

# Венера



Общие сведения	1
Астрономические характеристики	2
Атмосфера	3
Поверхность	5

# Общие сведения

Венера — вторая планета Солнечной системы. Названа в честь древнеримской богини любви Венеры. Венерианский год составляет 224,7 земных суток. Она имеет самый длинный период вращения вокруг своей оси (243 земных суток) среди всех планет Солнечной системы и вращается в направлении, противоположном направлению вращения большинства планет. Венера не имеет естественных спутников. Это третий по яркости объект на небе Земли, после Солнца и Луны. Планета достигает видимой звёздной величины  $-4,6m$  — так что её яркости достаточно, чтобы отбрасывать тени ночью. Изредка Венера видна невооружённым глазом и в светлое время суток.

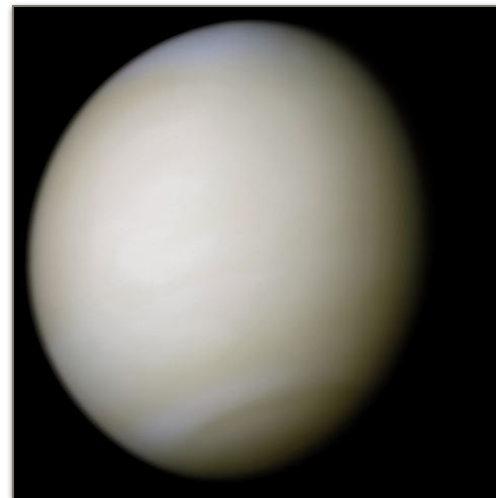


рис.1 Венера в натуральном цвете

Венера имеет плотную атмосферу, состоящую из более чем 96 % углекислого газа. Атмосферное давление на поверхности планеты в 92 раза больше, чем на поверхности Земли, и примерно равно давлению воды на глубине 900 метров.

Среднее расстояние Венеры от Солнца — 108 млн км (0,723 а. е.). Расстояние от Венеры до Земли меняется в пределах от 38 до 261 млн км. Её орбита очень близка к круговой — эксцентриситет составляет всего 0,0067. Период обращения вокруг Солнца равен 224,7 земных суток; средняя орбитальная скорость — 35 км/с. Наклон орбиты к плоскости эклиптики равен  $3,4^\circ$ . По размерам Венера довольно близка к Земле. Радиус планеты равен 6051,8 км (95 % земного), масса —  $4,87 \cdot 10^{24}$  кг (81,5 % земной), средняя плотность —  $5,24 \text{ г/см}^3$ . Ускорение свободного падения равно  $8,87 \text{ м/с}^2$ , вторая космическая скорость — 10,36 км/с.

Венера классифицируется как землеподобная планета, и иногда её называют «сестрой Земли», потому что обе планеты похожи размерами и составом. Однако условия на двух планетах очень разнятся. Атмосфера Венеры, самая плотная среди землеподобных планет, состоит главным образом из углекислого газа. Поверхность планеты полностью скрывают облака серной кислоты, непрозрачные в видимом свете. Споры о том, что находится под густой облачностью Венеры, продолжались до XX века. В то же время атмосфера Венеры прозрачна для радиоволн, с помощью которых впоследствии и был исследован рельеф планеты.

В глубокой древности Венера, как полагают, настолько разогрелась, что подобные земным океаны, которыми, как считается, она обладала, полностью испарились, оставив после себя пустынный пейзаж с множеством плитоподобных скал. Одна из гипотез полагает, что из-за слабости магнитного поля водяной пар (расщеплённый солнечным излучением на элементы) был унесён солнечным ветром в межпланетное пространство. Установлено, что атмосфера планеты и сейчас теряет водород и кислород в соотношении 2:1.

Атмосферное давление на поверхности Венеры в 92 раза больше, чем на Земле. Подробное картографирование поверхности Венеры проводилось в течение последних 22 лет, в частности проектом «Магеллан». Поверхность Венеры носит яркие признаки вулканической деятельности, а атмосфера содержит серу. Есть некоторые признаки того, что вулканическая деятельность на Венере продолжается и сейчас, но доказательств этому не найдено. Удивительно низкое число ударных кратеров говорит в пользу того, что поверхность Венеры относительно молода: ей приблизительно 500 миллионов лет. Тектоники плит на Венере нет (вероятно, потому что её литосфера из-за отсутствия воды слишком вязкая и, следовательно, недостаточно подвижна), но есть много следов менее масштабных тектонических движений.

# Астрономические характеристики

Венера — третий по яркости объект на небе Земли после Солнца и Луны и достигает видимой звёздной величины  $-4,6m$ . Поскольку Венера ближе к Солнцу, чем Земля, она никогда не удаляется от Солнца более чем на  $47,8^\circ$  (для земного наблюдателя). Поэтому обычно Венера видна незадолго до восхода или через некоторое время после захода Солнца.

Венера — третий по яркости объект на нашем небе. Её легко распознать, так как по блеску она намного превосходит самые яркие звёзды.

Отличительным признаком планеты является её ровный белый цвет. Венера, так же как и Меркурий, не отходит на небе на большое расстояние от Солнца. В моменты элонгаций Венера может удалиться от нашей звезды максимум на  $47^\circ$ .

Как и у Меркурия, у Венеры есть периоды утренней и вечерней видимости: в древности считали, что утренняя и вечерняя Венеры — разные звёзды. В телескоп, даже небольшой, можно без труда наблюдать изменение видимой фазы диска планеты. Его впервые наблюдал в 1610 году Галилей.



рис.2 Венера отражается в водах Тихого океана

Венера вращается вокруг своей оси, отклонённой на  $177,36^\circ$  от перпендикуляра к плоскости орбиты, из-за этого при наблюдении со стороны северного полюса Мира планета вращается с востока на запад, то есть в направлении, противоположном направлению вращения большинства планет. Один оборот вокруг оси занимает 243 земных суток. Комбинация этих движений даёт величину солнечных суток на планете 116,8 земных суток. Интересно, что один оборот вокруг своей оси по отношению к Земле Венера совершает за 146 суток, а синодический период составляет 584 суток, то есть ровно вчетверо дольше. Поэтому в каждом нижнем соединении Венера обращена к Земле одной и той же стороной. Пока неизвестно, является ли это совпадением, или же здесь действует приливное взаимодействие Земли и Венеры.

# Атмосфера

Венера не имеет магнитного поля. Причина его отсутствия не ясна, но, вероятно, связана с медленным вращением планеты или отсутствием конвекции в мантии. Венера имеет только индуцированную магнитосферу, образованную ионизированными частицами солнечного ветра. Этот процесс можно представить в виде силовых линий, обтекающих препятствие — в данном случае Венеру.

Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа (96,5 %) и азота (3,5 %). Содержание других газов очень мало: диоксида серы — 0,018 %, аргона — 0,007 %, водяного пара — 0,003 %, у остальных составляющих — ещё меньше. В 2011 году учёные, работающие с аппаратом Venus Express, обнаружили у Венеры озоновый слой. Озоновый слой располагается на высоте 100 километров. Для сравнения, озоновый слой Земли располагается на высоте 15-20 километров, а концентрация озона в нём на несколько порядков больше

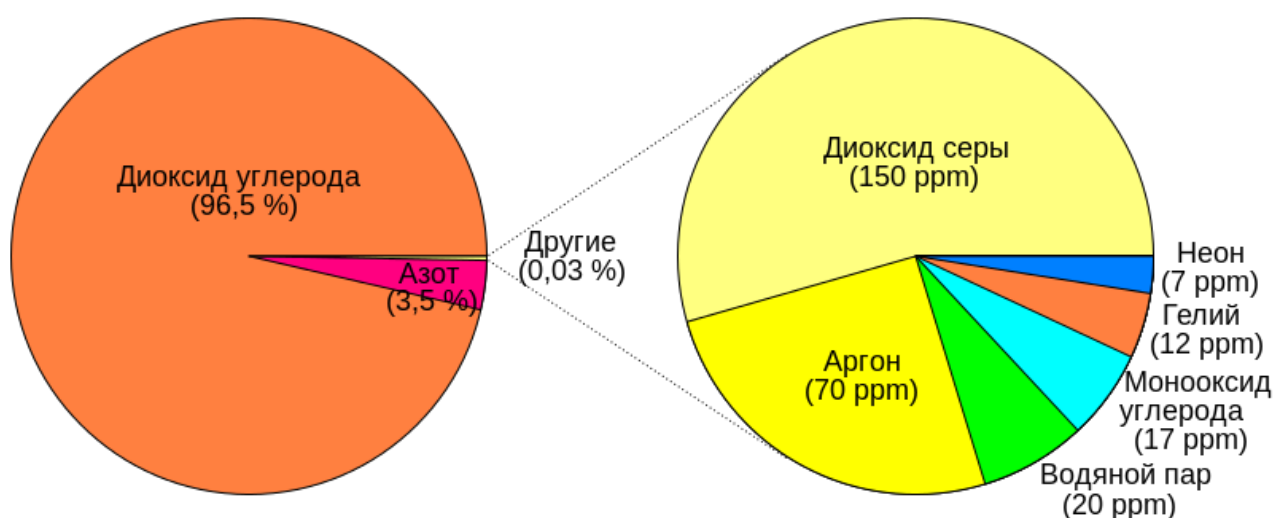


рис.3 Состав атмосферы Венеры

В структуре строения атмосферы Венеры выделяют следующие оболочки:

- Экзосфера — верхняя граница атмосферы, внешняя оболочка планеты на высоте 220—350 км
- Термосфера — находится на границе между 120 и 220 км.
- Мезопауза — находится между 95 и 120 км
- Верхняя мезосфера — на границе между 73—95 км
- Нижняя мезосфера — на границе между 62—73 км.
- Тропопауза — расположена на границе чуть выше 50 и чуть ниже 65 км. Область, где условия наиболее похожи на условия у поверхности Земли.
- Тропосфера — наиболее плотная часть атмосферы Венеры, нижняя граница которой представляет собой полужидкий-полугазообразный океан из углекислого газа (сверхкритическая жидкость).

О нерешённых проблемах, связанных с атмосферой планеты, высказался сотрудник Института исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (ФРГ) Дмитрий Титов:

Облачный покров расположен на высотах примерно 48—65 км. Облака Венеры довольно плотны и состоят из сернистого газа и капель серной кислоты. Есть признаки наличия там и других веществ. В частности, известно, что в составе частиц облаков есть хлор. Их желтоватый оттенок может быть вызван примесью серы или хлорного железа.

*«Практически вся её атмосфера вовлечена в один гигантский ураган: она вращается вокруг планеты со скоростью, достигающей 120—140 метров в секунду у верхней границы облаков. Мы пока совершенно не понимаем, как это происходит, и что поддерживает это мощнейшее движение. Ещё один пример: известно, что основной серосодержащий газ на Венере — это двуокись серы. Но когда мы начинаем моделировать химию атмосферы на компьютере, то выясняется, что двуокись серы должна быть «съедена» поверхностью в течение геологически короткого времени. Этот газ должен исчезнуть, если нет какой-то постоянной подпитки. Её приписывают, как правило, вулканической активности.*

Толщина облачного покрова такова, что поверхности достигает лишь незначительная часть солнечного света, и во время нахождения Солнца в зените уровень освещенности составляет всего 1000—3000 люкс. Для сравнения, на Земле в пасмурный день освещенность составляет 1000 люкс, а в ясный солнечный день в тени — 10—25 тыс. люкс. Влажность у поверхности составляет менее 0,1 %. Из-за высокой плотности и отражающей способности облаков суммарное количество солнечной энергии, получаемой планетой, меньше, чем у Земли.

Густые облака делают невозможным наблюдение поверхности в видимом свете. Они прозрачны лишь в радио- и микроволновом диапазонах, а также в отдельных участках ближней инфракрасной области.

Во время пролёта «Galileo» мимо Венеры была проведена съёмка инфракрасным спектрометром NIMS, и неожиданно выяснилось, что на волнах длиной 1,02, 1,1 и 1,18 мкм сигнал коррелирует с топографией поверхности, то есть для соответствующих частот существуют «окна», через которые видна поверхность Венеры.

В ультрафиолетовом свете облачный покров выглядит как мозаика светлых и тёмных полос, вытянутых под небольшим углом к экватору. Их наблюдения показывают, что облачный покров вращается с востока на запад с периодом 4 суток (на уровне облачного покрова дуют ветры со скоростью 100 м/с).

Наблюдения с автоматических космических станций зафиксировали в атмосфере Венеры электрическую активность, которую можно описать как грозы и молнии. Впервые эти явления были обнаружены аппаратом «Венера-2» как помехи в радиопередаче. Вспышки в оптическом диапазоне, предположительно, являвшиеся молниями, были зафиксированы станциями «Венера-9 и -10» и аэростатными зондами «Вега-1 и -2». Аномальные усиления электромагнитного поля и радиоимпульсы, также, возможно, вызванные молниями, были обнаружены ИСВ «Пионер—Венера» и спускаемыми аппаратами «Венера-11 и -12». А в 2006 году аппарат «Венера-Экспресс» обнаружил в атмосфере Венеры геликоны, интерпретированные как результат молний. Нерегулярность их всплесков напоминает характер погодной активности. Интенсивность молний составляет по меньшей мере половину земной.

По мнению учёных, облака Венеры способны создавать молнии по тому же принципу, что и облака на Земле. Но молнии Венеры примечательны тем, что они, в отличие от молний Юпитера, Сатурна и (в большинстве случаев) Земли, не связаны с водяными облаками. Они возникают в облаках из серной кислоты.

Предположительно, в верхних слоях тропосферы Венеры время от времени идут кислотные дожди.

Кислотные дожди на Венере, вероятно, никогда не достигают поверхности планеты, а испаряясь от жары, образуют явление, известное как вирга.



# Поверхность

Исследование поверхности Венеры стало возможным с развитием радиолокационных методов. Наиболее подробную карту составил американский аппарат «Магеллан», заснявший 98 % поверхности планеты. Картографирование выявило на Венере обширные возвышенности. Крупнейшие из них — Земля Иштар и Земля Афродиты, сравнимые по размерам с земными материками. Ударных кратеров на Венере относительно немного. Значительная часть поверхности планеты геологически молода (порядка 500 млн лет). 90 % поверхности планеты покрыто застывшей базальтовой лавой.

В 2009 году была опубликована карта южного полушария Венеры, составленная с помощью аппарата «Венера-экспресс». На основе данных этой карты возникли гипотезы о наличии в прошлом на Венере океанов воды и сильной тектонической активности.

Предложено несколько моделей внутреннего строения Венеры. Согласно наиболее реалистичной из них, на Венере есть три оболочки. Первая — кора толщиной примерно 16 км. Далее — мантия, силикатная оболочка, простирающаяся на глубину порядка 3300 км до границы с железным ядром, масса которого составляет около четверти всей массы планеты. Поскольку собственное магнитное поле планеты отсутствует, то следует считать, что в железном ядре нет перемещения заряженных частиц — электрического тока, вызывающего магнитное поле, следовательно, движения вещества в ядре не происходит, то есть оно находится в твёрдом состоянии. Плотность в центре планеты достигает  $14 \text{ г/см}^3$ .

Аппараты «Венера-15» и «Венера-16» в 1983—1984 годах с помощью радара закартировали большую часть северного полушария. Американский «Магеллан» с 1989 по 1994 год произвёл более детальное (с разрешением 300 м) и почти полное картографирование поверхности планеты. На ней обнаружены тысячи древних вулканов, извергавших лаву, сотни кратеров, арахноиды, горы. Поверхностный слой (кора) очень тонок; ослабленный высокой температурой, он слабо препятствует прорыванию лавы наружу. Два венерианских континента — Земля Иштар и Земля Афродиты — по площади не меньше Европы каждый, однако по протяжённости их несколько превосходят каньоны Парнгэ, названные в честь хозяйки леса у ненцев, которые являются самой большой деталью рельефа Венеры. Низменности, похожие на океанские впадины, занимают на Венере только одну шестую поверхности. Горы Максвелла на Земле Иштар возвышаются на 11 км над средним уровнем поверхности. Горы Максвелла, а также области Альфа и Бета являются единственными исключениями из правила о наименованиях, принятого МАС. Всем остальным районам Венеры даны женские имена, в том числе русские: на карте можно найти Землю Лады, равнину Снегурочки и каньон Бабы-Яги.

Ударные кратеры — редкий элемент венерианского пейзажа: на всей планете их лишь около 1000. На кратере Адывар, диаметром около 30 км, внутренняя область заполнена застывшим расплавом пород. «Лепестки» вокруг кратера образованы раздроблённой породой, выброшенной наружу во время взрыва при его образовании.

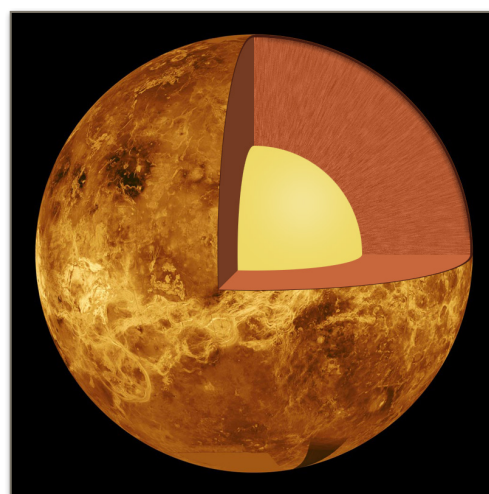


рис.4 Внутреннее строение Венеры

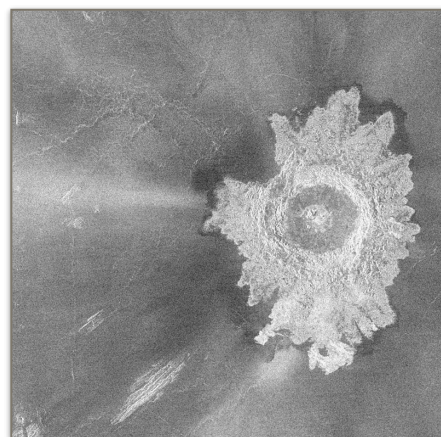


рис.5 Кратер Адывар