**1. БУДОВА ЗЕМЛІ**

**1.1. Земля в космічному просторі**

Земля як планета входить в склад Сонячної системи. Діаметр Сонячної системи до орбіти Плутона сягає 5,9·109 км. Саме ж Сонце є зіркою середнього розміру з діаметром 1,39·106 км. Температура на його поверхні визначена астрономами приблизно в 5600° C, а в надрах – 20000000° С. Майже вся сонячна енергія, яка досягає Землі, приходить у вигляді електромагнітного випромінювання. Земна атмосфера для деяких довжин хвиль непрозора, але теплове випромінювання і видиме світло вільно проникають через неї.

Енергія, яка виділяється Сонцем, залишається практично незмінною: варіації складають, ймовірно, лише невеликі відсотки. Життя на Землі може зберігатися в діапазоні температур від мінус 100 до плюс 100° С. Існування безперервно еволюціонованого ряду викопних форм життя, який прослідковується по скам’янілостях майже на 3 млрд. років, безперечний доказ постійності температури Сонця протягом тривалого часу.

Вік Сонця оцінюється приблизно в 5 млрд. років. На Землю постійно попадають шматочки неземної речовини – метеорити і метеоритний пил, вивчення яких дозволяє судити про будову космічних тіл, вік Сонячної системи, походження Землі. Щоденно на Землю випадають сотні тон метеоритного пилу. На суші його виявити практично неможливо, зате в глибоководних відкладах океанів і в сніжно-крижаному покриві Антарктиди метеоритний пил помітний. Знахідки метеоритів дуже рідкісні, і вони цінні в науковому відношенні. Самий крупний з відомих метеоритів важить 59 т, він знайдений на південному заході Африки.

Іноді на Землю падають тіла набагато крупніші, ніж звичайні метеорити. При ударі крупних космічних тіл об Землю утворюються *астроблеми* – великі вирви на зразок місячних кратерів розміром від сотень метрів до десятків кілометрів в діаметрі. Глибина таких вирв складає десятки і сотні метрів. Добре вивчені наслідки падіння на Землю астероїда діаметром біля 10 км, яке відбулося приблизно 65 млн. років назад [7]. На підході до Землі він розвалився на декілька уламків, які утворили астроблеми по всій планеті. Це – Чиксулуб в Мексиці (діаметр 180 км), Кара (60 км) і Усть-Кара (25 км) на Полярному Уралі, Менсон (35 км) в штаті Айова в США, Кам’янка (25 км) і Гусівка (1 км) на Донбасі. Пил і пара, викинуті в атмосферу з кратерів, які утворилися при вибуху уламків, на багато років затемнили Сонце і викликали різке довготривале похолодання. Але, мабуть, найстрашнішим лихом були кислотні дощі. В Мексиці існували соленосні відклади великої потужності, і при утворенні кратеру Чиксулуб випарувалась велика кількість ангідриту CaSO4. На Землю випав дощ із сірчаної кислоти, в середньому 1200 г кислоти на кожний квадратний кілометр поверхні планети. Таке поєднання несприятливих умов спричинило загибель рослин і тварин на суші та у верхніх шарах океанічних вод до глибини 200 м.

Земля – одна з 9 планет, які обертаються навколо Сонця (рис. 1.1). Перерахуємо їх в порядку віддалення від Сонця: Меркурій, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Перші чотири планети кам’яні, решта газові. Орбіти планет за формою близькі до кругових і лежать майже в одній площині.

******

***Рис.1.1. Будова Сонячної системи***

Окрім планет, навколо Сонця рухаються 33 супутники планет, біля 50 тисяч дрібних твердих астероїдів і безліч метеоритів, – все це і утворює Сонячну систему. До Сонячної системи також належать комети – туманні об’єкти із світлим ядром в центрі та з більш або менш розвиненим хвостом. Весь об’єм комети практично заповнений розрідженим газом. Обрити комет мають дуже великий ексцентриситет, вони вилітають далеко за орбіту Плутона. Період їх обертання навколо Сонця складає багато десятків або сотень років. Сама знаменита для землян комета Галлея, яку можна спостерігати один раз в 79 років, коли вона пролітає поблизу орбіти Землі.

Маса Сонця складає 99,8 % загальної маси Сонячної системи, а маса Юпітера – найбільшої з планет – всього біля 0,1 %. Тому Сонце являє собою центр тяжіння для всіх тіл, однак планети і їх супутники володіють достатньою орбітальною швидкістю, щоб не впасти на Сонце під дією його гравітаційного тяжіння.

Земля – найбільша з чотирьох кам’яних планет, близьких до Сонця. Її відстань від Сонця біля 150 млн. км. Швидкість руху по орбіті 29,7 км/с, повний оборот по орбіті вона створює за 365,26 діб. Період обертання складає 24 години. В результате цього обертання виникли невелике екваторіальне здуття і полярний стиск, так, що діаметр в екваторіальному перерізі на 43 км більший діаметра, який з’єднує полюси обертання. Форма Землі називається *геоїд*.

**1.2. Будова Землі**

Земля має зональну будову (рис. 1.2). Оболонки Землі виділені за швидкостями розповсюдження сейсмічних хвиль при землетрусах і при штучних вибухах. Середня густина Землі 5,52 г/см3.



***Рис. 1.2. Внутрішня будова Землі***

***Земне ядро.*** Тиск в центр Землі сягає 3,5 млн. атмосфер. Об’єм земного ядра складає 16,2 % об’єму Землі, а маса – 32 % всієї маси Землі. Є припущення, що внутрішнє ядро радіусом 1255 км тверде і має густину біля 13 г/см3, що, мабуть, відповідає стану металічного заліза при цьому тиску. Густина речовини у зовнішньому ядрі 9,9 – 12,5 г/см3, і воно знаходиться в рідкому стані. Товщина зовнішнього ядра рівна 2220 км.

Сучасні спеціалісти вважають, що земне ядро майже на 90 % являє собою залізо з домішками кисню, сірки, вуглецю і водню, причому внутрішнє ядро має залізо-нікелевий склад, що повністю відповідає складу багатьох метеоритів.

***Мантія Землі*** являє собою силікатну оболонку товщиною 2900 км між ядром і підошвою літосфери. Маса мантії складає 67,8 % загальної маси Землі. Досить важливим елементом в будові мантії є зона, яка підстилає підошву літосфери. Фізично вона являє собою поверхню переходу зверху до низу від твердих порід до частково розплавленої мантійної речовини, яка знаходиться в пластичному стані і складає астеносферу. Верхня межа мантії і нижня межа земної кори розділені поверхнею Мохоровичича. На цій межі різко збільшується швидкість сейсмічних хвиль, а густина речовини зростає з 2,8 до 3,3 г/см3.

За сучасними уявленнями, мантія має ультраосновний склад і є джерелом землетрусів, вулканічних явищ і горотвірних процесів.

***Земна кора*** має потужність в середньому 40 км. Розрізняють океанічний і континентальний типи кори. *Океанічна кора* молода, товщиною 5–8 км, має двошарову будову, складається з 300–700 м глибоководних відкладів зверху і базальтів знизу. Розростання океанічного дна відбувається по серединно-океанічних хребтах за рахунок інтенсивної вулканічної діяльності (рис. 1.3).



***Рис.1.3. Розростання океанічного дна***

В тих місцях, де океанічна кора засувається під континент, виникають глибоководні жолоби. Їх протяжність може досягати 1000 км і більше, а ширина 200-300 км. Такі ділянки земної кори називають геосинкліналями; в них накопичуються товщі відкладів потужністю від 6 до 20 км. Стадія накопичення відкладів може тривати десятки і сотні мільйонів років. Потім наступає орогенічна стадія (стадія утворення гір), під час якої товщі порід деформуються з утворенням складок і розривів, зазнають метаморфізм і прориваються інтрузіями. В орогенічну стадію відбувається підняття території, потім слідує розмив і поновлюється накопичення відкладів, часто уже в неморській обстановці.

*Континентальна кора* складається з трьох шарів (рис. 1.4). Верхній осадовий шар – це переважно піщано-глинисті відклади і карбонати мілководних морських басейнів. Шар відсутній на древніх щитах і досягає потужності 15–20 км в крайових прогинах платформ. Під осадовим залягають два шари кристалічних порід, між якими проходить слабо виражений розділ. Швидкість сейсмічних хвиль у верхньому шарі відповідає тій швидкості, яка характерна для граніту, а в нижньому – для габро або базальту. Тому верхню частину земної кори називають гранітним шаром, а нижню – базальтовим. Відмінністю континентальної кори від океанічної є наявність в ній гранітного шару.



***Рис. 1.4. Схема будови континентальної і океанічної кори***

*1 – осадовий шар; 2 – гранітний шар; 3 – базальтовий шар; 4 – мантія*

Під високими горами потужність кори збільшена за рахунок гранітного шару, і чим вищі гори, тим товще кора. Наприклад, під Гімалаями потужність земної кори максимальна і сягає 70 км.

Важливою обставиною, яка відрізняє земну кору від інших внутрішніх геосфер, є наявність в ній підвищеного вмісту радіоактивних ізотопів урану, торію, калію, причому їх найбільша концентрація відзначена для гранітного шару континентальної кори. В океанічній корі радіоактивних елементів дуже мало.

***Літосфера*** – це кам’яна оболонка Землі, яка поєднує земну кору і підкорову частину верхньої мантії (див. рис. 1.3). Характерною ознакою літосфери є те, що в неї входять породи в твердому кристалічному стані, і вона володіє твердістю і міцністю. Розташована під літосферою пластична оболонка мантії – *астеносфера* не володіє міцністю і може текти навіть під дією дуже малих надлишкових тисків.

На початку XX століття А. Вегенер висунув гіпотезу дрейфу материків, яка послужила початком розробки принципово нової геологічної теорії тектоніки плит, яка описує формування континентів і океанів на Землі. Поштовхом для створення гіпотези виявилась вражаюча геометрична подібність обрисів узбережь Африки і Південної Америки, але далі гіпотеза отримала підтвердження при палеонтологічних, мінералогічних і геолого-структурних дослідженнях.

Суть теорії тектоніки плит складається в наступному. Біля 200 млн. років тому назад всі існуючі нині материки були згруповані в єдиний супер континент – Пангею. Вона складалася з двох крупних частин: північної – Лавразії, яка включала в себе Європу, Азію (без Індосанту), Північну Америку, і південної – Гондвани, яка містила Південну Америку, Африку, Антарктиду, Австралію, Індостан. Ці дві частини Пангеї були розділені глибокою затокою океану Тетіса. Потім Пангея розпалася на окремі плити, які «роз’їхалися» по астеносфері і дали початок сучасним материкам. Зараз у верхній оболонці Землі вчені виділяють сім крупних плит, сім плит середнього розміру і безліч дрібних. Всі плити під впливом конвективних течій в мантії переміщуються одна відносно одної, тому їх межі чітко маркуються зонами підвищеної сейсмічності.

Розрізняють три види переміщення плит.

1) Плити ковзають відносно одна одної. На їх межах відбувається активна сейсмічна діяльність.

2) Плити рухаються в різні сторони. При цьому в корі утворюється система глибинних розломів (рифтова долина), по яких виливається магма і утворюється нова океанічна кора.

3) Плити рухаються назустріч одна одній і стикаються. Океанічна плита при цьому «пірнає» під континентальну і поглинається мантією. Якщо стикаються континентальні плити, то відбувається зминання їх окраїнних частин або одна плита наповзає на іншу, і утворюються гори.

Космічні і геофізичні спостереження дозволили розрахувати швидкість віддалення Австралії від Антарктиди – 7 см/рік, Південної Америки від Африки – 4 см/рік, Північної Америки від Європи – 2,3см/рік. Червоне море розширюється на 1,5 см за рік. Індостан стикається з Євразією з швидкістю 5 см за рік, і в місці їх зчленування ростуть Гімалайські гори з швидкістю 1 см за рік.

***Атмосфера*** – це повітряна оболонка, яка оточує Землю. 78% її складає азот, 21 % кисень, 0,94 % аргон, 0,03 % вуглекислий газ та інше – суміш інертних газів та інших з’єднань. Оскільки атмосфера легко піддаєтеся стиску, половина її маси знаходиться нижче рівня 5500 м. Маса атмосфери складає менше однієї мільйонної маси твердої Землі, але її вплив надзвичайно великий. Атмосфера підтримує різні форми життя на Землі і виконує інші важливі функції. Вона діє як термічний щит, який відбиває або поглинає більшу частину радіації, яка поступає від Сонця, і захищає Землю від надмірного ультрафіолетового випромінювання. В атмосфері згорають метеорити. Завдяки атмосфері відбувається кругообіг води в природі. Важливим агентом перенесення пилу і піску є вітер. Окрім того, вітер – рухома сила при утворенні хвиль і прибережних течій, які також дають великий геологічний ефект.

Атмосфера поділяється на природні шари (рис. 1.5), які визначаються температурою і тиском. *Тропосфера* являє собою область конвекції, яка перемішує маси повітря; поблизу полюсів висота тропосфери складає 6 км, біля екватора – до 18 км. Пил і водяна пара зосереджені переважно в тропосфері, і хмари утворюються в цій зоні. В тропосфері температура в середніх широтах зменшується приблизно на 1 °С на кожні 160 м висоти. Така тенденція зберігається аж до висоти 10–13 км, де починається зона майже постійної температури, яка коливається від мінус 50 до мінус 55 °С. Ця холодна ізотермічна зона (зона рівних температур) являє собою основу стратосфери.

*Стратосфера* являє собою область холодного чистого розрідженого повітря при відсутності конвекції, верхня її межа розташована на висоті 55–60 км. В стратосфері спостерігається повільне підвищення температури з висотою, що пояснюється присутністю озону, який утворюється під впливом ультрафіолетових променів; в цьому шарі дуже мало зважених часток. Іноді на висоті 20–30 км видно перламутрові, або жемчужні хмари, які складаються з кристаликів льоду.

Після сильних вулканічних вивержень вулканічний пил може місяцями або роками триматися в стратосфері, забарвлюючи сходи і заходи Сонця в яскраві кольори. Велика кількість вулканічного пилу в стратосфері понижує сонячну радіацію, яка досягає до Землі, і викликає похолодання клімату. Існує припущення, що початок льодовикових періодів був викликаний інтенсивними вулканічними виверженнями.



***Рис. 1.5. Вертикальний розріз атмосфери***

*Мезосфера*, *термосфера* і *екзосфера* характерні тим, що в їх складі переважають іонізовані гази, і тому ці оболонки об’єднують в іоносферу. Висота атмосфери досягає більше 2000 км.

***Гідросфера*** – водна оболонка Землі. Вона поділяється на океаносферу, води суходолу і льодовиків. Кількість води в океаносфері складає 1370 млн. км3, води суходолу 4 млн. км3, материкових льодів 16–20 млн. км3.

Гідросфера займає три четверті поверхні суші. Температура води в поверхневому шарі океанів коливається від мінус 3 до плюс 45 °С, а на дні океанів від мінус 1,3 до плюс 3 °С.

Середня глибина сучасних океанів 3,8 км, найбільша глибина виміряна в Маріанській впадині і складає 11022 м. В Світовому океані міститься в 60 раз більше діоксиду вуглецю СО2, ніж в атмосфері, зате кисню в океані майже в 150 раз менше, ніж в атмосфері. Середня солоність морської води складає 35 г/л. Солі представлені переважно хлоридами, сульфатами і карбонатами натрію, калію і кальцію, але присутні також йод, фтор, фосфор, рубідій, цезій, золото та інші елементи.

Світло проникає у воду до глибини 200 м, і тут зосереджена практично вся морська фауна і флора. Глибоководні дослідження, проведені в останні роки, дозволили встановити наявність горизонтальних і вертикальних течій в океанах, які перемішують водні маси і роблять їх придатними для життя різних організмів. Гідросфера відіграє важливу роль в проявах багатьох геологічних процесів, особливо в поверхневій зоні земної кори. Під дією гідросфери відбувається інтенсивне руйнування гірських порід, їх переміщення та перевідкладення.

***Біосфера.*** Особливу оболонку Землі, яка складається з живих організмів рослинного і тваринного походження, являє собою біосфера. В усій товщі океанічних вод відмічене існування форм життя. З глибиною склад біоценозів суттєво об’єднується, але деякі види пристосувалися та існують і на багатокілометровій глибині. Область розповсюдження біосфери обмежується в атмосфері озоновим шаром (приблизно до 50 км над поверхнею планети), вище якого відомі на Землі форми життя неможливі без спеціальних засобів захисту, як це здійснюється при космічних польотах за межі атмосфери та на інші планети.

Водорості океанів і рослинність на суші продукують кисень на планеті. Фауна і флора здійснюють великий вплив на склад атмосфери, перерозподіл вуглецю, водню, кисню, кальцію і фосфору в природі. Завдяки їм людство має сьогодні в своєму розпорядженні джерела енергії у вигляді горючих сланців, бурого і кам’яного вугілля, нафти і газу.

***Поля Землі.*** Земля має своє *теплове, електричне, гравітаційне* поля. Іще Земля оточена *магнітним* полем, яке охоплює великий простір. Це геомагнітне поле дуже подібне на поле, яке створюється простим двополюсним магнітом. Воно служить Землі захистом від часток високої енергії, які летять з великою швидкістю з космічного простору. Поле відчуває сильні варіації; злегка змінюється в масштабі днів або років і його середнє значення, а в масштабі мільйонів років ці зміни виявляються дуже великими. Встановлено, що магнітні полюси Землі в історії геологічного розвитку зазнавали інверсію. При цьому орієнтування металовмісних мінералів в процесі утворення порід змінювалась, і ці зміни прослідковуються по всій планеті. Вченими розроблена геохронологічна палеомагнітна шкала, яка дозволяє проводити глобальні співставлення геологічних утворень в межах океанів і материків Землі.

**1.3. Принцип актуалізму**

Геологія як наука основана на принципі актуалізму, тобто на припущені, що головні хімічні, фізичні і біологічні процеси не залежать від часу. Геологи допускають, що сили і процеси, які змінюють Землю сьогодні, діяли в основному таким же чином і в минулому. Вітри, дощі, річки, вулкани ‒ всі вони в минулому впливали на поверхню Землі так само, як це відбувається зараз.

На Землі змінюється все. Граніт, традиційне уособлення міцності, руйнується в кінцевому рахунку до стану пухкого піску і глини.

Каміння, яке ми бачимо на пляжі або в річковому руслі, підлягало протягом тривалого часу повільному стиранню і стало округлим. Відповідно, обкатані уламки, які знаходять в шарах міцних порід, зазнали такого ж повільного стирання у відповідній обстановці минулого. В теперішній час більшість коралів, які утворюють рифи, живуть в теплих, світлих, не глибоких водах. Тому можна зробити висновок, що древні рифові масиви також сформувалися в теплих, доступних сонячним променям водах мілкого моря. Подібним чином симетричні знаки брижів, які збереглися на поверхні шару пісковиків, свідчать про коливання води над пухким піском, який знаходився на невеликій глибині, оскільки точно такі ж знаки брижів утворюються на мілководді і сьогодні.

Сучасний льодовиковий панцир, який покриває південну Гренландію, дряпає підстилаючі тверді породи, залишаючи на їх поверхні тонкі штрихи і глибокі борозни. Відступаючи, льодовик залишає на своєму шляху нерівні або обточені виступи поверхні, місцями покриті різноманітною сумішшю брил, піску і більш тонкого мулистого матеріалу. Відповідно вважається, що такі ж штрихи, борозни і уламкові відклади, які знайдені, наприклад, в Прибалтиці, утворені льодовиковим покривом під час древнього зледеніння.

Елементом, необхідним для того, щоб могли здійснюватися геологічні зміни, є час. Незначні повільні поступові зміни людина може не помітити – ні день за днем, а ні протягом всього життя. Однак геологічні сили, які діють протягом тисяч, мільйонів і сотень мільйонів років, здатні проводити гігантську роботу і багаторазово перекроювати не тільки вигляд Землі, але і будову земної кори в цілому. Щоб зрозуміти геологічну історію нашої планети, потрібно володіти точними і великими знаннями як про процеси, що відбуваються нині в земних надрах, так і про розрізи древніх гірських порід.

Геологія вивчає ендогенні (внутрішні) та екзогенні (зовнішні) процеси. Сучасний вигляд Землі формують вулканічні і тектонічні явища, діяльність океанів, річок, льодовиків, вітру. Процеси зміни і перетворення гірських порід на поверхні Землі відбуваються в результаті вивітрювання.

***Питання для самоперевірки***

*1. Назвіть планети Сонячної системи.*

*2. Що таке метеорити і як їх вивчають?*

*3. Назвіть внутрішні оболонки Землі.*

*4. Розкажіть теорію тектоніки плит?*

*5. Яку будову має земна кора?*

*6. Назвіть зовнішні оболонки Землі.*

*7. Розкажіть про будову атмосфери.*

*8. Назвіть фізичні поля Землі.*

*9. Що таке принцип актуалізму?*

*10. Які явища формують сучасний вигляд Землі?*