

Олександр Шевчук

СЕСТРА ЗЕМЛІ

Циліндрична карта поверхні Венери, складена з фото міжпланетної станції «Магеллан»

Вечоріє, але ще не зайшло за обрій сонечко. І раптом, неподалік від Сонця, на блакитному фоні неба ми помічаємо... зорю! Дивно, хіба зорі видно вдень неозброєним оком? Зорі – ні, а от планету можна побачити, щоправда, якщо це – Венера. Венеру легко розпізнати, оскільки її блиск набагато перевищує блиск найяскравіших зір. Венера – третій за яскравістю об'єкт нашого неба після Сонця і Місяця і єдиний після них об'єкт, від якого в темну безхмарну та безмісячну ніч можна побачити тіні від земних предметів! Це єдина планета, диск якої може побачити неозброєним оком людина з гострим зором. Щоправда є люди, які стверджують, що неозброєним оком бачать диск Юпітера і навіть Сатурна!

Венера – друга внутрішня планета Сонячної системи, тобто, її орбіта пролягає на меншій відстані від Сонця, аніж орбіта Землі. Ця планета отримала свою назву на честь богині кохання Венери з римського пантеону. Оскільки Венера знаходиться ближче до Сонця, ніж Земля, вона ніколи не віддаляється при спостереженнях з Землі від Сонця більше, ніж на $47,8^\circ$. Максимального блиску Венера досягає незадовго до сходу або через деякий час після заходу Сонця, тому її також називають вечірньою або ранковою зорею. В давнину вважали, що ранкова і вечірня Венери – різні зорі. Історія з двома Венерами нагадує історію з двома Мерку-



Мал. 1



Великі озера США: Верхнє, Мічиган, Гурон, Ері, Онтаріо. Фото з космосу

ріями, чи не так?¹ У телескоп, навіть невеликий, можна побачити фази планети (мал. 1). Їх вперше спостерігав у 1610 році Галілео Галілей.

Особливості руху планети та її загальні характеристики

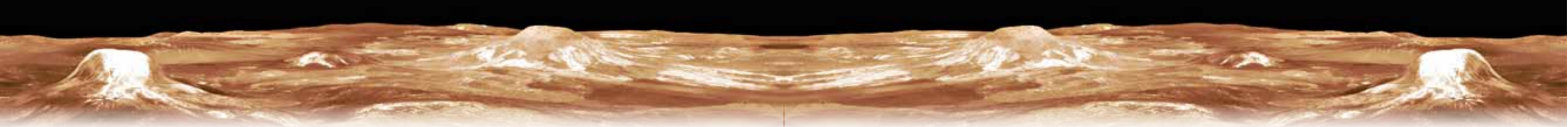
Аж ось зовсім стемніло. Венера сяє невисоко над горизонтом, наче ліхтарик. До речі, багато людей помилково сприймають Венеру за вогні далекого ліхтаря і навіть за свічення НЛО!

Венера не має природних супутників. У минулому мали місце численні заяви про спостереження супутників Венери, але щоразу такого роду „відкриття” були помилковими. Венера рухається навколо Сонця по майже ідеальному колу. Найближча до Сонця точка її орбіти – перигелій – знаходиться на відстані 107 476 259 км, а найдальша – афелій – на відстані 108 942 109 км від Сонця. Відстань від Землі до Венери змінюється від 40 678 000 до 258 535 000 км. Швидкість орбітального руху планети – 35 км/с.

Нещодавно фантасти змальовували Венеру мало не раєм для людини: теплі моря, атмосфера, насичена киснем і приємна для дихання, яка захищає від спопеляючого сонячного світла. Здавалося б, для цього є підстави. Венеру навіть називають сестрою Землі. Судіть самі: середня густина Венери – $5,24 \text{ г/см}^3$ – трохи менше земної, радіус дорівнює $(6051,8 \pm 1,0) \text{ км}$; це лише на 320 км (5,2 %) менше за значення радіуса Землі. Маса Венери приблизно дорівнює $4,8685 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, що становить 81,5 % від маси Землі. Нахил орбіти Венери до площини орбіти Землі складає $3^\circ 39'$. Середня густина поверхневих порід на Венері – $2,7 \text{ г/см}^3$ – теж практично така ж, як на Землі. Прискорення вільного падіння на поверхні планети становить $8,87 \text{ м/с}^2$, що дещо менше, ніж на Землі ($9,81 \text{ м/с}^2$). Обидві планети мають щільні атмосфери, в обох схожий хімічний склад кори. Але на цьому схожість закінчується.

¹Читай журнал „Колосок” № 10/2013.





Венера обертається навколо своєї осі, відхиленої на $2,64^\circ$ від перпендикуляра до площини орбіти, зі сходу на захід, тобто в напрямку, протилежному напрямку обертання більшості планет. За допомогою радіолокації було встановлено, що сидеричний період обертання Венери навколо власної осі² 243,023 земних діб, а сидеричний період обертання навколо Сонця³ складає 224,7 земних діб. Комбінація цих рухів дає величину сонячної доби на планеті 116,75 земних діб. Цікаво, що один оберт навколо своєї осі по відношенню до Землі Венера здійснює за 146 земних діб, а синодичний період⁴ обертання становить 589,2 земних доби, тобто майже вчетверо довше. В результаті, в кожному нижньому сполученні⁵ Венера практично повернена до Землі однією стороною. Поки невідомо, чи є це випадковим збігом, або ж це результат взаємного гравітаційного впливу Землі і Венери.

Дослідження Венери космічними апаратами

Венера може підходити до Землі найближче з усіх планет, – ще один факт на користь думки про те, що ці планети „сестри”. Однак щільна хмарна атмосфера не дозволяє бачити поверхню Венери безпосередньо, і всі дослідження проводяться за допомогою радарів або автоматичних міжпланетних станцій.

До Венери було запущено 47 космічних апаратів (в тому числі й на прольотних траєкторіях). З них 6 місій були частково успішними, 2 апарати були втрачені і не досягнули околиць планети, а 39 місій повністю виконали всю програму дослідження планети. Першим космічним апаратом, що призначався для вивчення Венери, був радянський апарат „Венера-1”, запущений 12 лютого 1961 р. Він передав фотографічне зображення планети з відносно близької відстані (мал. 2), але спроба досягнути поверхні Венери була невдалою. Згодом до Венери попрямували „Маринер-2”, „Зонд-1”, „Венера-2”, „Венера-3”. Останні три місії не виконали всього обсягу запланованої роботи. „Венера-4” повинна була сісти на поверхню Венери. Вчені вважали, що тиск біля поверхні планети складає 10 атмосфер. Але спускний модуль був

²Період обертання відносно зір – час, за який певна точка поверхні планети займе те саме положення відносно зір.

³Період обертання відносно зір – час, за який лінія, яка сполучає центри планети та Сонця займе те ж саме положення відносно зір.

⁴Період обертання під час спостережень із Землі – час, за який повторюється кут, що утворюють центри планети, Сонця і Землі.

⁵Положення планети, у якому вона розташована між Сонцем та Землею.

розчавлений атмосферою Венери ще на висоті 28 км від її поверхні тиском у 100 атмосфер. Лише спускний апарат „Венера-7” 15 грудня 1970 року досягнув поверхні Венери і пропрацював на ній 23 хвилини. За цей час апарат провів дослідження атмосфери, поки не розплавився в її палких обіймах.

У 1975 р. космічні апарати „Венера-9” і „Венера-10” передали на Землю перші фотографії поверхні Венери; в 1982 р. „Венера-13” і „Венера-14” передали з поверхні Венери кольорові зображення (мал. 3). Втім, умови на поверхні Венери такі, що жоден з космічних апаратів не пропрацював на планеті більше двох годин.

В даний час космічний апарат „Венера-експрес” на орбіті планети досліджує її використанням інфрачервоної спектроскопії на довжинах хвиль(1–5) мкм. Зонд японського аерокосмічного агентства „Акацукі”, запущений у травні 2010 року, був призначений для вивчення структури і активності атмосфери планети протягом двох років, але маневр виходу на орбіту в грудні 2010 року закінчився невдачею. Є можливість повторної спроби виходу на орбіту Венери в 2016–2017 роках, коли апарат знову наблизиться до планети. Зонд *Venus in Situ Explorer*, розроблений у рамках програми *New Frontiers*, імовірно, буде досліджувати Венеру за допомогою орбітального апарату, аеростата і посадочного модуля. Дані, зібрані зондом, дадуть уявлення про процеси, які призвели до зміни клімату планети, а також підготуватися до наступної місії, яка доставить на Землю зразки ґрунту.



Мал. 2



Мал. 3

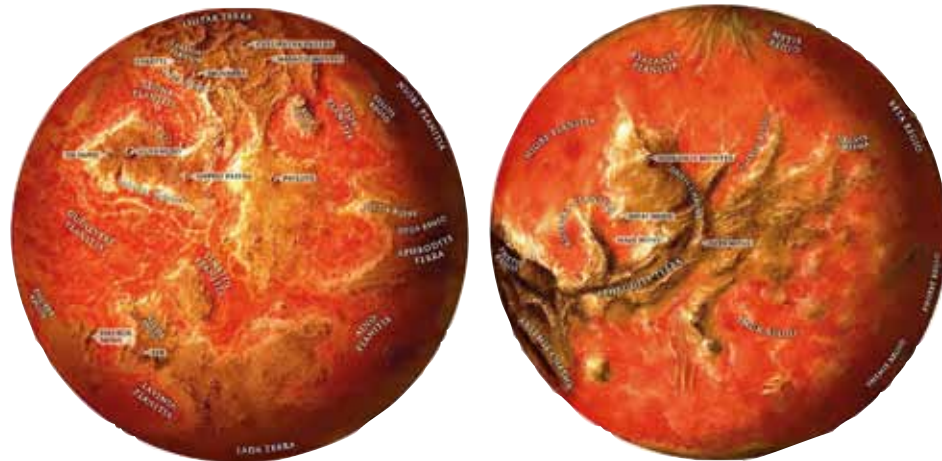




Особливості рельєфу поверхні Венери

Поверхню Венери приховує надзвичайно густа атмосфера, в якій плавають потужні багатокілометрові хмари з сірчаної кислоти, тому побачити поверхню планети у видимому світлі не можна. Але її атмосфера прозора для радіохвиль, за допомогою яких і був досліджений рельєф планети. На поверхні Венери є великі за розміром, але неглибокі кратери. При цьому, ударні кратери – рідкісний елемент венерианського пейзажу. На всій планеті є лише приблизно 1000 кратерів ударного походження. Причиною виникнення переважної більшості кратерів швидше за все є вулканізм.

Згідно гіпотези, мільярди років тому Венера настільки розігрілася, що океани, які вірогідно були на її поверхні, повністю випарувалися, залишивши після себе пустельний пейзаж з безліччю плитоподібних скель. Водяний пар планети піднявся високо над поверхнею, і був винесений сонячним вітром⁶ в міжпланетний простір.



Мал. 4

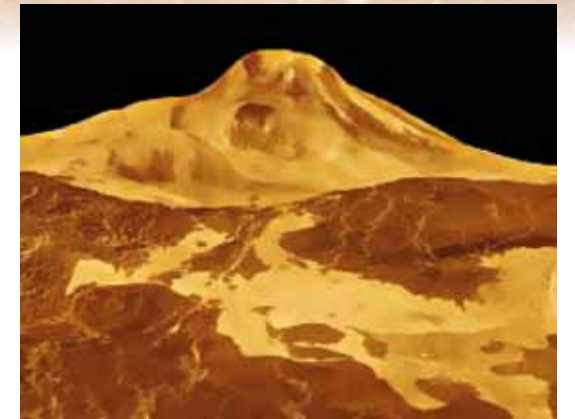
Першу карту частини венерианської поверхні за даними радіолокації склала геологічна служба США 1980 року. Повна (крім південних полярних областей) детальна карта поверхні Венери складена 1997 року в масштабах 1:10 000 000 та 1:50 000 000 Американською геологічною службою (мал. 4) з використанням даних радіозонда „Магеллан“. Картографування виявило на Венері великі за площею височини. Найбільші з них – Земля Іштар і Земля Афродіти за розмірами не поступаються земним материкам. Гори Максвелла (мал. 5) на Землі Іштар височать на 11 км над середнім рівнем по-

⁶Потік сонячної плазми, який здебільшого складається з іонізованих атомів Гелію та Гідрогену.



верхні. Значна частина поверхні планети геологічно молода (її вік 500 млн. років), близько 90 % її поверхні вкрито базальтовою лавою.

Поверхня Венери всипана гладкими скельними уламками, склад яких близький до земних базальтів. Освітленість поверхні Венери така, яка буває на Землі в середніх широтах у хмарний літній полудень. Але на твердий ґрунт неможливо було б ступити,

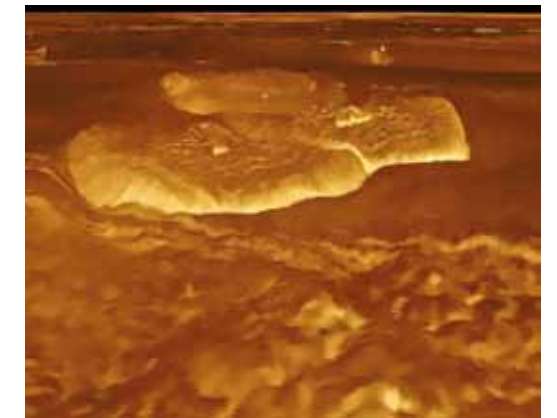


Мал. 5

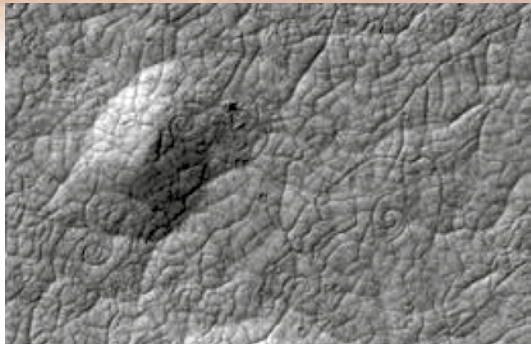
так як температура поверхні близька до 420 °C (!), а зареєстрований максимум температури на поверхні Венери +480 °C! Порівняйте з температурою в підсонячній точці на екваторі Меркурія. Висновки робіть самі. Винуватцем такої аномально високої температури на поверхні Венери є парниковий ефект, який розігріває атмосфери й інших планет. Але якщо в атмосфері Марса він збільшує температуру поблизу поверхні на 9 °C, в атмосфері Землі – на 35 °C, то в атмосфері Венери цей ефект досягає 400 °C! На поверхні планети течуть ріки довго не застигаючої лави (мал. 5).

Переважаючим елементом рельєфу планети, який займає приблизно 85 % її площі, є базальтові рівнини, перетнуті мереживом вузьких звивистих гряд з пологими схилами (мал. 6). Такі ж гряди є на вулканічних рівнинах Місяця і Марса. У межах рівнин спостерігаються специфічні кільцеві вулкани – „вінці“, тектонічні структури поперечником в сотні кілометрів.

Структурний малюнок поверхні планети визначається численними тектонічними розломами і нагадує черепичну покрівлю. Ландшафти такого типу (мал. 7) називають „тессерами“ (від. гр. „черепиця“). Утворенню тессер передувало формуванню рівнин, які утворювались після тверднення лавових виливів (мал. 8). І рівнини, і тессери розсікають протяжні тисячокілометрові жолоби, вкритими мереживом тектонічних розломів. Їхня топографія і морфологія схожа на так звані *рифтові зони* на Землі і, мабуть, має ту ж

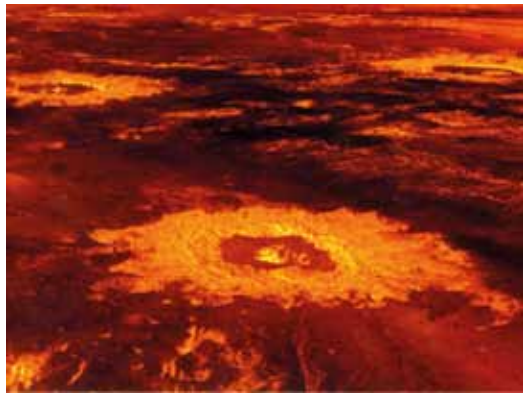


Мал. 6



Мал. 7

На знімках поверхні планети видно загадкові „русла” (мал. 9) довжиною від сотень до декількох тисяч кілометрів і шириною від 2–3 до 10–15 км. Вони мають типові ознаки долин, прорізаних потоками якоїсь рідини; окремі „протоки” то розходяться, то сходяться, а зрідка утворюють щось на зразок дельт земних річок.

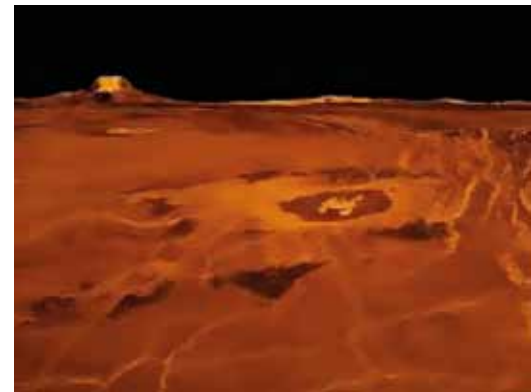


Мал. 8

На початку найдовшого русла протяжністю близько 7 000 км і шириною 2–3 км, названого долиною Балтис, знаходиться базальтовий вулкан розміром приблизно 100 км. Спочатку вважали, що за цими „руслами” тече гаряча, не застигла, лава. Але розрахунки показують, що на шляху довжиною 7 000 км базальтовій лаві не вистачило б запасу тепла, щоб переміщатися і розплавляти речовину базальтової рівнини, прорізаючи в ній русло. Можливо, потоки – це сильно перегріті лави або ще більш екзотичні рідини на зразок розплавлених карбонатів або розпавленої сірки. Можна також припустити, що цей глибокий тектонічний розлом, заповнений гарячою рідкою лавою, постійно підігрівається ендегенним теплом планети.

Правила найменування деталей рельєфу Венери були затверджені на XIX Генеральній асамблеї Міжнародного астрономічного союзу

Мал. 9



(МАС) 1985 року. Було вирішено використовувати в номенклатурі лише жіночі імена. Великі кратери Венери називають на честь знаменитих жінок, малі отримують звичайні жіночі імена. Назви форм рельєфу Венери, які не належать до кратерів та похідних морфологічних структур, пов'язані з міфічними, казковими і легендарними жінками: височини називають на честь богинь різних народів, а зниженням рельєфу дають жіночі імена інших міфічних персонажів. Плато називають на честь богинь любові і краси; тессери – богинь долі, щастя й удачі; гори, куполи, долинні області називають іменами різних богинь, велеток⁷, титанід⁸; пагорби – іменами морських богинь; уступи – іменами богинь домашнього вогнища, вінці – іменами богинь родючості та землеробства; гряди – іменами богинь неба і жіночих персонажів, пов'язаних у міфах з небом і світлом. Борозни та грабени отримують назви войовничих жінок, а каньйони – імена міфологічних персонажів, пов'язаних з полюванням і лісом.

Атмосфера Венери

Атмосфера Венери найщільніша серед інших планет земного типу і складається в основному з вуглекислого газу. Це пояснюється тим, що на Венері відсутній кругообіг Карбону і немає організмів, які б переробляли Карбон в біомасу.

Космічні зонди встановили склад атмосфери Венери: 97 % вуглекислоти CO₂, приблизно 3 % азоту N₂, і лише 0,05 % води H₂O. У вигляді домішок в атмосфері Венери містяться CO, SO₂, HCl, HF, H₂SO₄, HSO₃. У хмарах Венери багато сірчаної кислоти (ймовірно, навіть фтористо-сірчаної). Як бачите, нічого схожого на склад повітря.

Маса атмосфери Венери приблизно в 100 разів перевищує масу атмосфери Землі, тиск поблизу поверхні сягає 100 атмосфер. Як вже зазначалось вище, велика кількість CO₂ в атмосфері разом з парами води і сірчанним газом створює сильний парниковий ефект, і тому Венера – найгарячіша планета в Сонячній системі (середня температура поблизу поверхні 467 °C!). А вона ж отримує лише 28 % сонячної енергії в порівнянні з Меркурієм. Середня температура поверхні Венери вища, ніж температура плавлення свинцю (327 °C), олова (232 °C) і цинку (420 °C). Розрахунки показують, що за відсутності атмосфери максимальна температура поверхні Венери не перевищувала б 80 °C.

⁷Злі духи у германо-скандинавській міфології.

⁸У грецькій міфології жінки-титани другого покоління, народжені від шлюбів титанів – дітей Урана та Геї. Іноді титанідів розглядають як нове покоління богів, але не олімпійських.





Мал. 10

Автоматичні зонди встановили, що сірчані хмари мають товщину у 20–40 км (!) і сягають до висоти приблизно 30 км. Нижче знаходиться область гарячого їдкого туману із сконденсованих парів сірчаної кислоти (мал. 10). На Венері випадають сірчано-кислотні дощі, а повітря з гарячого вуглекислого газу розривають блискавки (мал. 11) і стрясає гуркіт страшного грому, від якого лопнули б барабанні перетинки. Думаю, що ні у кого з читачів не виникає щонайменшого бажання прогулятись навіть з парасолькою під таким дощиком! А втім, кислотні дощі на Венері ніколи не досягають поверхні планети, а випаровуються від спеки (це явище відоме як *virgo*).

На відміну від блискавок на Юпітері, Сатурні та Землі, блискавки на Венері унікальні: вони виникають не у водяних хмарах, а в хмарах із сірчаної кислоти! Сульфур потрапив у атмосферу в результаті вулканічної активності, і за високих температур не утворив твердих сполук, як на Землі. Велика грозова активність атмосфери Венери пояснюється слабким магнітним полем, яке менше, ніж у Землі, принаймні в 100 000 разів. Венера близька до Сонця, тому її атмосфера зазнає відчутного впливу припливних сил, і над її поверхнею виникає електричне поле, напруженість якого може вдвічі перевищувати магнітне поле Землі.

Атмосфера планети постійно циркулює і обертається. Повний цикл її обертання складає лише чотири земних дні – це набагато швидше, ніж



Мал. 11

планета здійснює оберт навколо своєї осі. За такого обертання вітри на планеті мають швидкості до 100 м/с (~ 360 км/год), і „переганяють” точки на екваторі планети в 60 разів! Для порівняння, на Землі найсильніші вітри мають швидкість, яка складає від 10 % до 20 % швидкості обертання точок на екваторі (460 м/с). Проте швид-

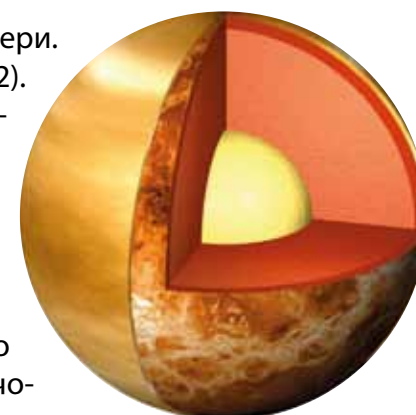


кість вітру на Венері зменшується з висотою, досягаючи 10 км/год поблизу поверхні. Поблизу полюсів планети виникають антициклонічні структури – полярні вихори.

За таких суворих умов на поверхні Венери наявність життя є малоюмовірною, проте останнім часом на Землі виявили мікроорганізми, що живуть в екстремальних умовах – *екстремофіли*. *Термофіли* і *гіпертермофіли* процвітають за температур кипіння води, а *цидофіли* живуть в лугах. Ймовірно, що життя на мікробному рівні можливе й в хмарах атмосфери Венери.

Внутрішня будова планети

Є декілька моделей внутрішньої будови Венери. Найвірогідніше, на Венері є три оболонки (мал. 12). Перша – кора (приблизно 16 км), далі – мантія, силікатна оболонка, що простягається на глибину 3 300 км до границі з залізним ядром, маса якого становить приблизно чверть маси планети. Оскільки власне магнітне поле у планети відсутнє, то можна припустити, що в залізному ядрі немає переміщення заряджених частинок – електричного струму, що викликає магнітне поле. Отже, рух речовини в ядрі відсутній, тобто, воно знаходиться у твердому стані. Густина речовини в центрі планети досягає 14 г/см³.



Мал. 12

Завдання для кмітливих

1. Тривалість сонячної доби на Венері складає 116,8 земних діб. Скільки венерианських діб вміщується у венерианський рік? Використовуючи отримані дані склади календар для Венери.
2. Люди з гострим зором можуть спостерігати Венеру у вигляді серпика. Подумай, чому серпика, а не диска?
3. Чи змінювалися б пори року на Венері, якби вона мала таку атмосферу, як Земля?
4. Чому малоюмовірно, що кратери на поверхні Венери мають ударне (імпактне) походження?
5. За який мінімальний (максимальний) час світло долає відстань від Венери до Землі?

