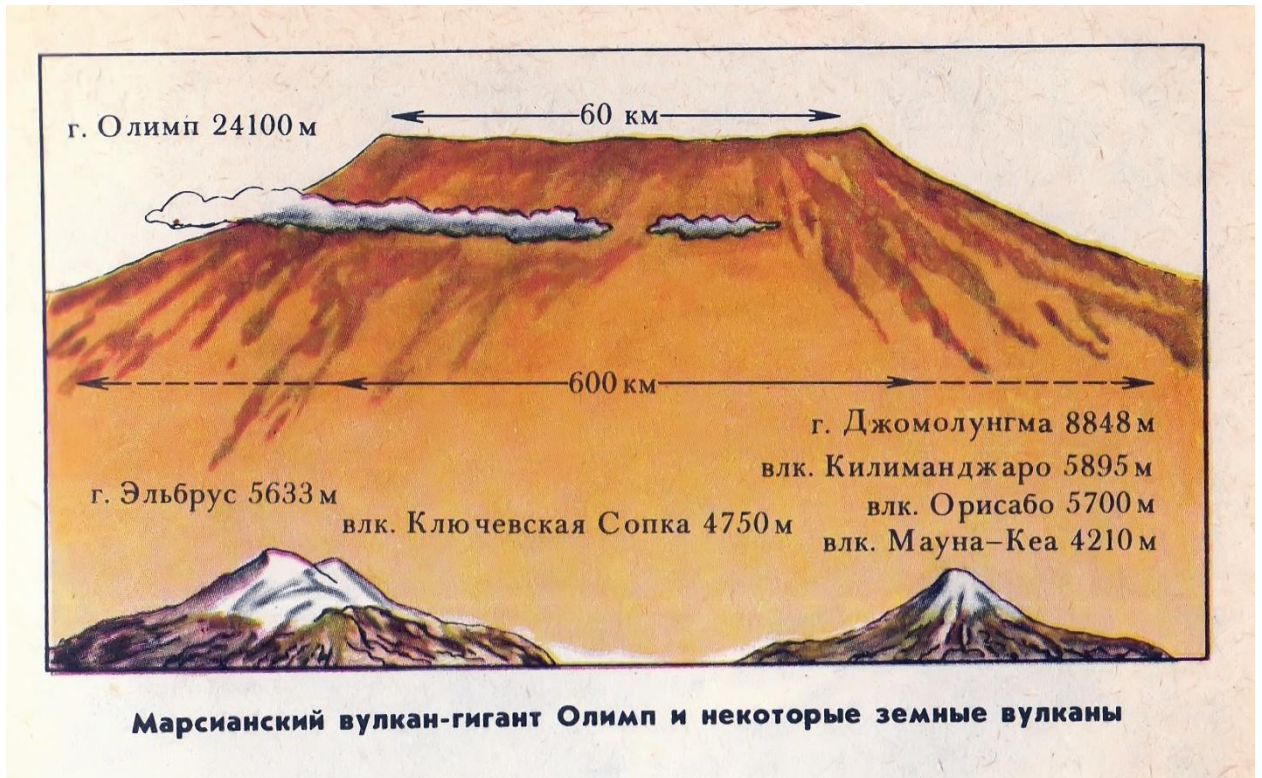
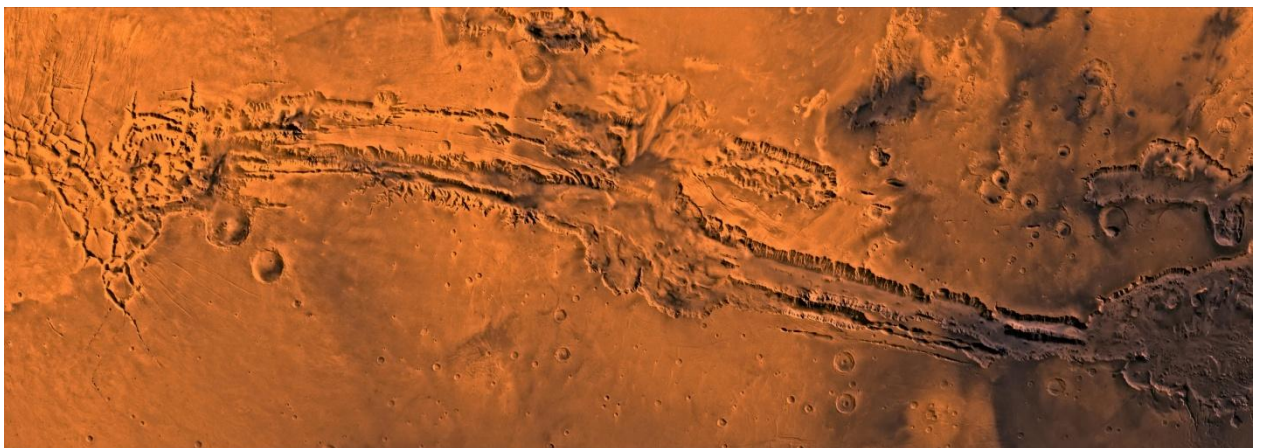


Планета Марс

Марс — планета земной группы с разреженной атмосферой. Особенности поверхностного рельефа Марса можно считать ударные кратеры наподобие лунных и вулканы, долины, пустыни и полярные ледниковые шапки наподобие земных.



Марсианский потухший вулкан Олимп — самая высокая гора в Солнечной системе.



Долина Маринера — самый крупный каньон.

Помимо этого, в июне 2008 три статьи, опубликованные в Nature, представили доказательства существования в северном полушарии Марса самого крупного известного ударного кратера в Солнечной системе. Его длина 10 600 км, а ширина 8500 км, что примерно в четыре раза больше, чем крупнейший ударный кратер, до того также обнаруженный на Марсе, вблизи его южного

полюса. В дополнение к схожести поверхностного рельефа, Марс имеет период вращения и смену времён года аналогичные земным, но его климат значительно холоднее и суше земного.

Вплоть до первого пролёта у Марса космического аппарата Маринер-4 (англ. «Mariner 4»)

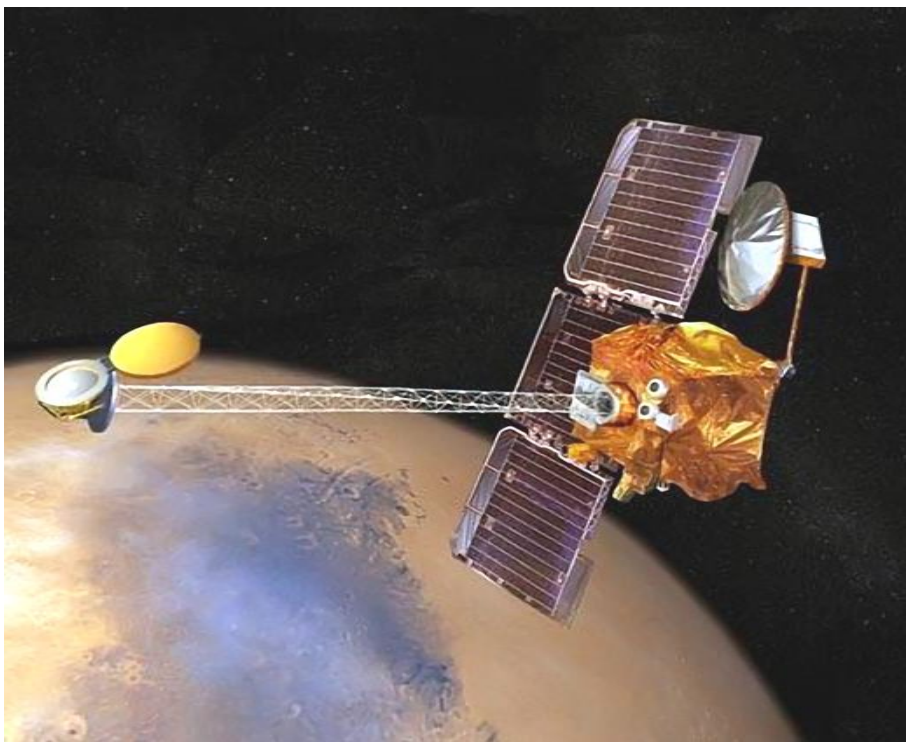


в 1965 году многие исследователи всерьёз полагали, что на его поверхности есть вода в жидком состоянии. Это мнение было основано на наблюдениях за периодическими изменениями в светлых и тёмных участках, особенно в полярных широтах, которые были похожи на континенты и моря. Тёмные борозды на поверхности Марса интерпретировались некоторыми наблюдателями как ирригационные каналы для жидкой воды. Позднее было доказано, что эти борозды на самом деле не существовали, а были оптической иллюзией.

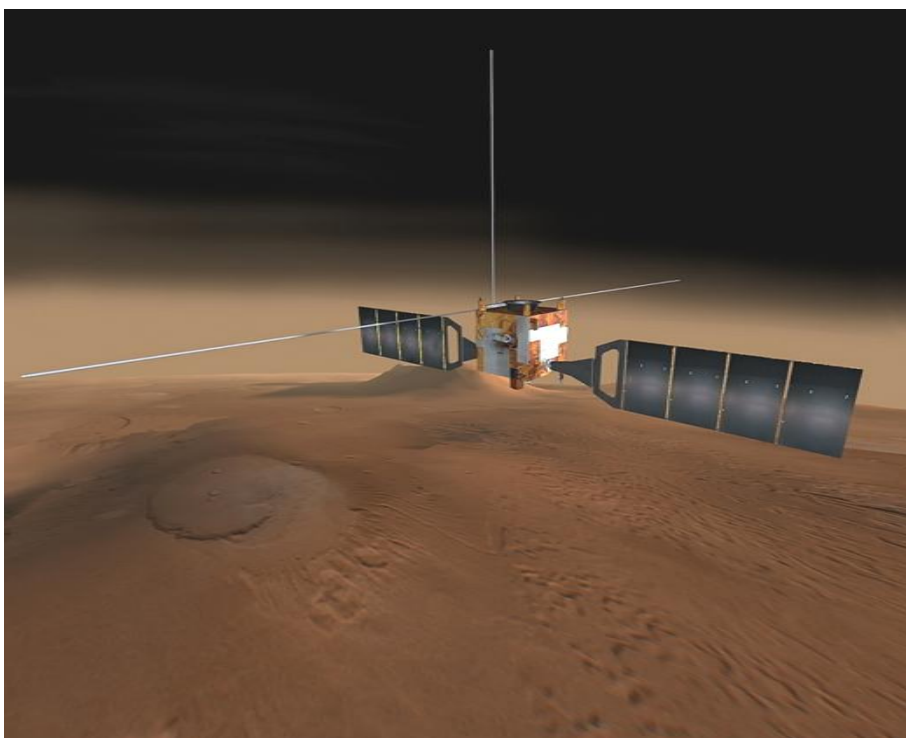
Из-за низкого давления вода не может существовать в жидком состоянии на поверхности Марса, но вполне вероятно, что в прошлом условия были иными, и поэтому наличие примитивной жизни на планете исключать нельзя. 31 июля 2008 года вода в состоянии льда была обнаружена на Марсе космическим аппаратом НАСА «Феникс» (англ. «Phoenix»).



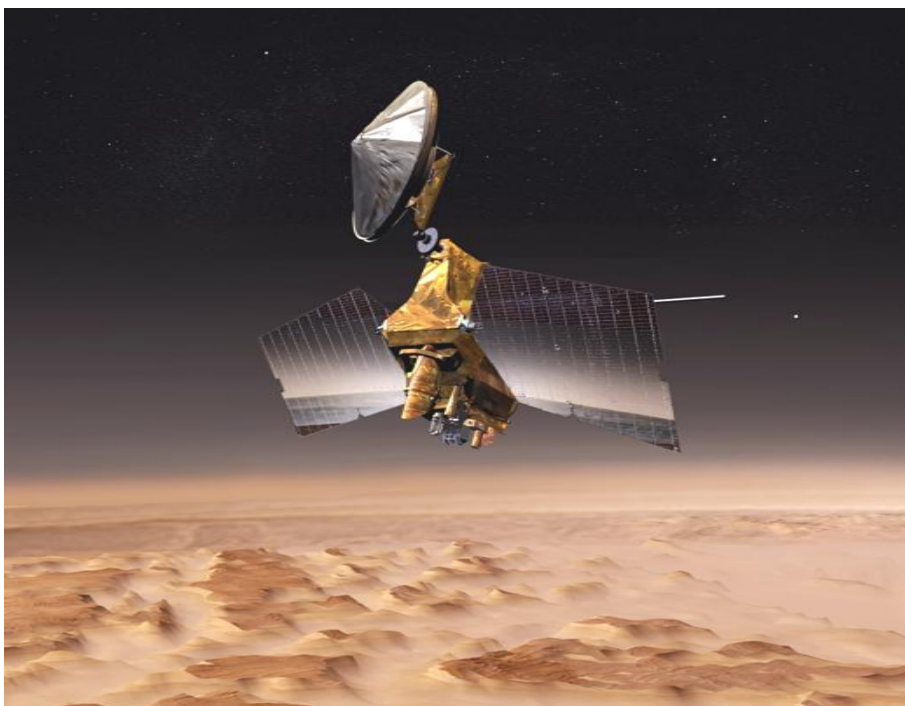
В настоящее время (февраль 2009 г.) орбитальная исследовательская группировка на орбите Марса насчитывает три функционирующих космических аппарата:



«Mars Odyssey»



«Mars Express»



«Mars Reconnaissance Orbiter»

и это больше, чем около любой другой планеты, кроме Земли.

Поверхность Марса в настоящий момент исследуют два марсохода:



«Spirit» и «Opportunity».

На поверхности Марса находятся также несколько неактивных посадочных модулей



и марсоходов, завершивших свои миссии. Геологические данные, собранные всеми этими миссиями, позволяют предположить, что немалую часть поверхности Марса ранее покрывала вода. Наблюдения в течение последнего десятилетия позволили обнаружить в некоторых местах на поверхности Марса слабую гейзерную активность. По наблюдениям с космического аппарата



НАСА «Mars Global Surveyor», некоторые части южной полярной шапки Марса постепенно отступают.

У Марса есть два естественных спутника



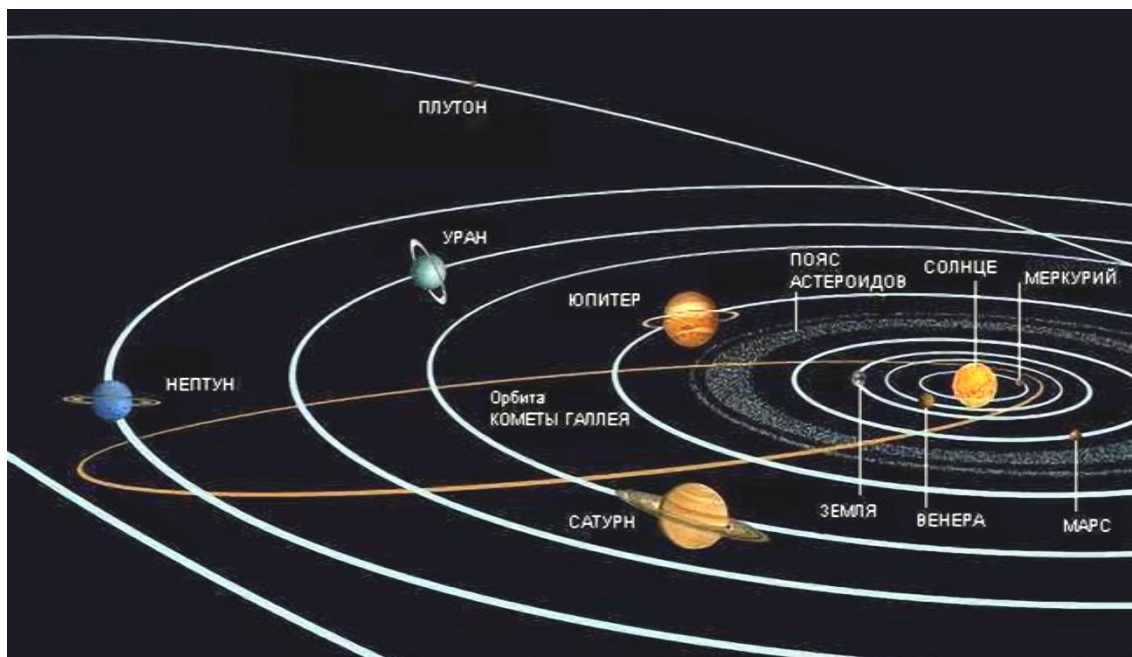
Фобос



и Деймос

(в переводе с древнегреческого — «страх» и «ужас» — имена двух сыновей Ареса, сопровождавших его в бою), которые относительно малы и имеют неправильную форму. Марс можно увидеть с Земли невооружённым глазом. Его видимая звёздная величина достигает $-2,9^m$ (при максимальном сближении с Землёй), уступая по яркости лишь Венере, Луне и Солнцу, хотя большую часть времени Юпитер для земного наблюдателя является более ярким, чем Марс.

Орбитальные характеристики



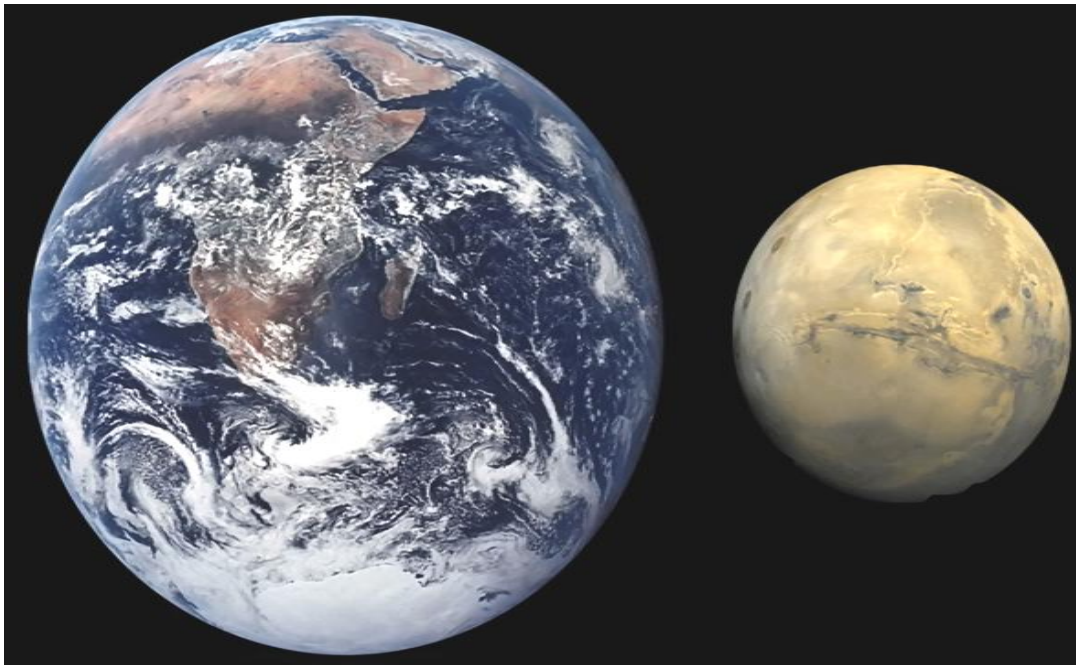
Минимальное расстояние от Марса до Земли составляет 55,75 млн. км, максимальное — около 401 млн. км. Среднее расстояние от Марса до Солнца составляет 228 млн. км (1,52 а. е.), период обращения вокруг Солнца равен 687 земным суткам. Орбита Марса имеет довольно заметный эксцентриситет (0,0934), поэтому расстояние до Солнца меняется от 206,6 до 249,2 млн. км. Наклонение орбиты Марса равно 1,85°.

Марс ближе всего к Земле во время противостояния, когда планета находится в направлении, противоположном Солнцу. Противостояния повторяются каждые 26 месяцев в разных точках орбиты Марса и Земли. Но раз в 15—17 лет противостояния приходятся на то время, когда Марс находится вблизи своего перигелия; в этих так называемых великих противостояниях (последнее было в августе 2003) расстояние до планеты минимально, и Марс особенно хорошо виден, достигая углового размера 25" и яркости $-2,9^m$.

Великие противостояния Марса с 1830 г. по 2035 г. Год		Дата	Расстояние, а.е.
1830	19 сентября 0,388	1939	23 июля 0,390
1845	18 августа	1956	10 сентября 0,379
1877	17 июля 0,393	1971	августа 0,378
1860	5 сентября 0,377	1988	22 сентября 0,394
1892	4 августа 0,378	2003	28 августа 0,373
1909	24 сентября 0,392	2018	27 июля 0,386
1924	23 августа 0,373	2035	15 сентября 0,382

Физические характеристики

Сравнение размеров Земли и Марса



Марс почти вдвое меньше Земли по размерам — его экваториальный радиус равен 3396,9 км (53 % земного). Площадь поверхности Марса примерно равна площади суши на Земле. Достаточно быстрое вращение планеты приводит к заметному полярному сжатию — полярный радиус Марса примерно на 21 км меньше экваториального. Масса планеты — $6,418 \times 10^{23}$ кг (11 % массы Земли). Ускорение свободного падения на экваторе равно $3,71$ м/сек² (0,38 земного); первая космическая скорость составляет 3,6 км/сек и вторая — 5,027 км/сек. Марс вращается вокруг своей оси, наклонённой к плоскости орбиты под углом $24^{\circ}56'$. Период вращения планеты — 24 часа 37 минут 22,7 секунд. Таким образом, марсианский год состоит из 668,6 марсианских солнечных суток (называемых солами). Наклон оси вращения Марса обеспечивает смену времён года. При этом вытянутость орбиты приводит к большим различиям их продолжительности. Так, северная весна и лето, вместе взятые, длятся 371 сол, т. е. заметно больше половины марсианского года. В то же время они приходятся на участок орбиты Марса, удалённый от Солнца. Поэтому на Марсе северное лето долгое и прохладное, а южное — короткое и жаркое.

У Марса есть магнитное поле, но оно слабо и крайне неустойчиво, в различных точках планеты его напряжённость может отличаться от 1,5 до 2 раз, а магнитные полюса не совпадают с физическими. Это говорит о том, что железное ядро Марса находится в сравнительной неподвижности по отношению к его коре, то есть механизм планетарного динамо, ответственный за магнитное поле Земли, на Марсе не работает. Возможно, в далёком прошлом в результате столкновения с крупным небесным телом произошла остановка вращения ядра, а также потеря основного объёма атмосферы. Считается, что потеря магнитного поля произошла около 4 млрд лет назад. Вследствие слабости магнитного поля солнечный ветер практически беспрепятственно проникает в атмосферу Марса.

Атмосфера Марса



Температура на экваторе планеты колеблется от $+30^{\circ}\text{C}$ в полдень до -80°C в полночь. Вблизи полюсов температура иногда падает до -123°C .

Атмосфера Марса, состоящая в основном из углекислого газа, очень разрежена. Давление у поверхности Марса в 160 раз меньше земного — 6,1 мбар на среднем уровне поверхности. Из-за большого перепада высот на Марсе, давление у поверхности сильно изменяется.

Максимальное значение 8,4 мбар достигается в бассейне Эллада (4 км ниже среднего уровня поверхности), а на вершине горы Олимп (27 км выше среднего уровня) оно всего

0,5 мбар. В отличие от Земли, масса марсианской атмосферы сильно изменяется в течение года в связи с таянием и намерзанием полярных шапок, содержащих углекислый газ.

Существуют свидетельства того, что в прошлом атмосфера могла быть более плотной, а климат — тёплым и влажным, и на поверхности Марса существовала жидкая вода и шли дожди.

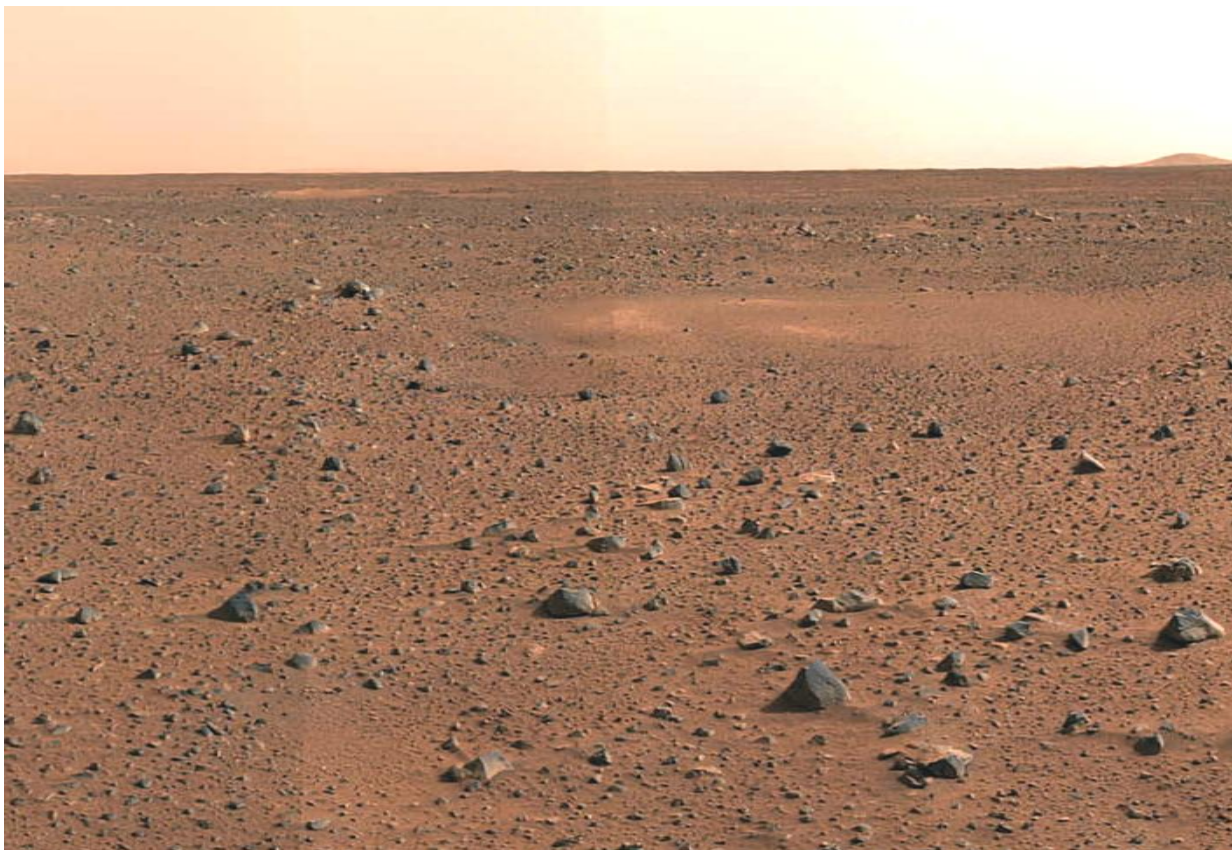
Атмосфера состоит на 95 % из углекислого газа; также в ней содержится 2,7 % азота, 1,6 % аргона, 0,13 % кислорода, 0,1 % водяного пара, 0,07 % угарного газа. Марсианская ионосфера простирается в пределах от 110 до 130 км над поверхностью планеты.

По результатам наблюдений с Земли и данных космического аппарата «Марс Экспресс» в атмосфере Марса обнаружен метан. В условиях Марса этот газ довольно быстро разлагается, поэтому должен существовать постоянный источник его пополнения. Таким источником может быть либо геологическая активность (но действующие вулканы на Марсе не обнаружены), либо жизнедеятельность бактерий.

Климат, как и на Земле, носит сезонный характер. В холодное время года даже вне полярных шапок на поверхности может образовываться светлый иней. Аппарат Phoenix зафиксировал снегопад, однако снежинки испарялись, не достигая поверхности.

По данным исследователей из Центра имени Карла Сагана, в настоящее время на Марсе идёт процесс потепления. Другие специалисты считают, что такие выводы делать пока рано.

Описание основных регионов



Участок Кратера Гусева, снятый американским марсоходом Спирит

Две трети поверхности Марса занимают светлые области, получившие название материков, около трети — тёмные участки, называемые морями. Моря сосредоточены в основном в южном полушарии планеты, между 10 и 40° широты. В северном полушарии только два крупных моря — Ацидалийское и Большой Сырт.



Характер тёмных участков до сих пор остаётся предметом споров. Они сохраняются, несмотря на то, что на Марсе бушуют пылевые бури. Это в своё время служило доводом в пользу того, что тёмные участки покрыты растительностью. Сейчас полагают, что это просто участки, с которых, в силу их рельефа, легко выдувается пыль. Крупномасштабные снимки показывают, что на самом деле тёмные участки состоят из групп тёмных полос и пятен, связанных с кратерами, холмами и другими препятствиями на пути ветров. Сезонные и долговременные изменения их размера и формы связаны, по-видимому, с изменением соотношения участков поверхности, покрытых светлым и тёмным веществом.

Полушария Марса довольно сильно различаются по характеру поверхности. В южном полушарии поверхность находится на 1—2 км над средним уровнем и густо усеяна кратерами. Эта часть Марса напоминает лунные материки. На севере поверхность в основном находится ниже среднего уровня, здесь мало кратеров, и основную часть занимают относительно гладкие равнины, вероятно, образовавшиеся в результате затопления лавой и эрозии. Такое различие полушарий остаётся предметом дискуссий. Граница между полушариями следует примерно по большому кругу, наклонённому на 30° к экватору. Граница широкая и неправильная и образует склон в направлении на север. Вдоль неё встречаются самые эродированные участки марсианской поверхности.

Выдвинуто две альтернативных гипотезы, объясняющих асимметрию полушарий. Согласно одной из них, на раннем геологическом этапе литосферные плиты «съехались» (возможно случайно) в одно полушарие (подобно континенту Пангея на Земле) и затем «застыли» в этом положении. Другая гипотеза предполагает столкновение Марса с космическим телом размером с Плутон.



Большое количество кратеров в южном полушарии предполагает, что поверхность здесь древняя — 3—4 млрд. лет. Можно выделить несколько типов кратеров: большие кратеры с плоским дном, более мелкие и молодые чашеобразные кратеры, похожие на лунные, кратеры, окружённые валом, и возвышенные кратеры. Последние два типа уникальны для Марса — кратеры с валом образовались там, где по поверхности текли жидкие выбросы, а возвышенные кратеры образовались там, где покрывало выбросов кратера защитило поверхность от ветровой эрозии. Самой крупной деталью ударного происхождения является бассейн Эллада (примерно 2100 км в поперечнике).

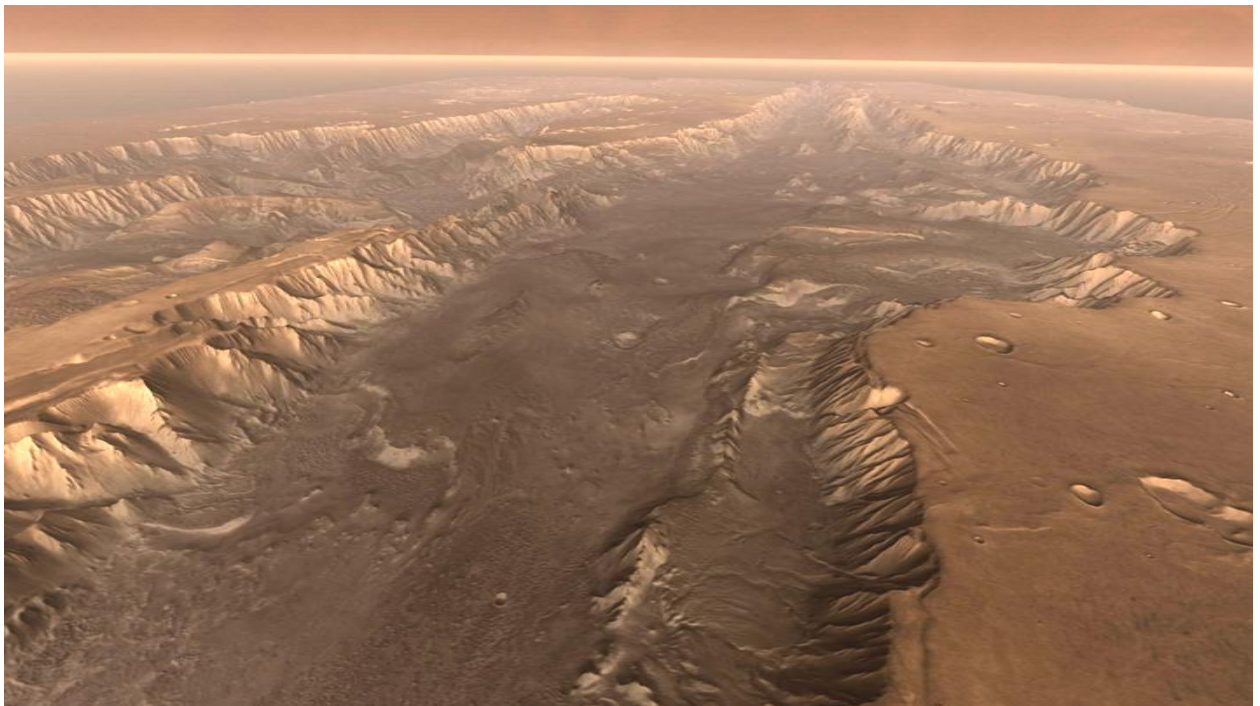
В области хаотического ландшафта вблизи границы полушарий

поверхность испытала разломы и сжатия больших участков, за которыми иногда следовала эрозия (вследствие оползней или катастрофического высвобождения подземных вод), а также затопление жидкой лавой. Хаотические ландшафты часто находятся у истока больших каналов, прорезанных водой. Наиболее приемлемой гипотезой их совместного образования является внезапное таяние подповерхностного льда.

Долина Маринера на Марсе

В северном полушарии помимо обширных вулканических равнин находятся две области крупных вулканов — Тарсис и Элизий. Тарсис — обширная вулканическая равнина протяжённостью 2000 км, достигающая высоты 10 км над средним уровнем. На ней находятся три крупных щитовых вулкана — Арсия, Павонис (Павлин) и Аскреус. На краю Тарсиса находится высочайшая на Марсе и в Солнечной системе гора Олимп. Олимп достигает 27 км высоты, и охватывает площадь 550 км диаметром, окружённую обрывами, местами достигающими 7 км высоты. Объём Олимпа в 10 раз превышает объём крупнейшего вулкана Земли Мауна-Кеа. Здесь же расположено несколько менее крупных вулканов. Элизий — возвышенность до шести километров над средним уровнем, с тремя вулканами — Геката, Элизий и Альбор.

Возвышенность Тарсис также пересечена множеством тектонических разломов, часто очень сложных и протяжённых. Крупнейший из них

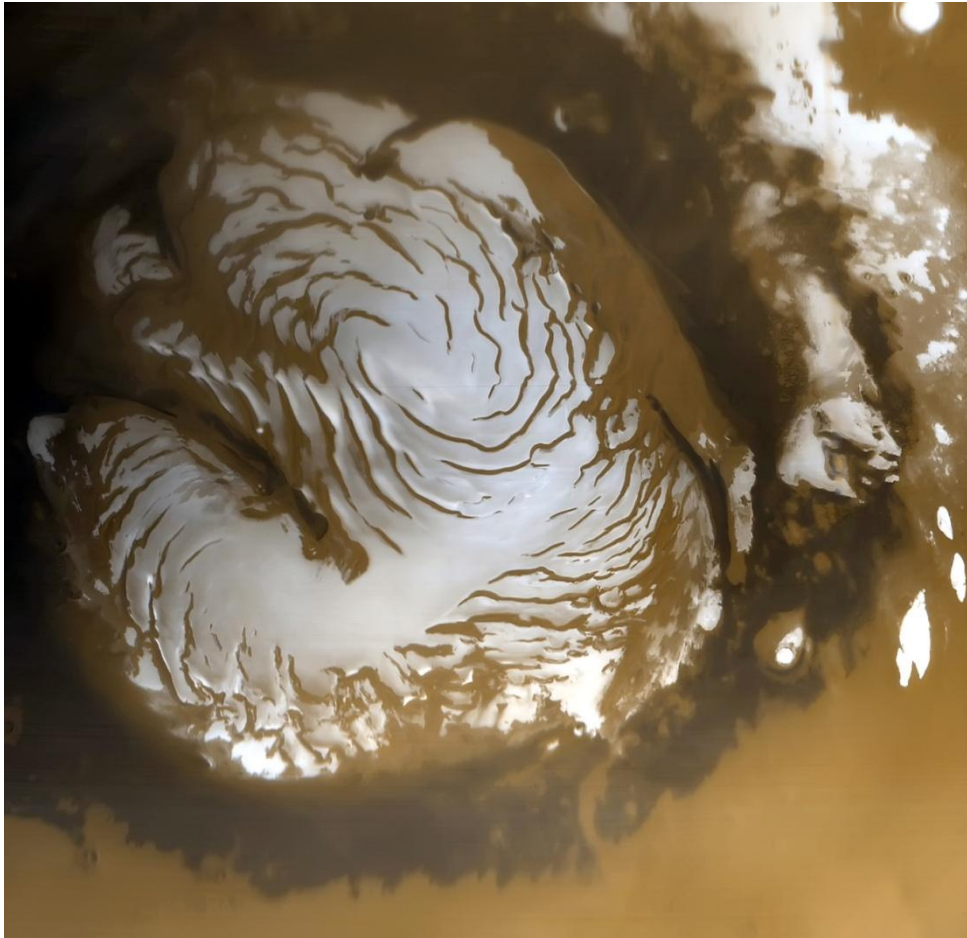


— долина Маринера —

тянется в широтном направлении почти на 4500 км (четверть окружности планеты), достигая ширины 600 км и глубины 7—10 км; по своим размерам этот разлом сравним с Восточноафриканским рифтом на Земле. На его крутых склонах происходят крупнейшие в Солнечной системе оползни.

Полярные шапки

Внешний вид Марса сильно изменяется в зависимости от времени года.



Прежде всего, бросаются в глаза изменения полярных шапок. Они разрастаются и уменьшаются, создавая сезонные явления в атмосфере и на поверхности Марса. Южная полярная шапка может достигать широты 50° , северная — 50° . По мере того, как весной полярная шапка в одном из полушарий отступает, детали поверхности планеты начинают темнеть. Для

земного наблюдателя кажется, что волна потемнения распространяется от полярной шапки к экватору, хотя орбитальные аппараты не фиксируют каких-либо существенных изменений.

Полярные шапки состоят из двух составляющих: сезонной — углекислого газа и вековой — водяного льда. По данным со спутника Mars Express толщина шапок может составлять от 1 м до 3,7 км. Аппарат Mars Odyssey обнаружил на южной полярной шапке Марса действующие гейзеры. Как считают специалисты НАСА, струи углекислого газа с весенним потеплением вырываются вверх на большую высоту, унося с собой пыль и песок.

Весеннее таяние полярных шапок приводит к резкому повышению давления атмосферы и перемещению больших масс газа в противоположное полушарие. Скорость дующих при этом ветров составляет 10—40 м/с, иногда до 100 м/с. Ветер поднимает с поверхности большое количество пыли, что приводит к пылевым бурям. Сильные пылевые бури практически полностью скрывают поверхность планеты. Пылевые бури оказывают заметное воздействие на распределение температуры в атмосфере Марса.

Слой вечной мерзлоты

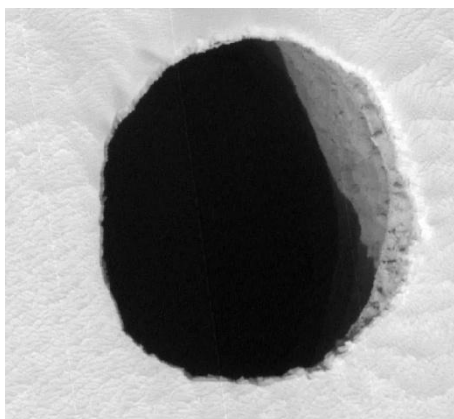
Данные Mars Reconnaissance Orbiter позволили обнаружить под каменистыми осыпями у подножия гор значительный слой льда. Ледник толщиной в сотни метров занимает площадь в тысячи квадратных километров, и его дальнейшее изучение способно дать информацию об истории марсианского климата.

Русла «рек» и другие особенности



На Марсе имеется множество геологических образований, напоминающих водную эрозию, в частности, высохшие русла рек. Согласно одной из гипотез, эти русла могли сформироваться в результате кратковременных катастрофических событий и не являются доказательством длительного существования речной системы. Однако последние данные свидетельствуют о том, что реки текли в течение геологически значимых промежутков времени. В

частности, обнаружены инвертированные русла (то есть когда русло приподнято над окружающей местностью). На Земле подобные образования формируются благодаря длительному накоплению плотных донных отложений с последующим высыханием и выветриванием окружающих пород. Кроме того, есть свидетельства смещения русел в дельте реки при постепенном поднятии поверхности.



Данные марсоходов НАСА Спирит и Оппортьюнити также свидетельствуют о наличии воды в прошлом (найжены минералы, которые могли образоваться только в результате длительного воздействия воды). Аппарат Phoenix Mars Lander обнаружил залежи льда непосредственно в грунте.

На вулканической возвышенности Тарсис обнаружено несколько необычных глубоких колодцев. Судя по снимку аппарата Mars Reconnaissance Orbiter, сделанному в 2007 году, один из них имеет диаметр 150 метров, а освещённая часть стенки уходит в глубину не менее, чем на 178 метров.

Высказана гипотеза о вулканическом происхождении этих образований. Также имеется гипотеза, что это кратеры метеоритов, пробивших верхний слой почвы. [источник не указан 229 дней]

Грунт



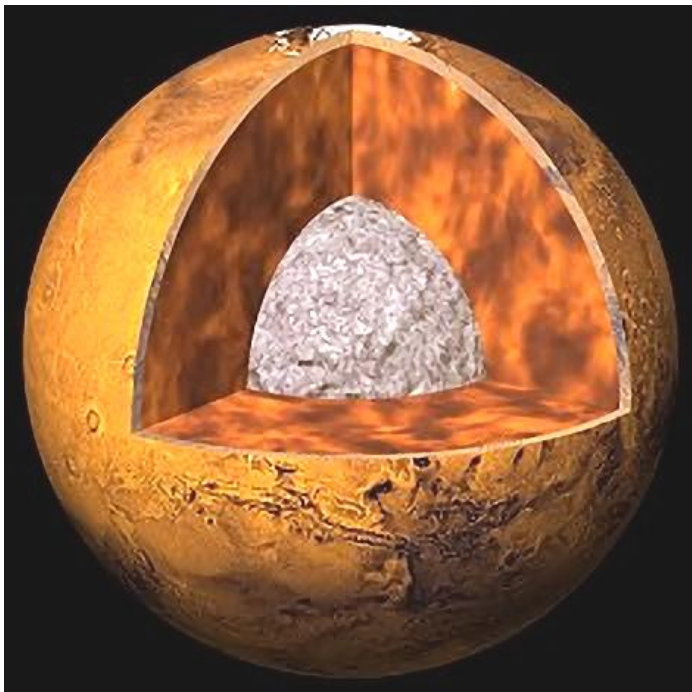
Элементный состав поверхностного слоя марсианской почвы по данным посадочных аппаратов неодинаков в разных местах. Основная составляющая почвы — кремнезём (20-25 %), содержащий примесь гидратов оксидов железа (до 15 %), придающих почве красноватый цвет. Имеются значительные примеси соединений серы, кальция, алюминия, магния, натрия (единицы процентов для каждого).

Согласно данным зонда НАСА Phoenix Mars Lander (посадка на Марс 25 мая 2008 года), соотношение pH и некоторые другие параметры марсианских почв близки к земным и на них теоретически можно было бы выращивать растения. «Фактически, мы обнаружили, что почва на Марсе отвечает требованиям, а также содержит необходимые элементы для возникновения и поддержания жизни как в прошлом, так и в настоящем и будущем». «Мы были приятно удивлены полученными данными. Такой тип грунта широко представлен и у нас на Земле — любой сельский житель ежедневно имеет с ним дело на огороде. В нём отмечено высокое (значительно большее, чем предполагалось) содержание щелочей, обнаружены кристаллы льда. Такой грунт вполне пригоден для выращивания различных растений, например спаржи. Здесь нет ничего, что делало бы жизнь невозможной. Даже наоборот: с каждым новым исследованием мы находим дополнительные подтверждения в пользу возможности её существования», сообщил ведущий исследователь-химик проекта Сэм Кунейвс.

В месте посадки аппарата в грунте имеется также значительное количество водяного льда.

Геология и внутреннее строение

В отличие от Земли на Марсе нет движения литосферных плит. В результате вулканы могут существовать гораздо более длительное время и достигать гигантских размеров.



Современные модели внутреннего строения Марса предполагают, что Марс состоит из коры со средней толщиной 50 км (и максимальной до 130 км), силикатной мантии толщиной 1800 км и ядра радиусом 1480 км. Плотность в центре планеты должна достигать $8,5 \text{ г/см}^3$. Ядро частично жидкое и состоит в основном из железа с примесью 14-17 % (по массе) серы, причём содержание лёгких элементов вдвое выше, чем в ядре Земли.

Цвет неба на Марсе



Во время восхода и захода Солнца марсианское небо в зените имеет красновато-розовый цвет, а в непосредственной близости к диску Солнца — от голубого до фиолетового, что совершенно противоположно картине земных зорь.

В полдень небо Марса жёлто-оранжевое. Причина таких отличий от цветовой гаммы земного неба — свойства тонкой, разрежённой, содержащей взвешенную пыль атмосферы Марса. На Марсе Рэлевоо рассеяние лучей (которое на Земле и является

причиной голубого цвета неба) играет незначительную роль, эффект его слаб. Предположительно, жёлто-оранжевая окраска неба также вызывается присутствием 1 % магнетита в частицах пыли, постоянно взвешенной в марсианской атмосфере и поднимаемой сезонными пылевыми бурями. Сумерки начинаются задолго до восхода Солнца и длятся долго после его захода. Иногда цвет марсианского неба приобретает фиолетовый оттенок в результате рассеяния света на микрочастицах водяного льда в облаках (последнее — довольно редкое явление).

Земля по отношению к Марсу является внутренней планетой, так же как Венера для Земли. Соответственно, с Марса Земля наблюдается как утренняя или вечерняя звезда, восходящая перед рассветом или видимая на вечернем небе после захода Солнца.

История изучения Марса

В 1659 году Франческо Фонтана, рассматривая Марс в телескоп, сделал первый рисунок планеты. Он изобразил чёрное пятно в центре чётко очерченной сферы. В 1660 году к чёрному пятну прибавились две полярные шапки, добавленные Жаном Домиником Кассини. В 1888 году, Джованни Скиапарелли, учившийся в России, дал первые имена отдельным деталям поверхности[источник не указан 250 дней]: моря Афродиты, Эритрейское, Адриатическое, Киммерийское; озера Солнца, Лунное и Феникс.



Расцвет телескопических наблюдений Марса пришёлся на конец 19-го-середину 20-го века. Во многом он обусловлен общественным интересом и известными научными спорами вокруг наблюдавшихся марсианских каналов. Среди астрономов докосмической эры, проводивших телескопические наблюдения Марса в этот период, наиболее известны Скиапарелли, Персиваль Ловелл, Слайфер, Антониади, Барнард, Тихов, Вокулёр. Именно ими были заложены основы ареографии и составлены первые подробные карты поверхности Марса- хотя они и оказались практически полностью неверными после полётов к Марсу автоматических зондов.

Успешно завершённые миссии

Маринер-4 1964 год.

Маринер-6 и -7 1969 год.

Маринер-9 1971 год.

Марс-2 Запущен 28 мая 1971 года в 19:26 МСК. 27 ноября 1971 доставлен первый рукотворный объект на поверхность Марса.

Марс-3 Запущен 19 мая 1971 года в 20:22 МСК. 2 декабря 1971 первая в истории космонавтики мягкая посадка на поверхность Марса. Миссия выполнена частично.

Марс-4 1974. Получены фотографии поверхности с пролётной траектории.

Марс-5 12 февраля 1974. Вышел на околомарсианскую орбиту.

Марс-6 12 марта 1974. Спускаемый аппарат достиг поверхности Марса. Миссия выполнена частично.

Марс-7 1974.

АМС «Викинг» и АМС «Викинг-2» 1976—1982 годы.

АМС «Фобос-2» в 1988 году миссия выполнена частично.

Mars Global Surveyor с 1996 по 2006 год.

Mars Pathfinder 1996 год.

Phoenix — 2007 год.

Неудавшиеся миссии

Бигль-2 2003 год. (Посадочный модуль Mars Express. Не вышел на связь после посадки)

Deer Space 2 1999 год. (Утеряна связь после входа в атмосферу)

Mars Polar Lander 1999 год. (Авария при посадке)

Mars Climate Orbiter 1999 год. (Авария при попытке вывода на орбиту Марса)

Нодзоми 1998 год. (Не удалось вывести на орбиту Марса)

«Марс-96» 1996 год. (Не сработала разгонная ступень)

Mars Observer 1992 год. (Утеряна связь)

АМС «Фобос-2» 1988 год. (Выведен на орбиту Марса. Утеряна связь)

АМС «Фобос-1» 1988 год. (Утеряна связь)

Космос-419 1971 год. (Не сработала разгонная ступень)

Маринер-8 1971 год. (Авария ракеты-носителя)

Марс 1969В 1969 год. (Авария ракеты-носителя)

Марс 1969А 1969 год. (Авария ракеты-носителя)

Зонд-2 1964 год. (Не попал в район Марса)

Маринер-3 1964 год. (Не попал в район Марса)

Марс 1962В 1962 год. (Не сработала разгонная ступень)

Марс-1 1962 год. (Утеряна связь)

Марс 1962А 1960 год. (Не сработала разгонная ступень)

Марс 1960В 1960 год. (Авария ракеты-носителя)

Марс 1960А 1960 год. (Авария ракеты-носителя)

Текущие миссии

На орбите Марса находятся 3 активно работающие АМС:

Mars Reconnaissance Orbiter

ЕКА Марс Экспресс с радаром Marsis

Mars Odyssey

На поверхности планеты работают два марсохода:

марсоход Spirit

марсоход Opportunity

Планируемые миссии

Фобос-Грунт — запуск 2011 год; впервые — с возвращением на Землю.

Mars Science Laboratory — запуск 2011 год.

Mars Science Orbiter — запуск 28 ноября 2013 года.

MAVEN — аппарат НАСА, планируемый к запуску в 2013 году, для изучения атмосферы[20].