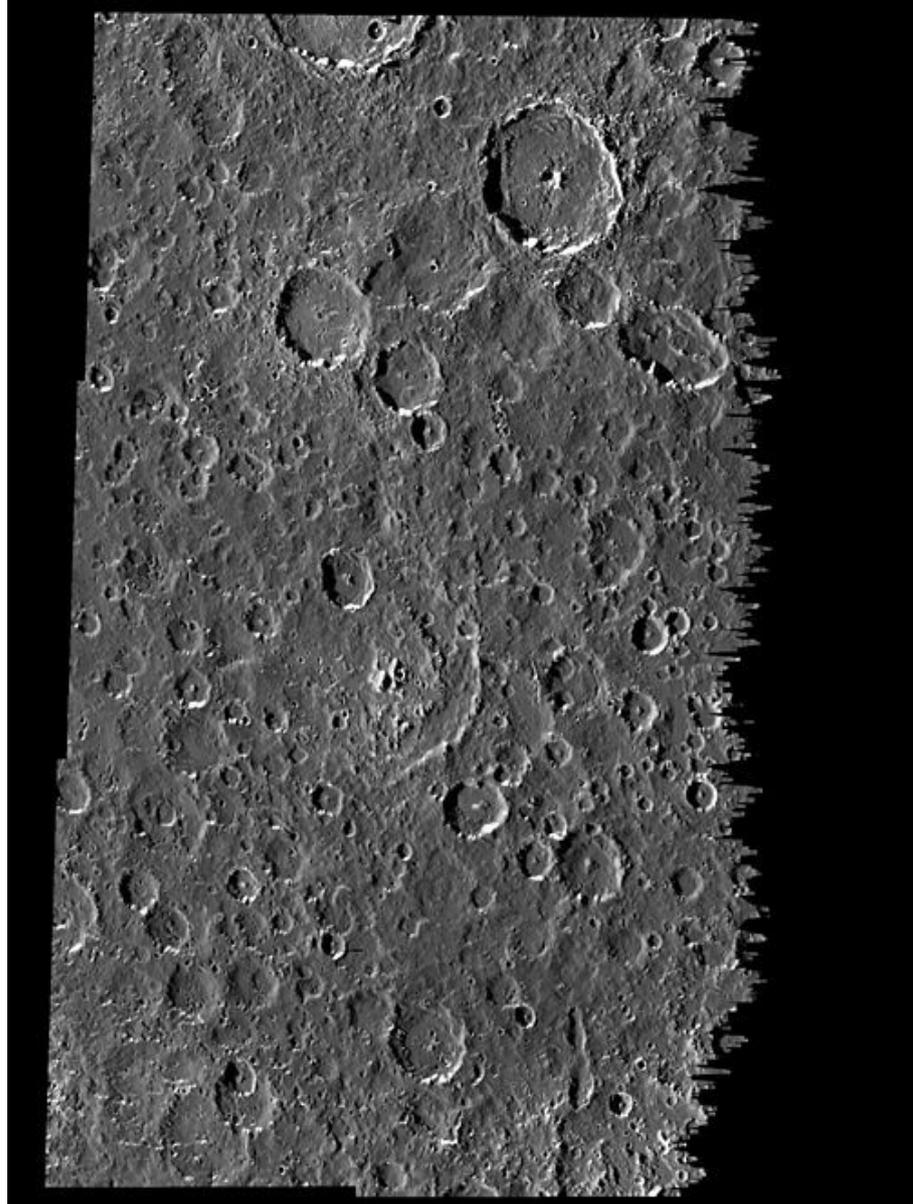


Модель внутреннего строения Каллисто.
Показаны ледяная кора, возможный водный океан и ядро из льдов и камней

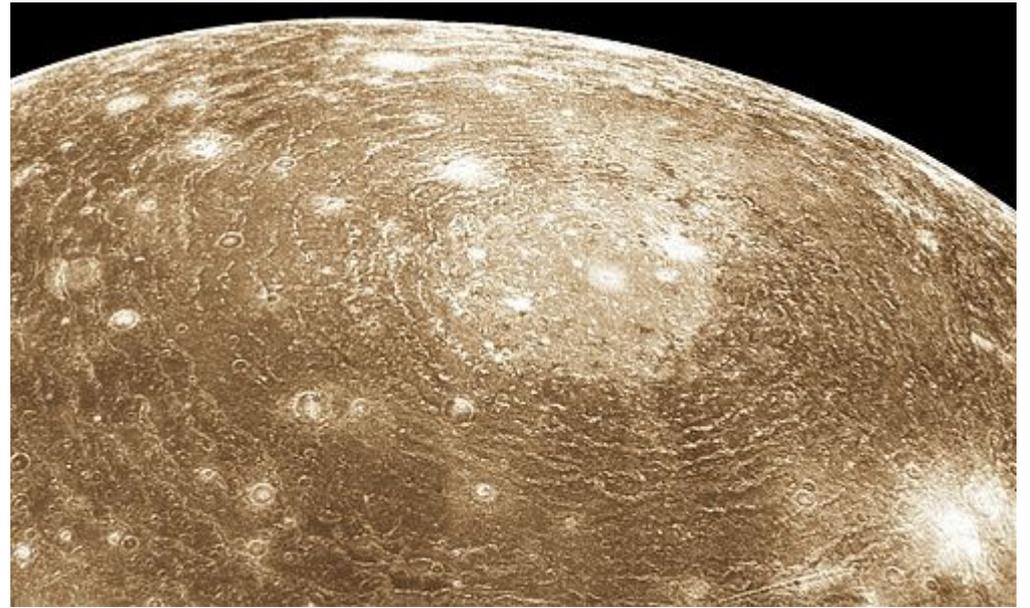


Кратерированные равнины
с выраженным локальным
выравниванием
поверхности спутника.

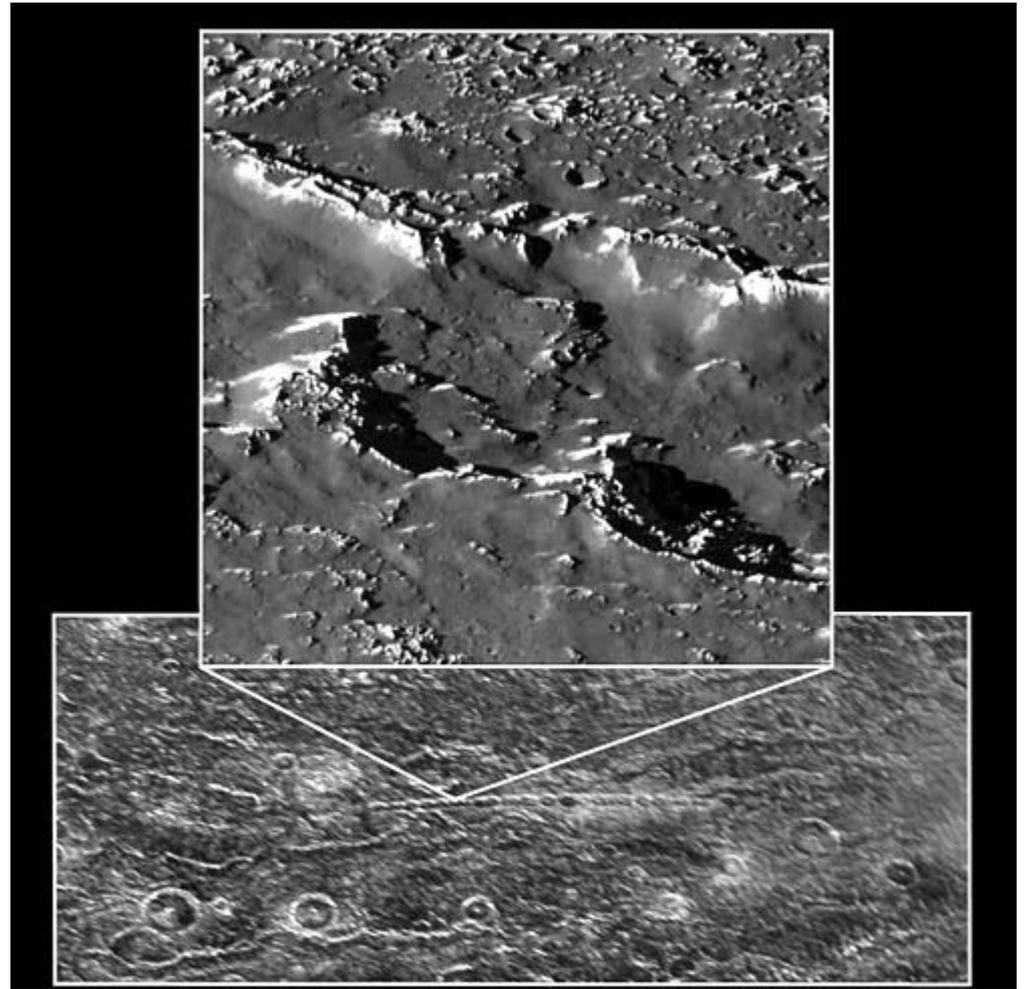
КА «Галилео»



Изображение
Вальгаллы,
многокольцевой
астроблемы с
диаметром 3800 км
КА Вояджер-1



Цепочка Гомул
и её увеличенный
фрагмент



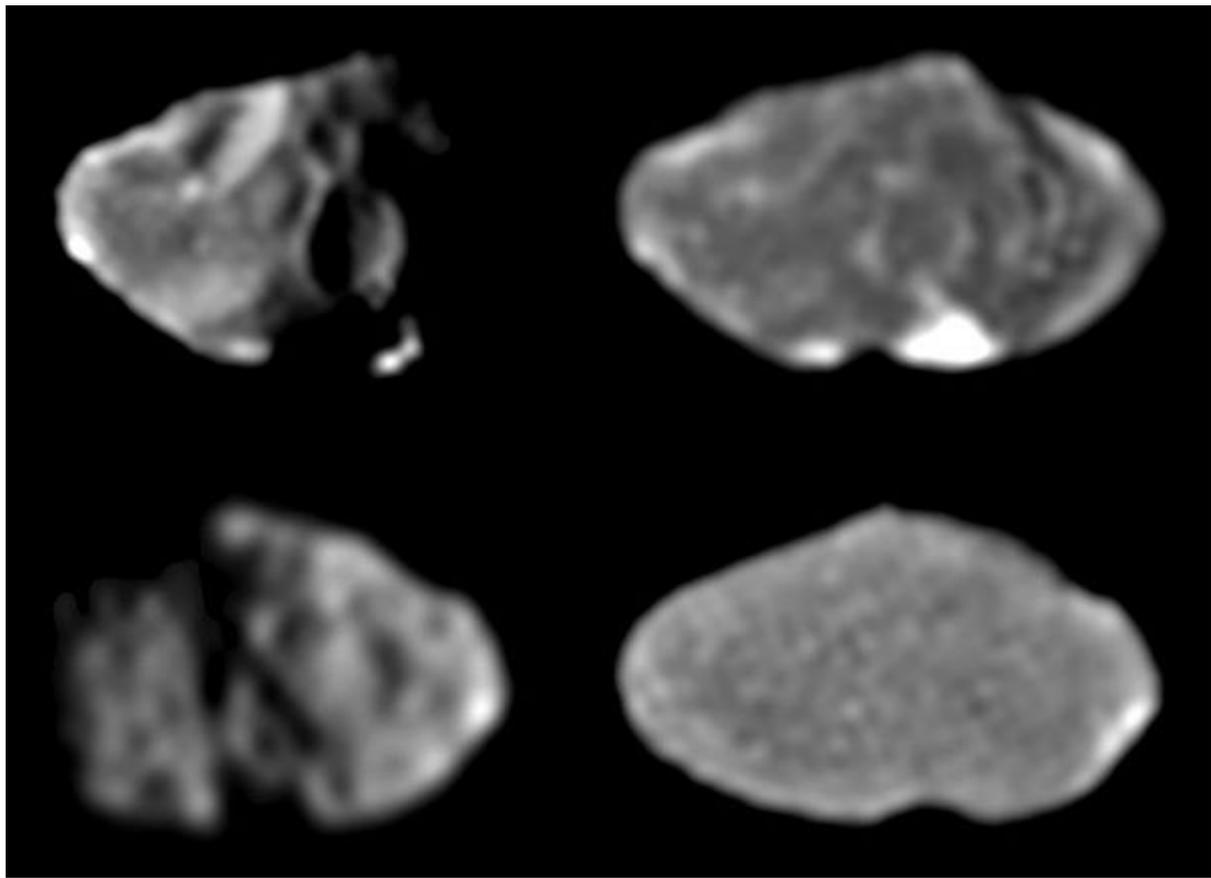
Два оползня
длиной 3—3,5 км
в правой части
двух крупных кратеров.



Амальтея — один из внутренних спутников Юпитера.

Пятый по размеру (уступает только галилеевым)

и третий по удалённости от Юпитера среди всех его спутников.



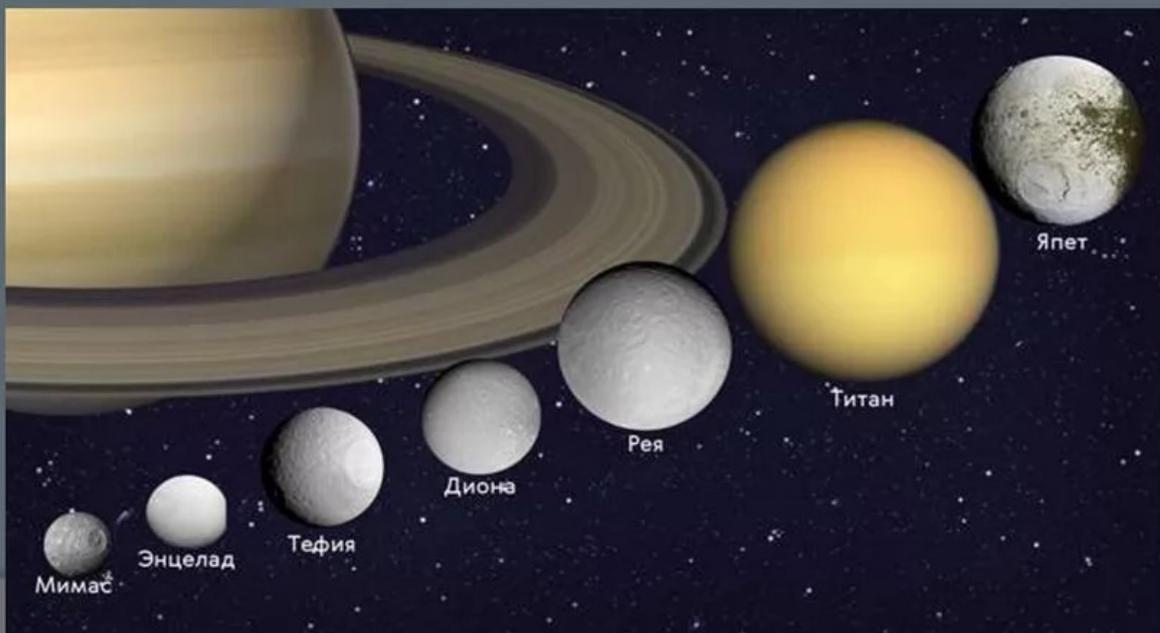
Чёрно-белые снимки с борта «Галилео» (1997).
Сверху — ведущая сторона,
снизу — ведомая

Сатурн

62 спутника

Внешние – Титан, Япет, Рея, Гиперон

Внутренние – Диона, Тефия, Мимас, Энцелад



Титан (1655)

Япет (1671)

Рея (1672) кольца

Тефия (1684)

Диона (1684)

Энцелад (1789)

Мимас (1789)

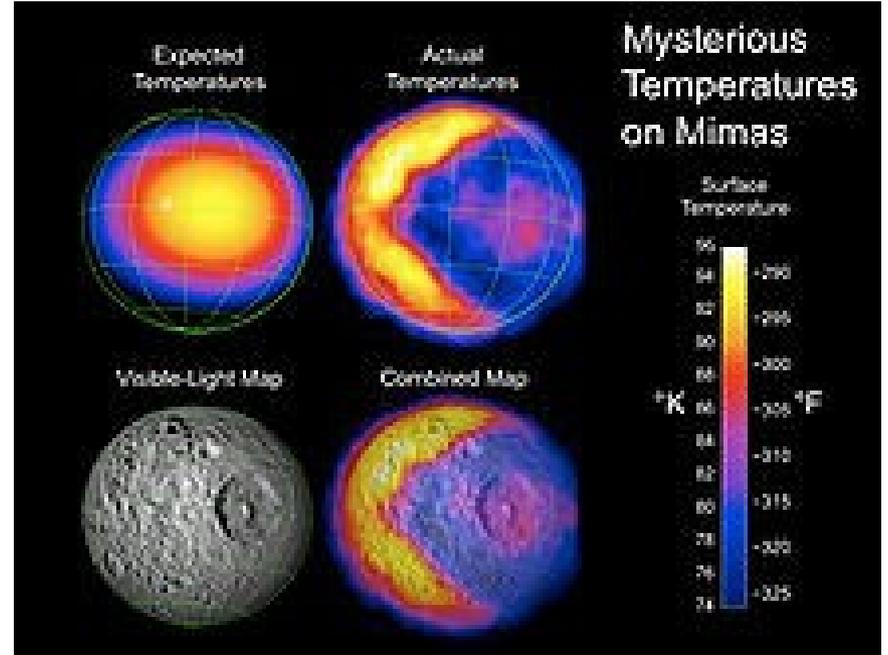
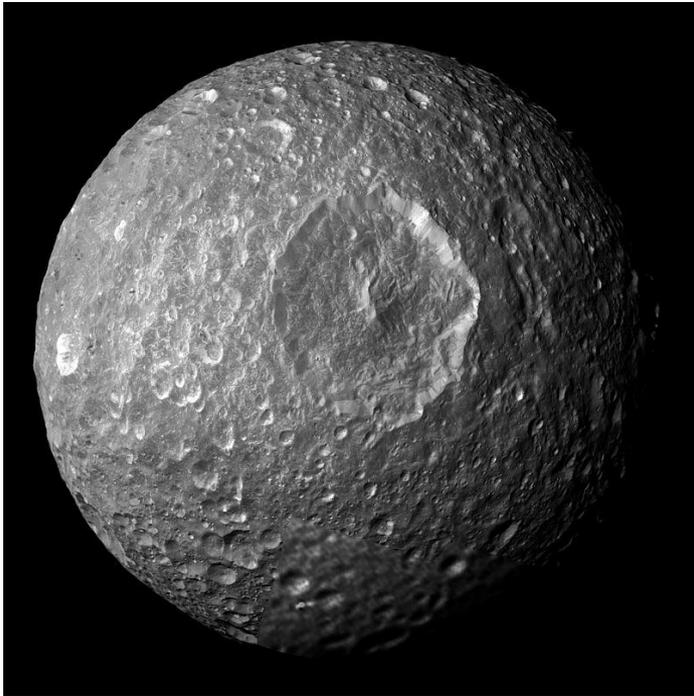
Гиперион (1848)

Феба (1898)

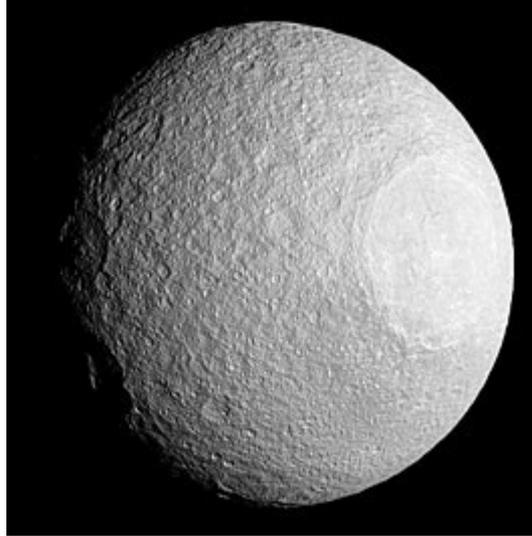
Янус (1966)

Эпиметей (1966)

Мимас



Тефия



Ударный кратер **Одиссей** диаметром 450 км ($\frac{2}{5}$ диаметра Тефии).

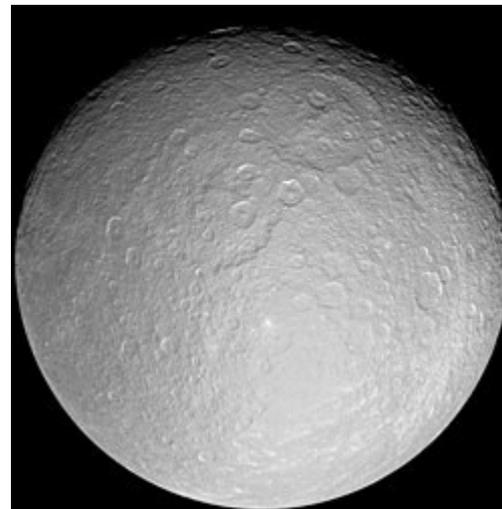
Кольцевой вал Одиссея возвышается на 5 км над уровнем поверхности Тефии, его дно лежит на 3 км ниже.

Каньон Итака. Длина — более 2000 км ($\frac{3}{4}$ длины окружности Тефии), средняя глубина — 3 км, а ширина кое-где превышает 100 км. Занимает около 10 % поверхности спутника.

Диона

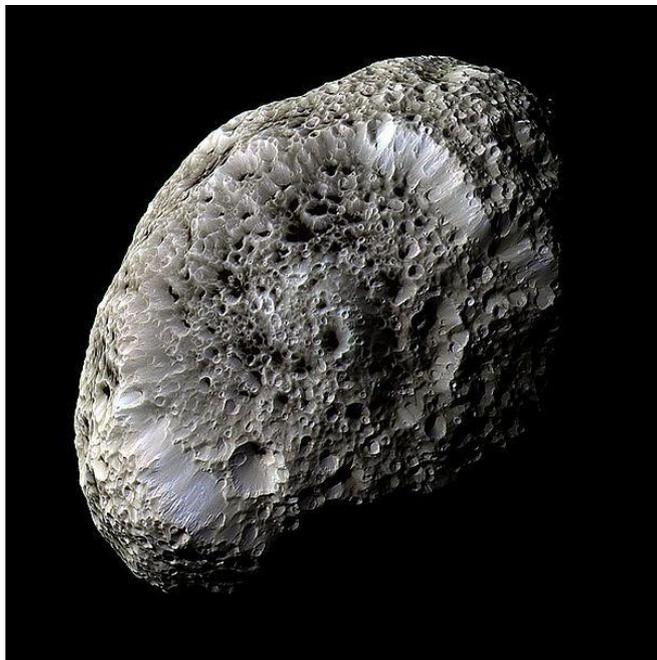


Рея



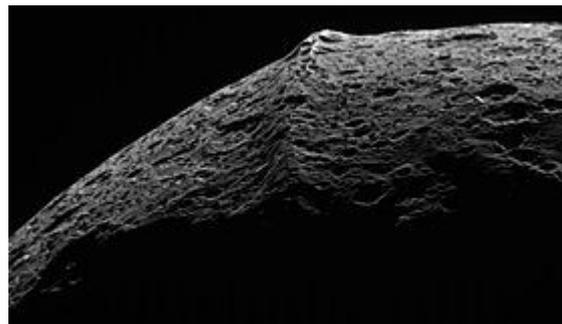
Возможна
система колец

Гиперион



Зазубренные очертания поверхности — это следы катастрофических столкновений

Япет



Справедливо для
всех синхронных
спутников.

Центры светлой и
тёмной областей
очень точно
совпадают с
центрами ведомого
и ведущего
полушарий
соответственно

Стена Япета — ряд
горных хребтов и
отдельных вершин,
который тянется
вдоль его экватора
высота до 13км,
Ширина до 20км
длина 1300км.

Гипотеза:

горы
сформировались в
результате
опадения на
поверхность
спутника его кольца

Феба

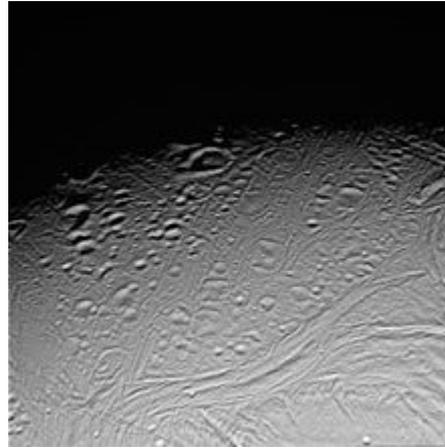
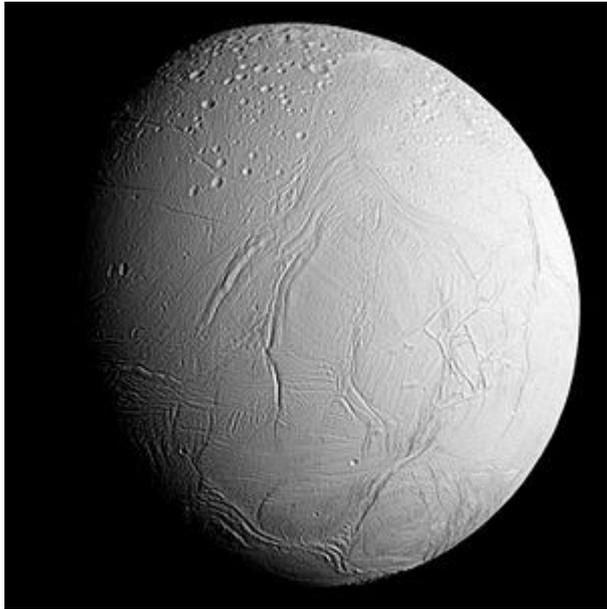


Нерегулярна.

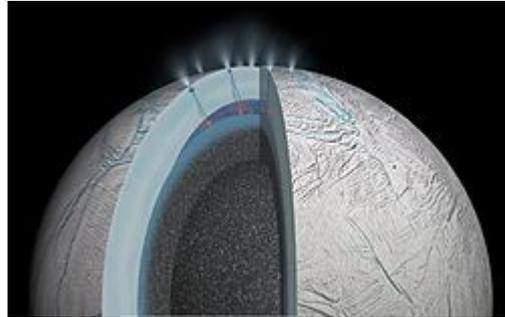
Вращается в обратном направлении по довольно вытянутой, наклонной орбите.

Предположительно образовалась в поясе Койпера и была захвачена притяжением Сатурна

Энцелад

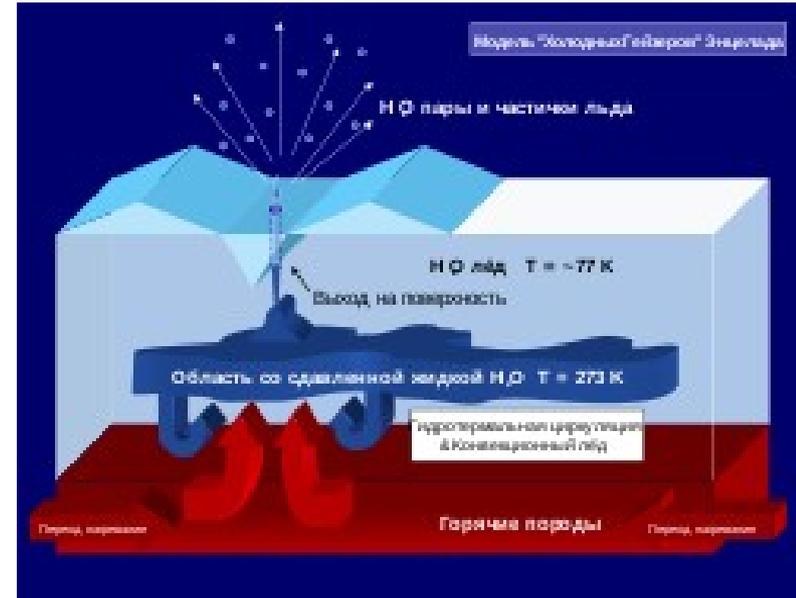


Энцелад



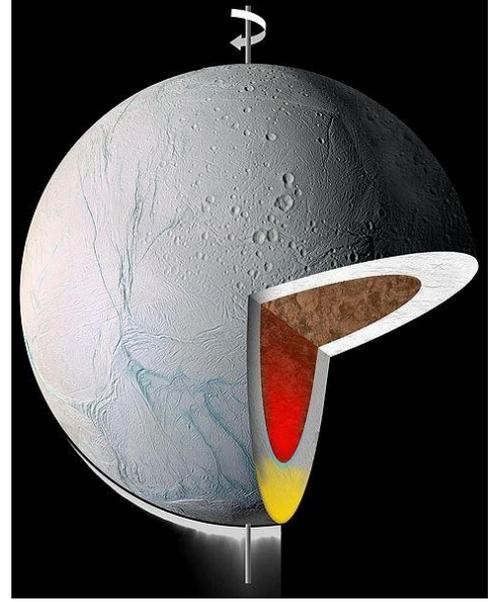
Струи вещества, бьющие из-под поверхности Энцелада на высоту 250 км из «тигровых полос»

«Кассини» 2005



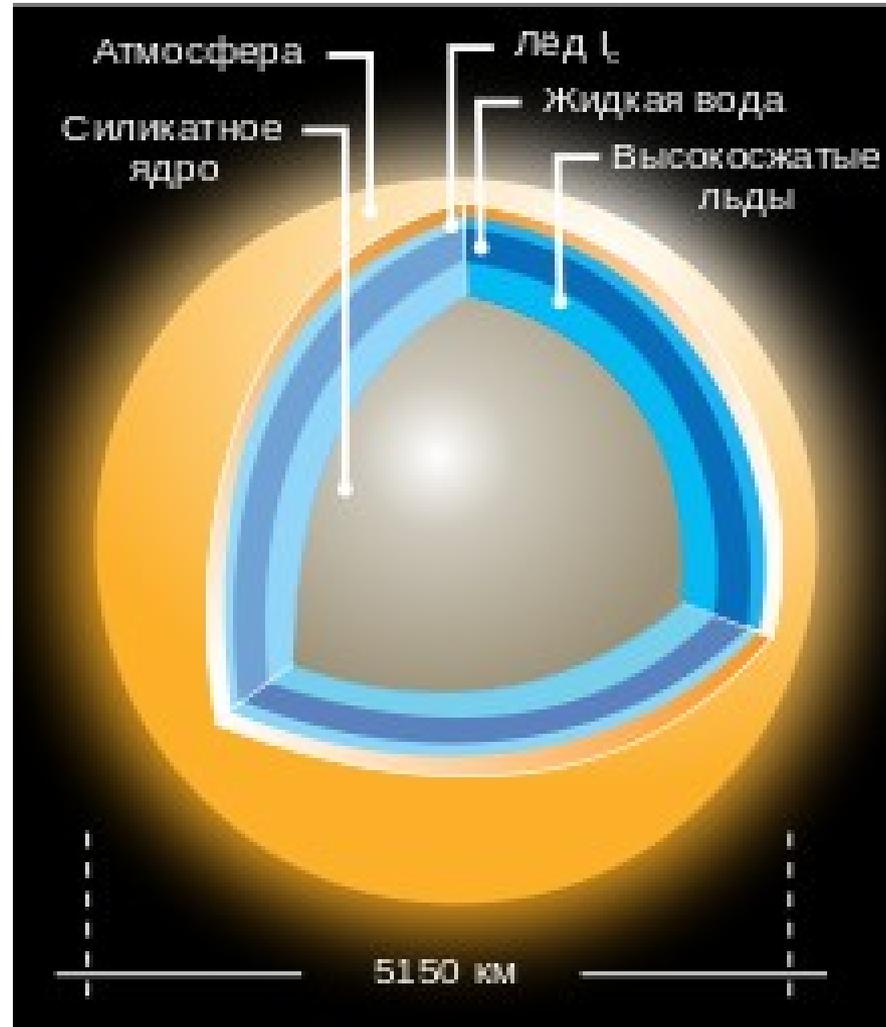
Одна из возможных схем криовулканизма на Энцеладе.

Энцелад

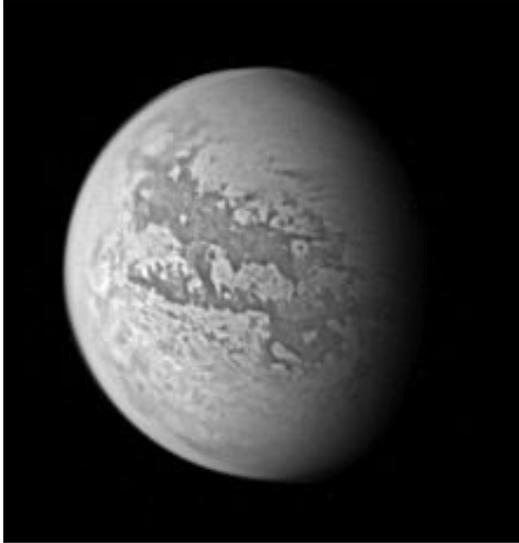


Внутренняя структура Энцелада: модель на основе последних данных «Кассини». Коричневым обозначено силикатное ядро, белым — мантия, богатая водяным льдом. Жёлтое и красное — предполагаемый **диапир** под южным полюсом

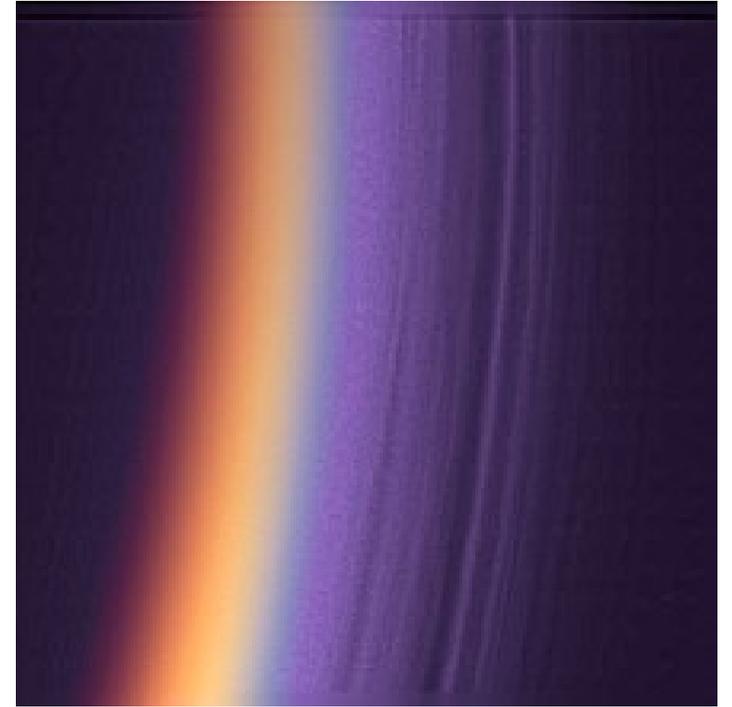
Титан



Титан

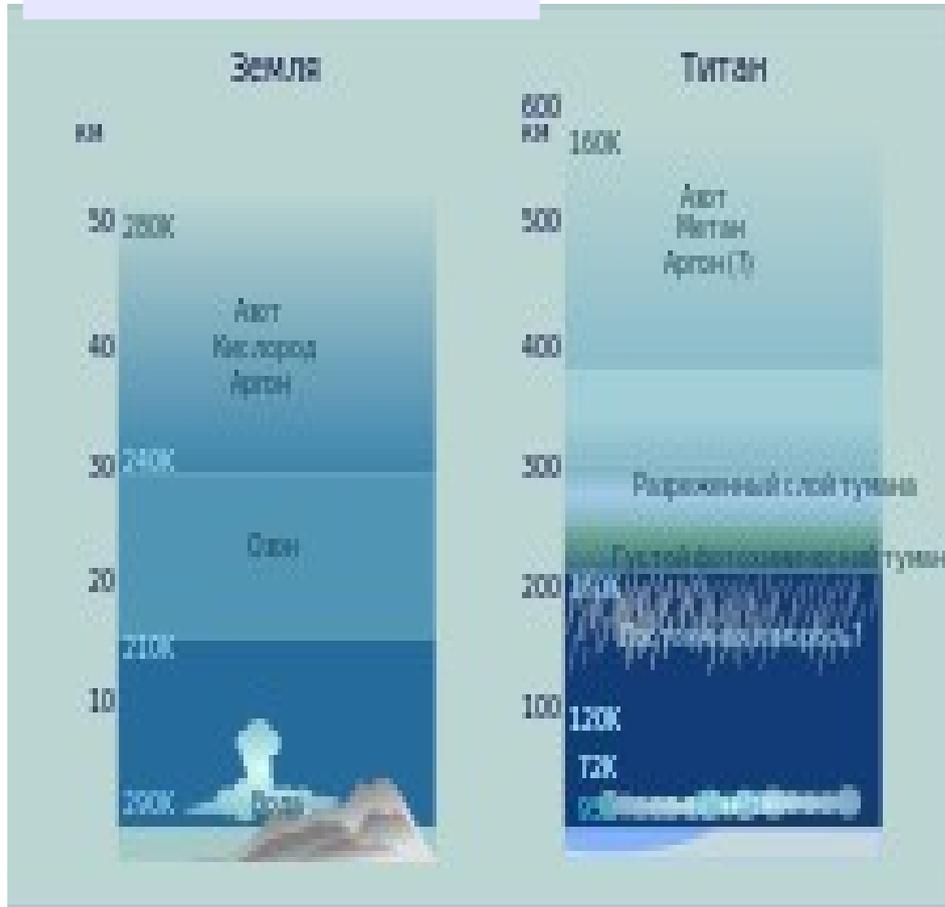


изображение Титана,
составленное из 4
инфракрасных
фотографий,
сделанных «Кассини»



Слоистое строение атмосферы,
«Кассини», 2004 год,
раскрашенное в естественные
цвета изображение

Титан



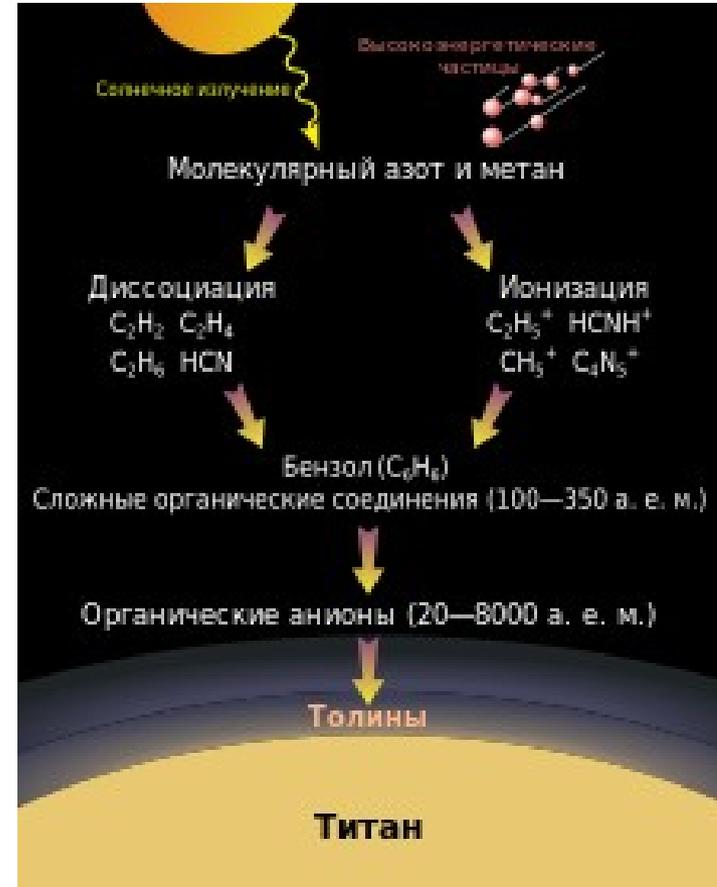
Граница **атмосферы**

Титана в 10 раз выше, чем на Земле

Ионосфера Титана имеет более сложную структуру. Неожиданностью стало существование на Титане второго, нижнего слоя ионосферы, лежащего между 40 и 140 км (максимум электропроводности на высоте 60 км).

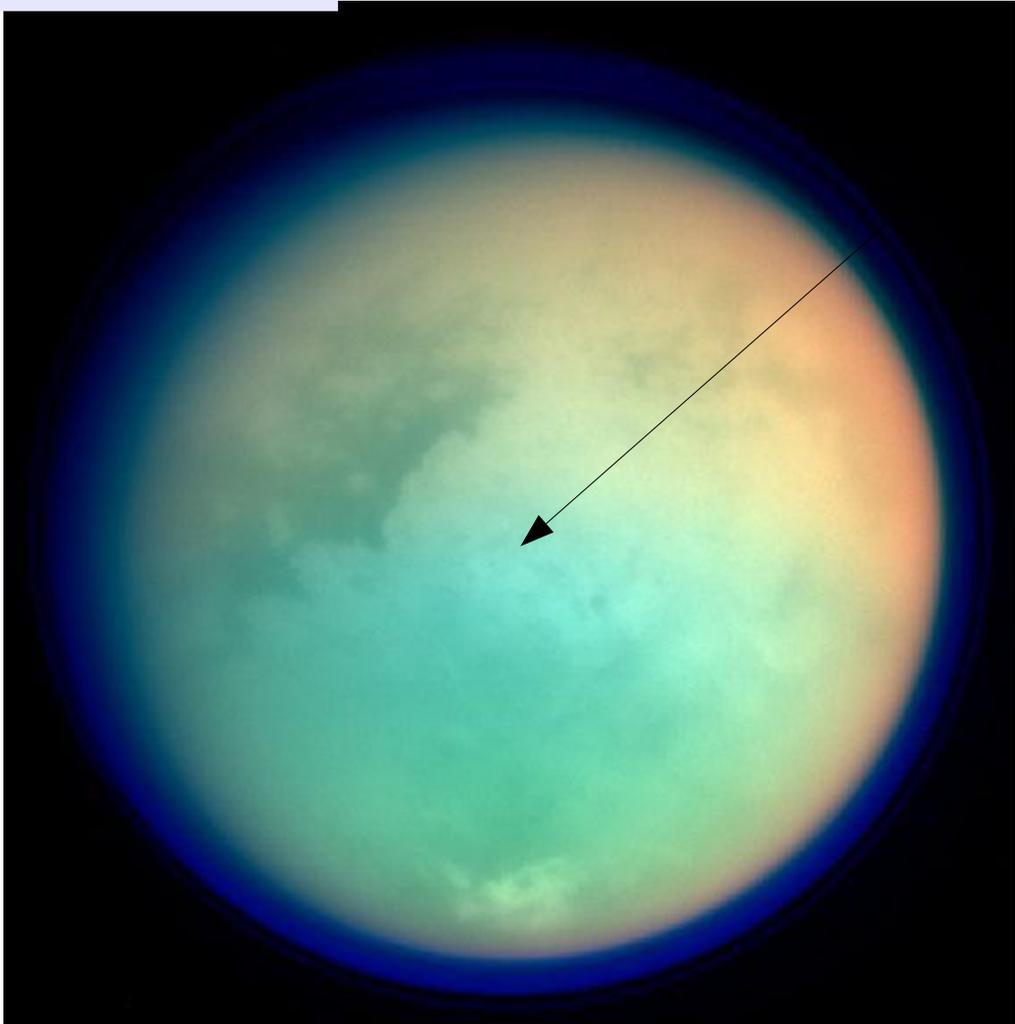
Титан

Образование **толинов** —
сложных
органических молекул с
большой
молекулярной массой в
верхней атмосфере

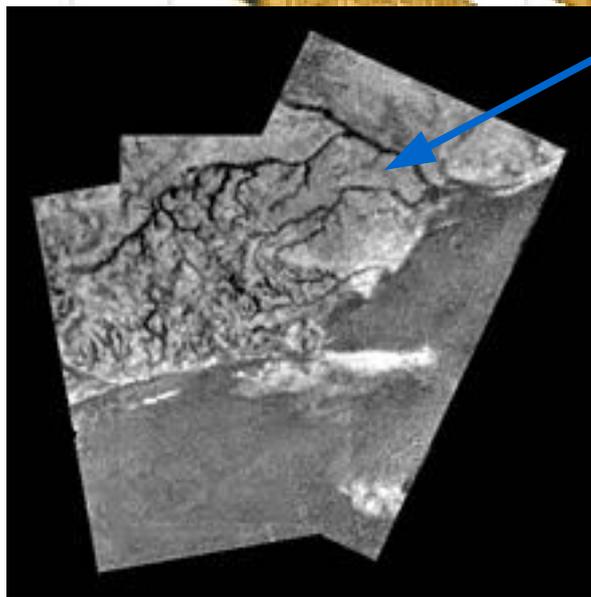
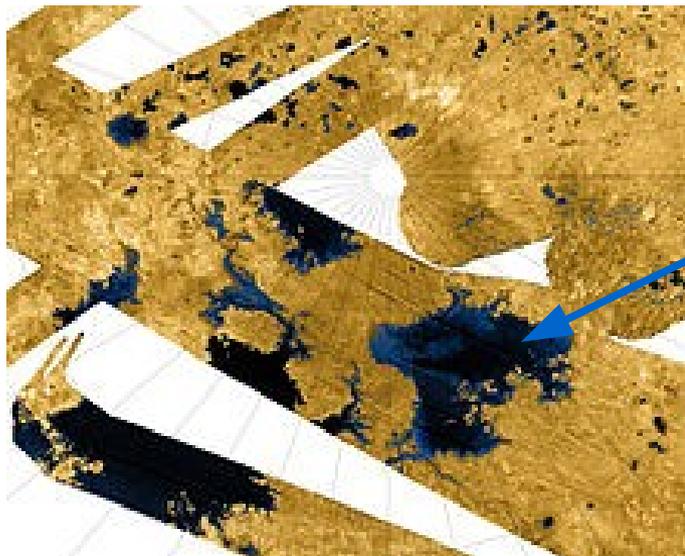


Титан

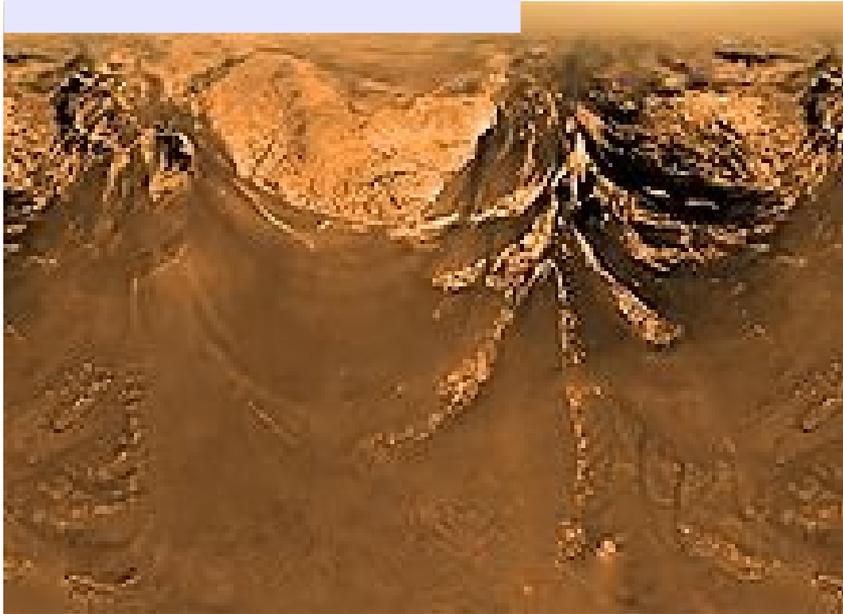
«материк» Ксанаду



Моря и озера и реки на севере Титана



Титан

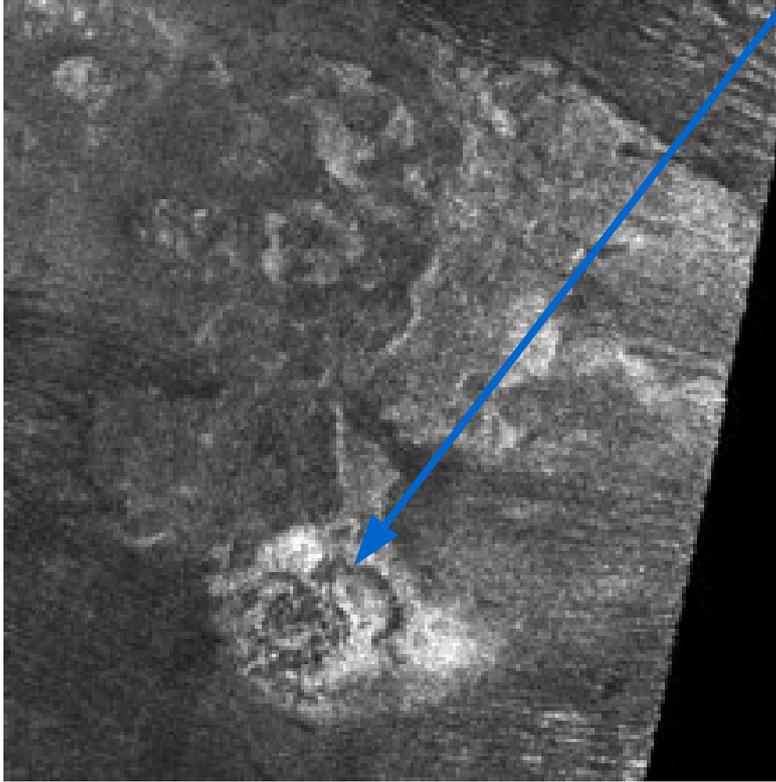


Горная гряда на Титане с высоты 10 км (радиоспектральный снимок с зонда «Гюйгенс»)



Ландшафт Титана в месте посадки зонда «Гюйгенс». Видны камни округлой формы, которые могли образоваться при воздействии жидкости. Метан придаёт атмосфере оранжевую окраску.

Титан



Криовулкан
гора Дум с патерой Сотра и
потокком Мохини

Уран

27 спутников



шесть самых больших спутников. Слева направо: Пак, Миранда, Ариэль, Умбриэль, Титания и Оберон.

Титания (1787)

Оберон (1787)

Ариэль (1851)

Умбриэль (1851)

Миранда (1948)

Пак (1985)

Джувьетта (1986)

Порция (1986)

Крессида (1986)

Дездемона (1986)

Розалинда (1986)

Белинда (1986)

Корделия (1986)

Офелия (1986)

Бианка (1986)

Калибан (1997)

Сикоракса (1997)

Пердита (1999)

Сетебос (1999)

Стефано (1999)

Просперо (1999)

Тринкуло (2001)

Фердинанд (2001)

Франциско (2001)

Маб (2003)

Купидон (2003)

Маргарита (2003)

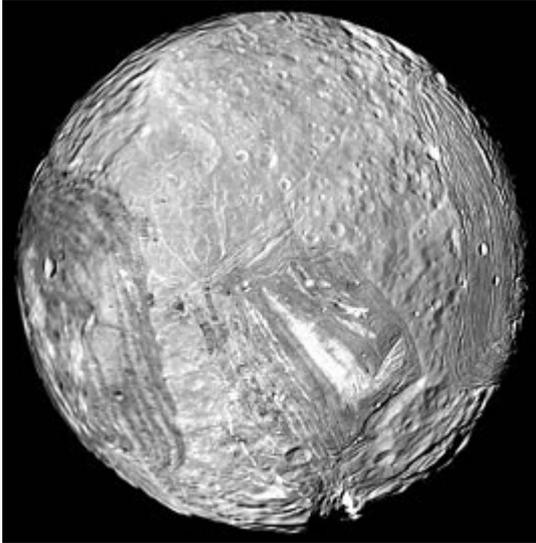
На четырёх из них замечены признаки внутренней и внешней активности, такие, как формирование каньонов и предполагаемый вулканизм.

Состоят из каменного ядра и ледяной оболочки. Составляющими льда могут быть аммиак и углекислый газ.

Имевшие место в прошлом резонансы 3:1 между Мирандой и Умбриэлем и 4:1 между Ариэлем и Титанией ответственны за нагрев, который вызвал существенную эндогенную активность на Миранде и Ариэле.

Титания и Оберон могут иметь океан из жидкой воды на границе ядра и мантии.

Миранда



Сезонные циклы
Большое
разнообразие форм
рельефа

Ушла из резонанса

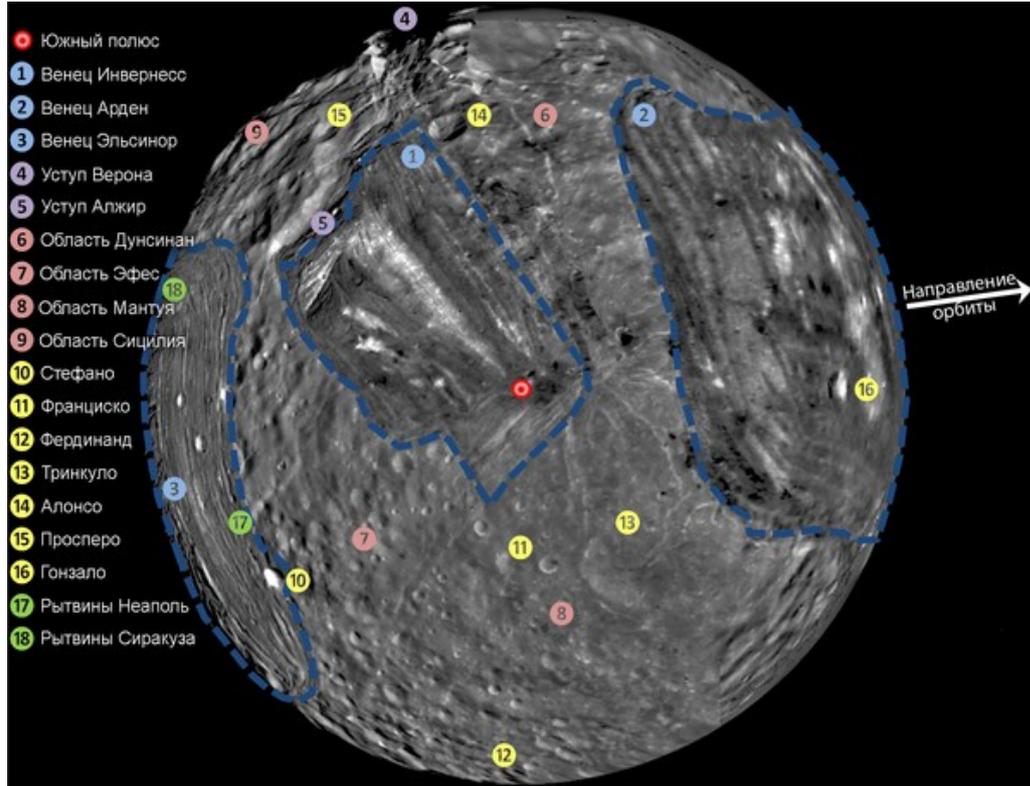
Миранда

Большой кратер Алонсо
глубиной 24 км

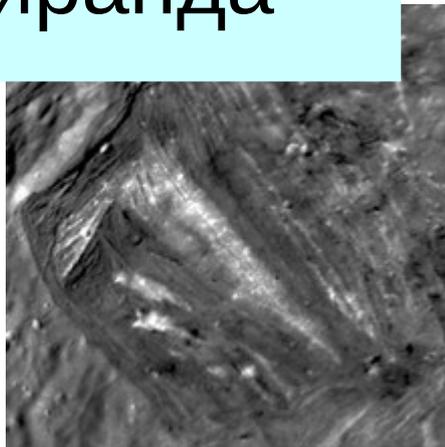
Гипотезы:

Миранда была расколота в результате столкновения с крупным небесным телом, но потом куски снова воссоединились.

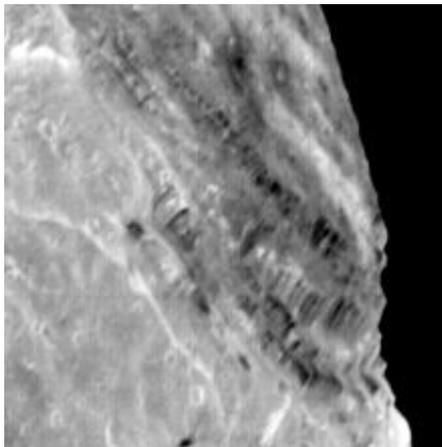
Имел место неравномерный разогрев недр Миранды.



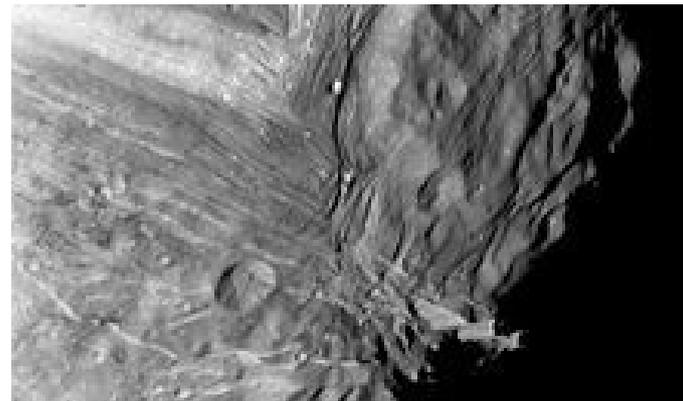
Миранда



Венец Инвернесс со своеобразной белой структурой в центре. Справа вверху видно кратер Алонсо, слева внизу — уступ Алжир

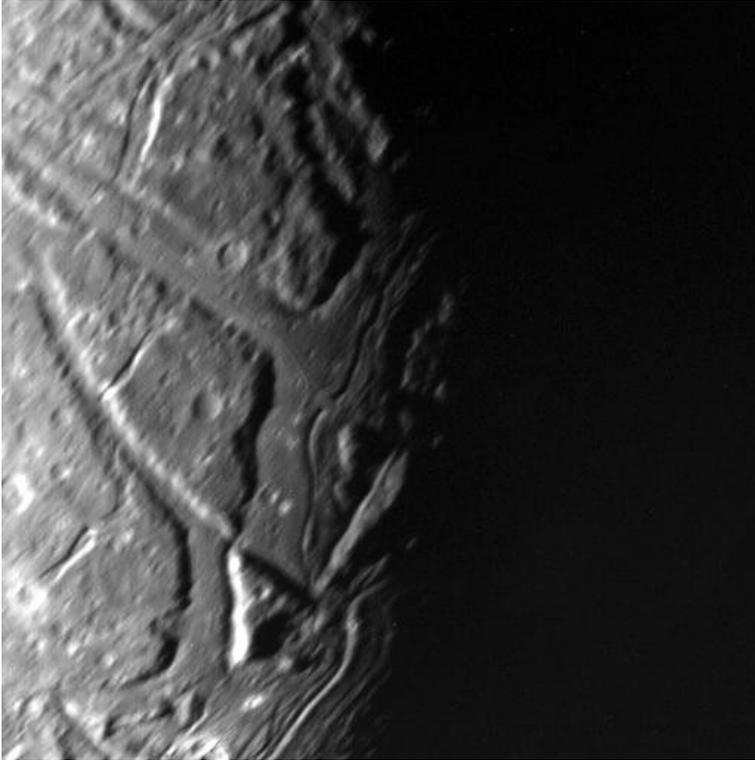


Венец Арден



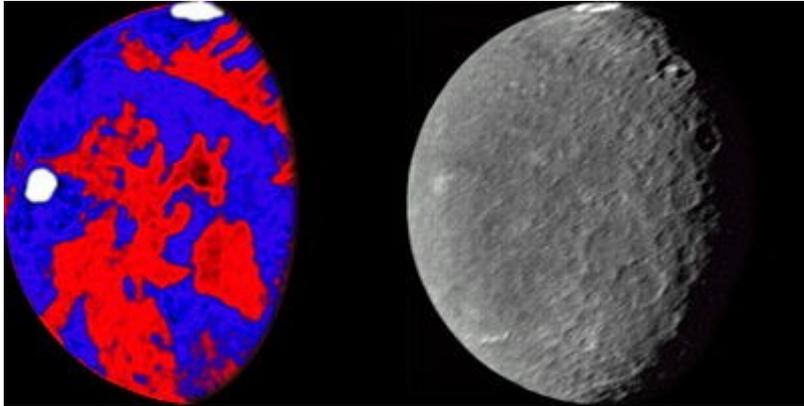
Обрыв высотой 20км

Ариэль



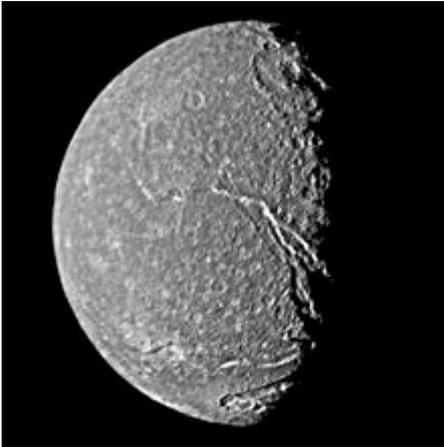
Грабены вблизи терминатора Ариэля. Они залиты гладким материалом, вероятно, вынесенным из недр посредством криовулканизма. По центру самого большого проходит извилистая борозда

Умбриэль



Снимок Умбриэля, на котором выделены участки с разным альбедо. Тёмные области выделены красным цветом, светлые — синим

Титания



Оберон



Нептун

14 спутников



Тритон (1846)

Нереида (1949)

Ларисса (1981)

Протей (1989)

Деспина (1989)

Галатея (1989)

Таласса (1989)

Наяда (1989)

Сао (2002)

Галимеда (2002)

Лаомедея (2002)

Несо (2002)

Псамафа (2003)

Гиппокамп (2013)



Тритон



Протей



Ларисса



Нереида



Галатея



Наяда



Деспина



Таласса

Тритон



Седьмой по величине спутник Солнечной системы и единственный крупный спутник Солнечной системы с ретроградным движением по орбите.

возник в поясе Койпера как отдельное небесное тело и позднее был захвачен Нептуном.

Расчёты показывают, что обычный гравитационный захват был маловероятен.

Гипотезы:

1/ Тритон входил в состав двойной системы, в этом случае вероятность захвата повышается.

2/Тритон затормозился и был захвачен потому, что «задел» верхние слои атмосферы Нептуна.

Возможно, что захват Тритона нарушил систему спутников, уже существовавшую у Нептуна, на что может указывать необычная орбита Нереиды.

Тритон

Приливное воздействие постепенно привело его на орбиту, близкую к окружности, при этом выделялась энергия, расплавлявшая недра спутника. Поверхность застывала быстрее, чем недра, а затем, по мере замерзания и расширения водяного льда внутри спутника, поверхность покрывалась разломами.

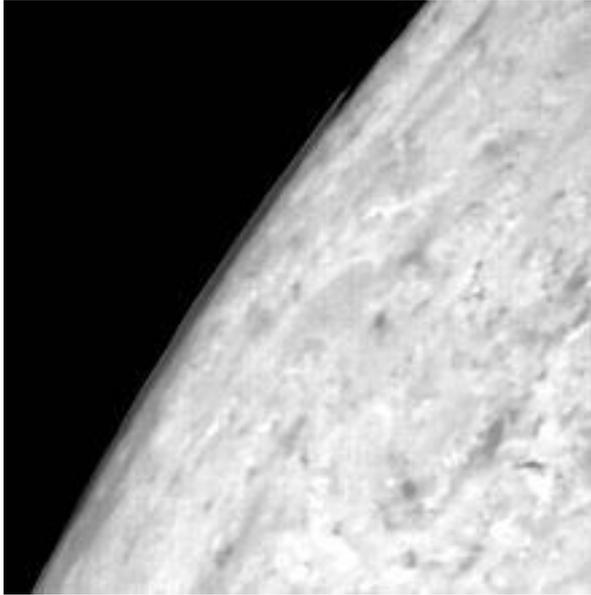
Приливное взаимодействие Нептуна и Тритона разогревает планету, благодаря чему Нептун выделяет больше тепла, чем Уран.

В результате Тритон постепенно приближается к Нептуну;

когда-нибудь разорвёт на части —

в этом случае образовавшееся кольцо вокруг Нептуна будет более мощным, чем кольца Сатурна.

Тритон



Облака над Тритоном,
протяжённостью около
100 км. Снимок Voyager 2

Турбулентность на поверхности Тритона создаёт тропосферу высотой до 8 километров.

Полосы на поверхности Тритона, возникающие благодаря шлейфам гейзеров, позволяют предположить, что на Тритоне существуют сезонные ветра

Тритон



«Замёрзшее озеро»
(справа) с кратером на
его поверхности

Поверхность Тритона покрыта метановым и азотным льдами, поэтому хорошо отражает солнечный свет.

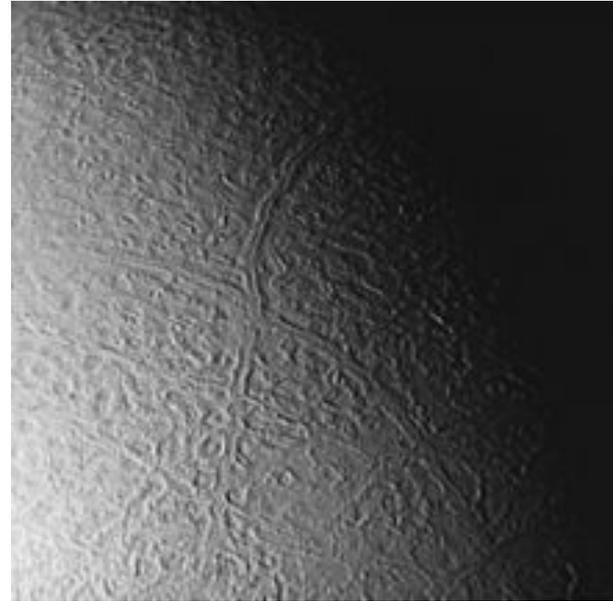
Средняя температура поверхности Тритона составляет 38 К (-235 °С). Это настолько холодная поверхность, что азот, вероятно, оседает на ней в виде инея или снега.

Таким образом, Тритон, предположительно, является самым холодным объектом в Солнечной системе из тех, что обладают геологической активностью.

Тритон



Южная полярная шапка Тритона



Местность дынной корки считается древнейшей на спутнике

Протей

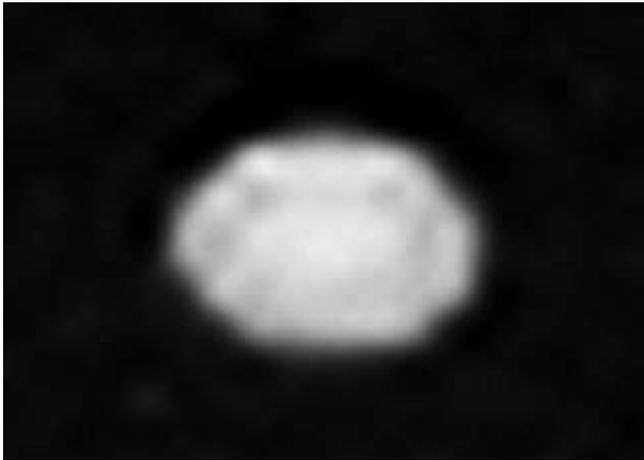


самый крупный несферический спутник Солнечной системе



Карта передней и задней сторон Протея

Деспина



Вероятно, Деспина, как и другие спутники на орбитах ниже [Тритона](#), сформировалась из обломков ранее существовавших спутников Нептуна, разрушившихся в результате столкновений, вызванных возмущениями от Тритона после его захвата Нептуном на первоначальную высокоэксцентрическую орбиту

Ларисса

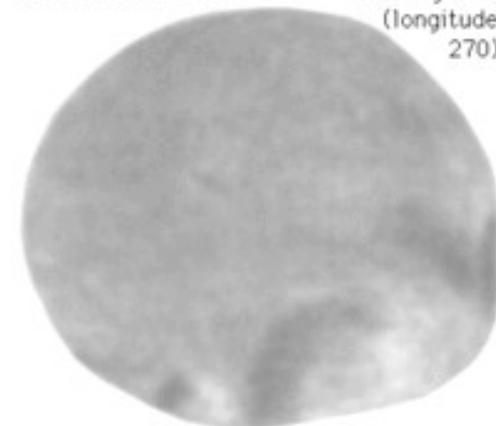
Larissa

P.J. Stooke
1994



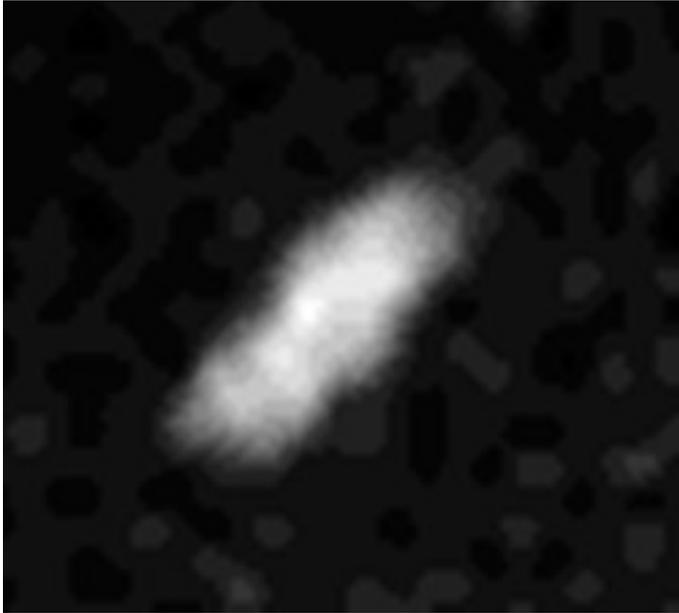
Leading
Side (longitude 90)

Trailing Side
(longitude
270)



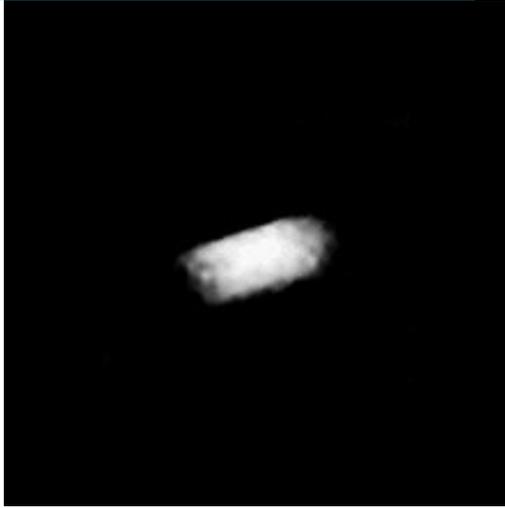
Morphographic Conformal Projection

Ларисса



Форма Талассы
нехарактерно
дискообразна.

Галатея



Галатея является спутником-пастухом на внутреннем крае кольца Адамса, располагающегося в 1000 км от её орбиты. Орбитальный резонанс 42:43 с Галатеей считается наиболее вероятной причиной уникальной формы этого кольца в виде выпуклых дуг.