

Планети Земної групи: Меркурій, Венера, Земля й Марс.

До навколосонячних планет земної групи належать Меркурій, Венера, Земля й Марс. Вони відрізняються від планет-гігантів меншими розмірами і, відповідно, меншою масою. Ці планети рухаються усередині пояса малих планет. Планети близькі за такими фізичними характеристиками, як густина, розміри, хімічний склад, але при цьому кожна планета має свої особливості

Меркурій - найближча до Сонця планета. Меркурій є ендегенне пасивною планетою і знаходиться, очевидно, на примітивній стадії корового розвитку. Планета розташована від Сонця на відстані 58 млн. км. Повний оберт на небі завершує за 88 діб, період обертання Меркурія навколо своєї осі дорівнює 58,65 Доби, тобто 2/3 його обертання навколо Сонця. Таке обертання є динамічно стійким. Сонячна доба на Меркурії триває 176 днів.

Вісь обертання Меркурія майже перпендикулярна до площини його орбіти. Як свідчать радіоспостереження, температура на поверхні Меркурія в пункті, де Сонце знаходиться в зеніті, сягає 620 К. Температура нічної півкулі близько 110 К.

Уся поверхня Меркурія поцяткована кільцевими структурами різного розміру (до 120 км у поперечнику), нагадуючи цим найдавнішу формацію Місяця, але відрізняючись від неї низькою відбивною здатністю (альbedo 0,056). За допомогою радіоспостережень вдалося визначити теплові властивості зовнішнього покриву планети, що виявилися близькими до властивостей тонкоподрібнених порід місячного реголіту. Причиною такого стану порід, найімовірніше, є безперервні удари метеоритів, що майже не послаблюються розрідженою атмосферою Меркурія.

Поверхня планети вся поцяткована кратерами, утворення яких можна пояснити метеоритним бомбардуванням Меркурія, що відбувалося на перших етапах еволюції планети мільярди років тому. Великим кратерам надано імена видатних людей (Бетховен, Бах, Шекспір і т. ін.). Кратер Бетховена, наприклад, має діаметр близько 625 км, а улоговина Калорис - 1300 км. Величезна улоговина має пласку поверхню, вона поцяткована тріщинами й грядками.

Очевидно, у початковий період існування планета зазнавала сильного розігрівання, тому що глобальне стискання Меркурія зі зменшенням його радіуса на 1-2 км при охолодженні й консолідації виявилось в утворенні на його поверхні дугоподібних уступів (скарпів), що мають насуну природу.

Атмосфера Меркурія, у порівнянні із земною, сильно розріджена. За даними, отриманими з міжпланетної станції "Маринер-10", її густина не перевершує густину земної атмосфери на висоті 620 км. У складі атмосфери виявлена невелика кількість водню, гелію й кисню, містяться й деякі інертні гази, наприклад, аргон і неон.

Такі гази могли виділитися в результаті розпаду радіоактивних речовин, що входять до складу ґрунту планети. Імовірно, Меркурій у початковому стані мав повністю рідкий стан і швидке початкове обертання, яке потім сповільнилося приливним тертям.

У Меркурія виявлене власне дуже слабе **магнітне поле**, що свідчить про неповну консолідацію планети. Напруженість цього магнітного поля менша, ніж у Землі, і більша, ніж у Марса. Середня густина Меркурія ($5,44 \text{ г/см}^3$) значно вища за місячну і майже дорівнює середній густині Землі, а його маса складає лише 1/18 маси Землі.

Все це свідчить про те, що Меркурій - найбагатша на залізо планета Сонячної системи. Цілком імовірно, що материнська планета Меркурія, яка мала водневу оболонку, створила навколо себе особливо розвинуту супутникову систему, до якої відійшла велика частина її силікатного матеріалу. З утворенням Меркурія вся ця маса супутників була ним назавжди втрачена. Про життя на Меркурії не може бути й мови, оскільки на ньому дуже висока денна температура і відсутня вода.

Венера - друга від Сонця (108 млн. км) і найближча до Землі планета Сонячної системи. Період обертання навколо Сонця - 225 діб. Під час нижніх з'єднань може наблизитися до Землі до 40 млн. км, тобто ближче будь-якої іншої великої планети Сонячної системи. Синодичний період (від одного нижнього з'єднання до іншого) дорівнює 584 доби. Венера - найяскравіше світило на небі після Сонця й Місяця.

Дослідження цієї планети надзвичайно ускладнене через її дуже щільну і могутню атмосферу, що складається на 95% з молекул вуглекислого газу CO_2 , приблизно 2% азоту й інертних газів, близько 0,1% кисню, невеликої кількості окису карбону, хромоводню й фтороводню, і 0,1% водяної пари.

Діаметр Венери - 12 100 км (95% діаметра Землі), маса - 81,5% маси Землі, або 1/408 400 маси Сонця, температура біля поверхні Венери сягає 747 К, а тиск 90 атм. Знову ж через дуже щільний хмарний шар, що огортає цю планету, довго не вдавалося встановити період обертання Венери. Тільки за допомогою радіолокації з'ясували, що він дорівнює 243,2 доби, причому Венера обертається в зворотний бік у порівнянні із Землею й іншими планетами.

Вуглекислий газ і водяна пара створюють в атмосфері Венери парниковий ефект, що призводить до сильного розігрівання планети. Парниковий ефект виникає через те, що вуглекислий газ і деякі інші молекули, такі як H_2O , незважаючи на те, що їх мало, значно поглинають інфрачервоне випромінювання.

Хмарний шар Венери, за даними, отриманими зі станцій серії "Венера", розташований на висоті 49-68 км над поверхнею, а за густиною нагадує легкий туман. Але велика довжина хмарного шару робить його зовсім непрозорим для спостереження із Землі. Передбачається, що хмари складаються з крапель водного розчину сірчаної кислоти. Освітленість на поверхні в денний час подібна до земної у похмурий день.

З космосу хмари Венери виглядають як система смуг, що розташовуються зазвичай паралельно до екватора планети, однак часом вони утворюють деталі, які були помічені ще із Землі, що й дозволило встановити приблизно 4-5-добовий період обертання хмарного шару. Це чотиридобове обертання було підтверджене космічними апаратами і пояснюється наявністю на рівні хмар постійних вітрів, що дмуть у бік обертання планети зі швидкістю близько 100 м/с.

Атмосферний тиск біля поверхні Венери складає близько 9 МПа, а густина у 35 разів перевищує густина земної атмосфери. Кількість вуглекислого газу в атмосфері Венери в 400 тис. разів більше, ніж у земній атмосфері. Причиною цього, імовірно, є інтенсивна вулканічна діяльність, а крім того, відсутність на планеті двох основних поглиначів вуглекислого газу - рослинності й океану з його планктоном. Найвищі шари атмосфери Венери складаються повністю з водню. Воднева атмосфера простягається до висоти 5500 км.

Радіолокація дозволила вивчити невидимий через хмари **рельєф Венери**. У результаті були виявлені **складчасті гірські системи** з перепадом висот від 2 до 3 км, терасові вулканічні кальдери, протяжні лавові потоки і заплутана мережа розламів. Цей рельєф виник у період інтенсивної ендегенної активності Венери, що припинилася менш 1 млрд. років тому. Поверхня Венери відносно більш гладка, ніж поверхня Місяця.

На Венері, на відміну від Місяця, зустрічаються тільки великі кільцеві структури, діаметр яких коливається від 9 до 50 км. Вони оточені високими валами викинутого матеріалу і мають центральні гірки і гладкі днища, заповнені лавою. Кільцеві структури мають вулканічне експлозивне походження і, цілком імовірно, пов'язані з падінням метеоритів, незважаючи на захищеність планети від зовнішнього впливу щільною атмосферою. У результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що за морфологічним виглядом поверхні Венера, як і Марс, є "мертвою" планетою, що втратила ендегенну активність і магнітне поле. Супутників Венера не має.

Земля - одна з планет Сонячної системи. Її ендегенна активність триває вже протягом 4,6 млрд. років. Подібно до інших планет, Земля рухається навколо Сонця по еліптичній орбіті. Відстань від Землі до Сонця в різних точках орбіти неоднакова. Середня відстань складає приблизно 149,6 млн. км. У процесі руху нашої планети навколо Сонця площина земного екватора (нахилена до площини орбіти під кутом $23^{\circ}26,5'$) переміщається паралельно до самої себе таким чином, що в одних ділянках орбіти земна куля нахилена до Сонця північною півкулею, а в інших - південною.

Велику частину поверхні Землі (до 71%) займає Світовий океан. На континентах планети поширені рівнини, переважно низинні, незначну частину поверхні планети займають гори і глибоководні западини на дні океанів.

Форма Землі ближча до кулястої. Нерівності рельєфу планети підтримуються нерівномірним розподілом маси в надрах Землі. Така поверхня називається геоїдом. Геоїд (із точністю близько до сотень метрів) збігається з еліпсоїдом обертання, екваторіальний радіус якого 6 378 км, а полярний радіус на 21,38 км менший за екваторіальний. Різниця цих радіусів виникла за рахунок відцентрової сили, створюваної добовим обертанням Землі. Добове обертання земної кулі відбувається з практично постійною кутовою швидкістю з періодом 23 години 56 хв. 4,1 с, тобто одна зоряна доба, кількість яких у році рівно на одну добу більша, ніж сонячних. Вісь обертання Землі спрямована північним кінцем приблизно на зорю а Малої Ведмедиці, яка через це називається Полярною зорею.

Одна з особливостей Землі - частково збережений дотепер розплавлений стан ядра. Фізичною ознакою наявності рідкого ядра (за сейсмічними даними) і внутрішнього флюїдного запасу є **власне магнітне поле.** Під дією сонячного вітру магнітне поле Землі спотворюється й отримує "шлейф" у напрямку від Сонця, що простягається на сотні тисяч кілометрів.

Наша планета оточена великою атмосферою. Основними газами, що входять до складу нижніх шарів атмосфери, є азот (близько 78%), кисень (близько 21%) і аргон (близько 1%). Інших газів в атмосфері Землі дуже мало, наприклад вуглекислого газу близько 0,03%. Атмосферний тиск на рівні поверхні океану складає за нормальних умов приблизно 0,1 МПа. Припускають, що земна атмосфера сильно змінилася в процесі еволюції: збагатилася киснем і набула сучасного складу в результаті тривалої взаємодії з гірськими породами і за участі біосфери, тобто рослинних і тваринних організмів.

Одним із найважливіших завдань сучасної науки про Землю є вивчення еволюції атмосфери, поверхні й зовнішніх шарів Землі, а також внутрішньої будови її надр. Про внутрішню будову Землі насамперед роблять висновок за особливостями проходження крізь різні шари Землі механічних коливань, що виникають при землетрусах або вибухах. Цінні відомості дають також вимірювання величини теплового потоку, що виходить із надр, результати визначень загальної маси, моменту інерції і полярного стиснення нашої планети.

Виходячи із загальної маси Землі $5,977 \cdot 10^{21}$ г, тепло, виділюване за рік у результаті радіоактивного розпаду в надрах, дорівнює $2,3 \cdot 10^{20}$ кал. Річна втрата тепла на сьогодні складає $2,4 \cdot 10^{20}$ кал. Таким чином підтримується приблизна рівність між генерацією і втратою тепла. Оскільки тепло може передаватися тільки від більш нагрітої до менш нагрітої речовини, температура речовини в надрах Землі

вища, ніж температура на її поверхні. На основі всього комплексу наукових даних побудована модель внутрішньої будови Землі.

Тверду оболонку Землі називають літосферою. Ця оболонка складається з декількох великих літосферних плит, які повільно переміщуються одна щодо іншої. Уздовж меж "з'єднань" плит відбувається значна частина землетрусів.

Верхній шар літосфери - земна кора, мінерали якої складаються в основному з оксидів силіцію й алюмінію, оксидів феруму і лужних металів. Земна кора має нерівномірну товщину: на континентах - 35-65 км, під океаном – 6-8 км. Верхній шар земної кори складається з осадових порід, нижній - з базальтів. Між ними знаходиться шар гранітів, характерний тільки для континентальної кори. Під корою розташована так звана **мантія**, що має інший хімічний склад і велику густину. Між корою й мантією (поверхня Мохоровича) стрибкоподібно збільшується швидкість поширення сейсмічних хвиль. На глибині 120-250 км під материками і 60-400 км під океанами залягає шар мантії, що називається астеносферою.

Тут знаходиться речовина в стані, близькому до плавлення, її в'язкість сильно знижена. Усі літосферні плити ніби плавають у напіврідкій астеносфері, як крижини у воді. Товстіші ділянки земної кори, а також ділянки, що складаються з менш густих порід, піднімаються щодо інших ділянок кори. Одночасно додаткове навантаження на ділянку кори, наприклад, унаслідок нагромадження товстого шару материкових льодів в Антарктиді, призводить до поступового занурення ділянки. Таке явище називається ізостатичним вирівнюванням.

Нижче **астеносфери**, починаючи з глибини близько 410 км, "упакування" атомів у кристалах мінералів ущільнюється під впливом великого тиску. У результаті сейсмічних досліджень був виявлений різкий перехід на глибині близько 2920 км. Тут починається зовнішнє ядро, усередині якого знаходиться ще одне - внутрішнє ядро, радіус якого сягає 1250 км.

Зовнішнє ядро, мабуть, знаходиться в рідкому стані, тому що поперечні хвилі, які не поширюються в рідині, не проходять крізь нього. Внутрішнє ядро, очевидно, тверде. Біля нижньої межі мантії тиск сягає 130 ГПа, температура там не вища 5000 К. У центрі Землі температура, найімовірніше, піднімається вище 10000 К.

Земля має природний супутник - Місяць.

Марс за розташуванням четверта від Сонця планета Сонячної системи. На зоряному небі вона виглядає як немиготлива цятка червоного кольору, яка час від часу значно перевершує за блиском зорі першої величини. Марс періодично підходить до Землі на відстань до 57 млн. км, значно ближче, ніж будь-яка планета, крім Венери.

За діаметром Марс майже вдвічі менший за Землю й Венеру. Планета оточена газовою оболонкою - атмосферою, що має меншу густину, ніж земна. Атмосфера Марса складається з вуглекислого газу (0,95 за об'ємом), азоту (0,027), аргону (0,016), кисню (0,02) і водяної пари (0,01-0,015).

Еліптичність марсіанської орбіти призводить до значних розходжень клімату північної й південної півкуль: у середніх широтах зима холодніша, а літо тепліше, ніж у південних, але коротша, ніж у північних. Максимально висока температура на боці, зверненому до Сонця, -33°C, найнижча - поблизу південного полюса -139°C, поблизу північного полюса -123°C.

З отриманих відомостей про температуру на Марсі пояснювалася і природа полярних шапок, які видно в телескоп як світлі, майже білі плями біля полюсів планети. Коли в північній півкулі Марса настає літо, північна полярна шапка швидко тоне в розмірах, але в цей час росте інша - біля південного полюса, де настає зима. Виявляється, обидві полярні шапки складаються з твердого двоокису карбону, тобто

сухого льоду, що утворюється при замерзанні вуглекислого газу, який входить до складу атмосфери, і з водяного льоду з домішкою мінерального пилу.

В атмосфері Марса спостерігаються хмари і присутній більш-менш щільний серпанок із дрібних часток пилу й кристаликів льоду. За відсутності хмар видно, що газова оболонка Марса значно прозоріша, ніж земна, і ультрафіолетові промені, небезпечні для живих організмів, впливають на планету. Сонячна доба на Марсі триває 24 години 39 хв. Марсіанський рік триває близько 686,9 днів.

Поверхня Марса дуже розчленована, на ній є великі каньйони, численні високі уступи й схили. У зразках ґрунту з Марса був виявлений великий вміст окислів силіцію й феруму. Кількість Сульфуру (у вигляді сульфатів) у десятки разів перевищує вміст його у земній корі. На знімках Марса виявлені сліди як Ударно-метеоритної, так і вулканічної активності, а також сліди багатьох процесів руйнування і згладжування рельєфу поверхні, переміщення й відкладення наносів.

У південній півкулі планети збереглася первинна, сильно кратеризована кора на величезних плато, що піднімаються на 2-4 км над умовним нульовим рівнем. У північній півкулі первинна кора представлена фрагментарно, тут переважають накладені вулканічні депресії, розташовані на 1-3 км нижче нульового рівня, і височини з найвищими щитовими вулканами. На знімках поверхні Марса чітко видно "борозни", за формою подібні до русел рік на Землі. Оскільки існування річок на планеті виключається, можна припустити, що ці русла виникли в результаті розтоплювання **підповерхневого водяного льоду** в зонах підвищеного виділення тепла планети.

Марс має два невеликі супутники - Фобос (27 км) і Деймос (15 км). Супутники обертаються синхронно з планетою (у площині її екватора) по кругових орбітах радіусом 6 і 20 тис. км відповідно. За допомогою космічних апаратів встановлено, що супутники мають неправильну форму й у своєму орбітальному положенні залишаються поверненими до планети завжди одним і тим же боком.

Поверхня супутників складається з дуже темних мінералів і вкрита численними кратерами, один із яких (на Фобосі) має поперечник близько 5,3 км. Кратери, найімовірніше, виникли в результаті метеоритного бомбардування, а походження системи рівнобіжних борозен залишається невідомим.

Кутова швидкість орбітального руху Фобоса настільки велика, що він, обганяючи осьове обертання планети, сходить, на відміну від інших світил, на заході, а заходить на сході.