1. ИО

**Ио** (греч. *Ιώ*) — спутник Юпитера, самый близкий к планете из четырёх галилеевых спутников. Отличается бурной вулканической активностью.

**Вулканизм:** Ио обладает наибольшей вулканической активностью в Солнечной системе. Одновременно может извергаться более 10 вулканов. Конфигурация извержений меняется очень быстро, например, за 4 месяца между пролётами Вояджера-1 и Вояджера-2 успели потухнуть одни вулканы и начать извергаться другие. Рельеф Ио полностью изменяется в течение нескольких сотен лет. Крупнейшие извержения ионических вулканов выбрасывают вещество со скоростью 1 километр в секунду на высоту до 300 км. Жерла многих вулканов имеют огромные размеры.

Подобно земным вулканам, вулканы на Ио выбрасывают серу и диоксид серы. Ранее предполагали, что лавовые потоки на Ио состоят главным образом из соединений серы, однако сейчас исследователи считают, что это расплавленные горные породы, также как и на Земле (хотя существенные примеси серы имеют место).

Энергия для вулканической активности вырабатывается, вероятно, благодаря приливным гравитационным воздействиям со стороны Юпитера, Европы и Ганимеда. Гравитационные воздействия вызывают колебания поверхности Ио по вертикали на величину до 100 м.

**Физические характеристики:** Ио не похож на большинство спутников газовых планет (содержащих много льда) и состоит, в основном, из горных пород, также как и планет земной группы. По данным «Галилео» Ио обладает собственным магнитным полем, что говорит о наличии расплавленного железистого ядра. Его радиус — не менее 900 км. По словам одного из исследователей, внутренняя структура Ио напоминает Ганимед, лишённый слоя воды и льда.

Когда в 1979 Вояджер-1 передал первые снимки Ио, учёные ожидали увидеть множество ударных кратеров, свидетельствующих о древности поверхности спутника. Однако ударные кратеры на Ио практически отсутствуют, так как уничтожаются постоянными извержениями и потоками лавы.

В дополнение к вулканам на Ио имеются невулканические горы, озёра расплавленной серы, вязкие лавовые потоки, длиной до сотен километров, кальдеры, глубиной до нескольких километров.

Пёстрая раскраска спутника объясняется свойством серы сохранять после остывания свой цвет, полученный при нагреве до высоких температур. Поскольку сера во время извержений разогревается до разных температур, то получаются разные цвета. Кроме того, соединения серы также имеют широкий спектр раскрасок.

Поверхность по составу вероятно содержит силикаты (горные породы) и соединения серы. Измерения, проведённые телескопом Хаббл выявили неожиданно высокое содержание натрия. Возможно химический состав разных участков поверхности значительно варьируется.

В отличие от других галилеевых спутников на Ио нет воды или льда. Возможно это стало результатом того, что Юпитер на ранних стадиях эволюции был значительно более горячим, что привело к выметанию летучих веществ поблизости Ио, но не настолько горячим, чтобы лишить воды более удалённые спутники.

На Ио обнаружена крайне разреженная атмосфера, состоящая из двуокиси серы и, возможно, других газов.

**Радиовсплески:** Ио движется в магнитном поле Юпитера, генерируя сильные электрические разряды. Их мощность достигает 1000 ГВт, а разность потенциалов — 400 Кв. В результате происходят мощные радиовсплески, которые регистрируются даже на Земле и которые долгое время считались «загадкой Юпитера». Электроток течёт благодаря наличию ионизированных атомов, которые покидают Ио объёмами несколько тысяч килограммов в секунду. Источником этого вещества являются извержения. Благодаря быстрому вращению магнитного поля Юпитера, заряжённые частицы создают вдоль орбиты Ио плазменный тор, который ярко светится в ультрафиолетовом спектре.

Частицы, покидающие этот тор, отчасти формируют необычно мощную магнитосферу Юпитера. В результате уровень радиации в окрестностях Юпитера чрезвычайно высок.

2. ЕВРОПА

**Евро́па** (др.-греч. Ευρώπη) — спутник Юпитера, наименьший из четырёх галилеевых спутников. Предположительно, под ледяной поверхностью спутника имеется океан, в котором не исключается существование жизни.

**Физические характеристики:** Европа относится к числу крупнейших спутников планет Солнечной системы; по размерам она близка к Луне.

Европа всегда повёрнута к Юпитеру одной стороной. Ио, Европа и Ганимед находятся в орбитальном резонансе — их орбитальные периоды относятся как 1:2:4.

Европа больше похожа на планеты земной группы, чем другие «ледяные спутники», и в значительной степени состоит из горных пород. Она полностью покрыта слоем воды толщиной предположительно порядка 100 км (частью — в виде ледяной поверхностной коры толщиной 10—30 км; частью, как полагают, — в виде подповерхностного жидкого океана). Далее залегают горные породы, а в центре предположительно находится небольшое металлическое ядро.

**Поверхность:** Поверхность Европы очень ровная, лишь немногие образования, напоминающие холмы, имеют высоту несколько сот метров. Высокое альбедо спутника свидетельствует о том, что поверхностный лёд довольно чистый, и, следовательно, «молодой» (полагают, что, чем чище лёд на поверхности «ледяных спутников», тем он моложе). Количество кратеров невелико, имеется только три кратера диаметром больше 5 км, что также говорит об относительной молодости поверхности. По оценкам, её возраст не превышает 30 млн. лет, и, следовательно, Европа обладает высокой геологической активностью. В то же время, сравнение фотографий «Вояджеров» и «Галилео» не выявило каких-либо изменений за 20 лет.

Поверхность Европы по земным меркам очень холодная — 150—190°С ниже нуля. На поверхности спутника должна наблюдаться высокая радиация, так как орбита Европы проходит через мощный радиационный пояс Юпитера.

Вся поверхность Европы испещрена множеством пересекающихся линий. Это разломы и трещины ледяного панциря. Некоторые линии почти полностью опоясывают планету. Система трещин в ряде мест напоминает трещины на ледяном панцире Северного полюса Земли.

Предполагают, что поверхность Европы претерпевает постоянные изменения, в частности, образуются новые разломы. Края некоторых трещин могут двигаться относительно друг друга, причём подповерхностная жидкость иногда может подниматься через трещины наверх. На Европе имеются протяжённые двойные хребты; возможно, они образуются в результате нарастания льда вдоль кромок открывающихся и закрывающихся трещин.

Нередко встречаются и тройные хребты. Полагают, что механизм их образования происходит по следующей схеме. На первом этапе в результате приливных деформаций в ледяном панцире образуется трещина, края которой «дышат», разогревая окружающее вещество. Вязкий лёд внутренних слоёв расширяет трещину и поднимается вдоль неё к поверхности, загибая её края в стороны и вверх. Выход вязкого льда на поверхность образует центральный хребет, а загнутые края трещины — боковые хребты. Эти геологические процессы могут сопровождаться разогревом вплоть до плавления локальных областей и возможных проявлений криовулканизма.

На поверхности спутника имеются протяжённые полосы, покрытые рядами параллельных бороздок. Центр полос светлый, а края тёмные и размытые. Предположительно, полосы образовались в результате серий криовулканических водных извержений вдоль трещин. При этом тёмные края полос, возможно, сформировались в результате выброса на поверхность газа и осколков пород. Имеются и полосы другого типа, которые, как полагают, образовались в результате «разъезжания» двух поверхностных плит, с дальнейшим заполнением трещины веществом из недр спутника.

Рельеф некоторых частей поверхности позволяет предположить, что в этих участках поверхность когда-то была полностью расплавлена, и в воде даже плавали льдины и айсберги. Причём видно, что льдины (вмороженные ныне в ледяную поверхность) ранее образовывали единую структуру, но затем разъехались и повернулись.

Обнаружены тёмные «веснушки» — выпуклые и вогнутые образования, которые могли сформироваться в результате процессов, аналогичным лавовым излияниям (под действием внутренних сил «тёплый», мягкий лёд двигается от нижней части поверхностной корки вверх, а холодный лёд оседает, погружаясь вниз; это ещё одно из доказательств присутствия жидкого, тёплого океана под поверхностью). Встречаются и более обширные тёмные пятна неправильной формы, образовавшиеся, предположительно, в результате расплавления поверхности под действием приливов океана, либо в результате выхода внутреннего вязкого льда. Таким образом, по тёмным пятнам можно судить о химическом составе внутреннего океана и, возможно, прояснить в будущем вопрос о существовании в нём жизни.

Имеются участки с волнообразной поверхностью, образовавшиеся, вероятно, в результате процессов сжатия ледяного панциря.

На поверхности также имеется кратер Пвилл, в центре которого находится горка, превышающая его края по высоте, что может свидетельствовать о выходе мягкого льда или воды через отверстие, пробитое метеоритом.http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5:Eu22.jpg

На этом участке размером 10×16 км видны несколько типов ландшафтов: хаотическая область (справа), «куски» хребтов (слева вверху), небольшие кратеры, разветвлённое образование неясной геологической природы

Ландшафты Европы классифицируют на следующие основные типы:

Равнинные области. Гладкие равнины могут образоваться в результате активности криовулканов, которые извергаются на поверхность, заполняя растекающейся водой огромные площади.

* Хаотические области, которые напоминают случайно разбросанные «обломки» разных геометрических форм.
* Области с преобладанием линий и полос.
* Хребты (как правило двойные).
* Кратеры.

**Океан:** Вышеприведённые характеристики поверхности Европы свидетельствуют о существовании жидкого океана под ледяной коркой на её поверхности. Глубина океана — до 90 км; его объём превышает объём мирового океана Земли. Тепло, необходимое для поддержания его в жидком состоянии, предположительно вырабатывается за счёт приливных взаимодействий (в частности, приливы поднимают поверхность спутника на высоту до 30 метров). В то же время, существует и альтернативная теория, объясняющая характер поверхности наличием не жидкого океана, а слоя мягкого льда.

Существование подповерхностного океана подтверждается переменным характером магнитного поля Европы. Если бы поле образовалось под действием ферромагнитного ядра, то оно было бы гораздо стабильнее и слабее. Магнитные полюса расположены вблизи экватора спутника и постоянно смещаются. Изменения мощности и ориентации поля коррелируют с прохождением Европы через магнитное поле Юпитера. Это можно объяснить лишь наличием токопроводящей жидкости (воды) под поверхностью спутника: сильное магнитное поле Юпитера вызывает электротоки в солёном океане Европы, которые и формируют её необычное магнитное поле.

Спектральный анализ тёмных линий и пятен на поверхности показал наличие солей, в частности, сульфата магния («английская соль»). Красноватый оттенок позволяет предположить наличие также сернистых и железистых веществ. По-видимому, эти соли содержатся в океане Европы. Кроме того, обнаружены следы перекиси водорода и сильных кислот.

Предполагается, что подлёдный океан Европы близок по своим параметрам к участкам океанов Земли вблизи глубоководных геотермальных источников, а также к подлёдным озёрам, таким, как озеро Восток в Антарктиде. В таких водоёмах может существовать жизнь. В то же время, некоторые учёные полагают, что океан Европы может представлять собой довольно ядовитую субстанцию, не слишком подходящую для жизнедеятельности организмов.

Помимо Европы, океаны предположительно имеются на Ганимеде и Каллисто (судя по структуре их магнитных полей). Но, согласно расчётам, жидкий слой на этих спутниках начинается глубже и имеет температуру существенно ниже нуля (при этом вода остаётся в жидком состоянии благодаря высокому давлению).

Открытие на Европе водяного океана имеет важное значение для поисков внеземной жизни. Поскольку поддержание океана в тёплом состоянии происходит не столько благодаря солнечному излучению, сколько в результате приливного разогрева, то это снимает необходимость наличия близкой к планете звезды для существования жидкой воды — необходимого условия возникновения белковой жизни. Следовательно, условия для формирования жизни могут возникать в периферийных областях звёздных систем, около маленьких звёзд и даже вдали от звёзд, например, в системах планетаров.

**Атмосфера:** Космический аппарат «Галилео» обнаружил на Европе ионосферу, что указывало на существование атмосферы у спутника. Впоследствии с помощью орбитального телескопа «Хаббл» у Европы действительно были замечены следы крайне слабой атмосферы, давление которой не превышает 1 микропаскаль. Атмосфера состоит из кислорода, образовавшегося в результате разложения льда на водород и кислород под действием солнечной радиации (лёгкий водород при столь низком тяготении улетучивается в космос).

3. ГАНИМЕД

**Ганимед** (англ. *Ganymede*, греч. Γανυμήδης) – спутник Юпитера, один из галилеевых спутников. Является крупнейшим спутником в Солнечной системе, превосходит по размерам Меркурий (хотя по массе уступает этой планете в два раза).

**Физические характеристики:** Ганимед состоит, в основном, из горных пород и водяного льда. Предположительно, во внутреннем строении Ганимеда можно выделить три слоя: расплавленное металлическое или \_ассчи-сернистое ядро, состоящая из горных пород мантия и слой льда толщиной 900-950 км. Есть данные, что в прошлом поток тепла от ядра был существенно выше. Не исключено, что между каменистыми породами и льдом имеется слой жидкой воды, температура которой может быть значительно ниже нуля (т. к. вода находится под давлением). Толщина водяного слоя, наиболее вероятно, не превышает нескольких километров, и залегает она на глубине около 170 километров.

У Ганимеда имеется довольно мощное магнитное поле. Рассчитаны две модели образования магнитного поля спутника: за счёт наличия расплавленного ядра либо за счёт токопроводящей солёной жидкости под ледяным панцирем. С помощью магнитометров «Галилео», был прослежен характер изменения магнитного поля Ганимеда в мощной магнитосфере Юпитера, что позволило предположить наличие жидкой электропроводящей прослойки.

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5:Ganymede\_terrain.jpgНа поверхности Ганимеда имеется, в основном, два типа регионов: очень старые, сильно кратерированные тёмные области и более «молодые» (но тоже древние) светлые области, отмеченные протяжёнными рядами гряд и выемок. Происхождение светлых регионов связано, очевидно, с тектоническими процессами. Ледяная кора Ганимеда, вероятно, разделена на крупные куски (подобно земным тектоническим плитам), которые могли двигаться относительно независимо и, взаимодействуя между собой, порождать горные гряды и разломы. Кроме того, наблюдаются потоки застывшей древней лавы. В плане тектоники Ганимед, по-видимому, больше похож на Землю, чем на Марс или Венеру (впрочем, следов недавней тектонической активности на Ганимеде пока не обнаружено).

Похожие «морщинистые» области с горными грядами и выемками наблюдаются на таких «ледяных» спутниках, как Энцелад, Ариэль и Миранда. Имеются ленточные образования, такие же как на Европе (но в гораздо меньшем количестве); подобные ленты могут формироваться в результате разъезжания поверхностных плит, распространения в освободившихся впадинах подкорочного вязкого или жидкого вещества и восстановления поверхностного льда. Тёмные области Ганимеда напоминают поверхность Каллисто.

Многочисленные ударные кратеры имеются на обоих типах поверхности Ганимеда, что говорит об их древности – до 3-3,5 млрд. лет (подобно лунной поверхности). Относительно молодые кратеры имеют светлые лучи выбросов. В отличие от лунных или меркурианских, кратеры Ганимеда довольно плоские, неглубокие, с невысокими стенками. Вероятно это свидетельствует о некоторой вязкости ледяной коры, которая может «оплывать» в течение геологически значимых промежутков времени и сглаживать детали рельефа. В результате наиболее древние кратеры вообще не имеют рельефа, об их наличии можно судить лишь по остаточным явлениям. Поскольку в «свежих» кратерах имеется более высокое содержание льда, то, скорее всего, Ганимед покрыт тонким покрывалом, состоящим из темного вещества, а подповерхностные слои состоят из более чистого водяного льда. Этот тёмный материал может иметь метеоритную природу, либо образоваться за счет улетучивания молекул воды из поверхностного слоя.

Крупнейшее образование на Ганимеде – тёмная плоская равнина с концентрическими грядами, получившая название Область Галилео ([Galileo Region]). По-видимому, она образовалась в результате столкновения с небесным телом, следы которого были впоследствии сглажены геологической активностью.

На Ганимеде обнаружены депрессии типа земных вулканических кальдер (впадин); они рассматриваются как кандидаты на проявления криовулканизма.

В середине 80-х годов американские и индийские астрономы (работавшие в индонезийской обсерватории в Лебанге) обнаружили следы крайне слабой атмосферы при затмении Ганимедом одной из звёзд. Эти данные были подтверждены с помощью телескопа Хаббл. Атмосфера (так же как и на Европе) состоит из кислорода, образовавшегося в результате разложения льда на водород и кислород под действием солнечной радиации (водород улетучивается в космос ввиду его лёгкости).

4. КАЛЛИСТО

**Калли́сто́** (греч. *Καλλιστώ*) — один из галилеевых спутников Юпитера. Третий по величине спутник в Солнечной системе, размером примерно с Меркурий (но заметно уступает этой планете по массе).

**Физические характеристики:** Каллисто — одно из самых кратерированных тел в Солнечной системе. Следовательно, поверхность спутника очень старая (около 4 млрд. лет), а его геологическая активность крайне низкая.

Предполагается, что Каллисто покрыта ледяной корой толщиной 200 км, под которой находится слой воды толщиной около 10 км. Более глубокие слои состоят, по-видимому, из спрессованных горных пород и льда с постепенным возрастанием горных пород и железа к центру. Такая композиция, вообще говоря, не характерна для крупных небесных тел, у которых ядро, как правило, ярко выражено.

Каллисто имеет наименьшую плотность из всех галилеевых спутников (чем дальше от Юпитера — тем ниже плотность). Она состоит, вероятно, на 60 % из льда и воды и на 40 % из горных пород и железа. Аналогичный состав имеют Титан и Тритон

Наличие жидкого океана обусловлено характеристиками магнитного поля Каллисто (которое порождено, как полагают, электротоками в солёной воде). Обнаружено, что магнитное поле спутника изменяется в зависимости от ориентации относительно магнитного поля Юпитера; это предполагает наличие высокопроводящей жидкости внутри Каллисто. Ещё одно подтверждение существования жидкого океана заключается в том, что Каллисто не имеет характерного «разломанного» рельефа в местах, противоположных падению гигантских метеоритов (на Луне и Меркурии такие местности есть, что объясняется действием сейсмических волн в результате удара; на Каллисто сейсмические волны могут гаситься слоем жидкости).

Тёмный материал, видимый на поверхности Каллисто, является тонким «покрывалом». Этот материал может быть либо обломочной природы, после столкновений метеоритов с поверхностью, либо образоваться в результате испарения молекул воды из поверхностного слоя. Относительно молодые кратеры обнажают более светлый подповерхностный лёд.

Особенностью спутника является образование Вальхалла, которое представляет собой светлое пятно диаметром 600 км и концентрические кольца вокруг него диаметром до 3000 км. По-видимому, это стало следствием падения крупного метеорита. Ещё одно подобное образование — Асгард — имеет диаметр 1600 км. Обнаружена также любопытная вереница кратеров, идущая по прямой линии. Вероятно космическое тело под воздействием гравитационных сил было разорвано на выстроившиеся в ряд куски, врезавшиеся затем в Каллисто (подобно комете «Шумейкера-Леви 9» перед падением на Юпитер).

На Каллисто имеются необычные местности со множеством невысоких горных пиков, которые постепенно разрушаются. Механизм данной эрозии не совсем ясен; возможно это связано с «выпариванием» (сублимацией) льда под действием солнечной радиации.

У Каллисто обнаружена крайне слабая атмосфера, состоящая из углекислого газа.