**2. ЧАС В ГЕОЛОГІЇ**

Геологічний вік – це час, який пройшов з моменту будь-якої геологічної події в історії Землі до нашого часу, наприклад, час утворення осадових гірських порід, виверження розплавленої магми, життя організмів. В геології розрізняють абсолютний і відносний вік.

**2.1. Абсолютний вік**

Шкала абсолютної геохронології – шкала, в якій основні рубежі геологічної історії виражені в астрономічних одиницях часу ‒ роках. Для визначення віку застосовуються декілька різних методів, заснованих на явищі радіоактивного розпаду. На рис. 2.1 зображена крива розпаду радіоактивних елементів. Половина радіоактивної речовини 1/2 N розпадається за період Т; через проміжок часу 2Т залишається 1/4 N вихідної речовини; через проміжок 3Т залишається 1/8 N і т. д. Час T, за який розпадається половина вихідної радіоактивної речовини, називається періодом напіврозпаду.



***Рис. 2.1. Крива розпаду радіоактивних елементів***

В геохронології використовуються ізотопи уруна, торію, рубідію, калію, вуглецю і водню (табл. 2.1). Названі ізотопи нестабільні. Для того щоб визначити вік, необхідно знайти співвідношення ваги новоствореного елементу до ваги материнського елементу. Вважається, що можлива похибка в більшості випадків не перевищує декількох відсотків. Радіоактивні елементи відіграють роль атомного годинника, який почав відлік з моменту кристалізації мінералу. Жоден з довгоживучих ізотопів, які використовуються в практиці, не встиг зникнути повністю.

*Таблиця 2.1*

***Періоди напіврозпаду радіоактивних елементів***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материнськийізотоп | Кінцевий продукт | Період напіврозпаду,млрд. років |
| U238  | Pb206 | 4,468 |
| U235  | Pb207 | 0,7038 |
| Th232  | Pb208 | 14,008 |
| Rb87  | Sr87 | 48,8 |
| K40 | Ar40  | 1,30 |
| Ca40 |
| C14  | N14 | всього 5730 років |
| H3  | H2 | всього 12,5 років |

***Тритій*** використовують для вивчення швидкості руху підземних вод, швидкості перемішування морської води або визначення віку не дуже старих шарів сніжних полів.

***Радіо-вуглецевий*** ***метод*** оснований на припущенні, що відношення C14/C12 в повітрі залишається постійним. З його допомогою можна визначати час, обмежений приблизно восьмикратною тривалістю напіврозпаду, тобто сучасна техніка дозволяє визначити цим методом вік в діапазоні до 100 тис. років. Метод можна застосовувати до деревини, деревного вугілля, торфу, кісток тварин та інших матеріалів, що багаті на вуглець, включаючи вуглецевмісні організми, які витягають з поверхневих вод розчинений в них вуглець. Радіо-вуглецевий метод головний в археології.

***Калій-аргоновий метод***. Калієвмісні мінерали широко розповсюджені в земній корі, і цей метод підходить для більшості порід. Головна проблема калій-аргонового метода полягає у витоку аргону з місця його утворення, особливо в результаті прогріву порід за рахунок занурення їх на глибину або впровадження неподалік інтрузій. В цьому випадку отриманий вік порід може відповідати не часу виникнення породи, а лише терміну, який пройшов після цієї термальної події, тобто коли знову пішов К/Ar-годинник. Метод можна застосовувати до порід з віком принаймні від 100 тисяч до мільярдів років. Більшою мірою, ніж інші методи, він послужив для калібрування шкали геологічного часу

***Рубідій-стронцієвий метод*** можна використовувати для датування подій більш древніх 1 млрд. лет, але головна проблема в наявності рубідію у вихідному матеріалі, оскільки елемент дуже рідкісний.

***Уран-свинцевий***, ***торій-свинцевий*** та ***ізотопно-свинцевий методи*** придатні для широкого діапазону часу, приблизно від 100 млн. років до більш ніж 5 млрд. років. Це дуже важливі методи для визначення віку метеоритів і самих древніх порід на Землі.

Для деяких спеціальних цілей застосовуються й інші ізотопи; існуючі методи весь час вдосконалюються за рахунок введення нових прийомів дослідження.

За даними на сьогодення, достовірний вік найбільш древніх порід земної кулі, визначений названими методами, сягає 3,8 млрд. років. Для багатьох метеоритів вік визначений в 4,55 млрд. років, для місячних порід – як 4,7 млрд. років. Тому вік Сонячної системи, включаючи Землю, може оцінюватися, ймовірно, в 5 млрд. років.

**2.2. Відносний вік**

В практиці польових робіт ізотопний вік гірських порід, виражений в роках, зазвичай менше цікавить геологів, ніж відносний вік геологічних тіл, оцінюваний такими поняттями, "молодше", "древніше", "одночасно". Цей вік, встановлюваний прямими спостереженнями співвідношення геологічних тіл в їх природному положенні, розглядається геологічною дисципліною *стратиграфією*. Об’єктом стратиграфії є не вся земна кора, а лише нормальні пласти товщі, які складені осадовими, вулканогенними і метаморфічними породами. В цій дисципліні прийняті свої припущення, названі принципами.

1) ***Принцип актуалізму*** .Сили, нині діючі як на земній поверхні, так і під нею, можуть бути тотожні за родом і ступенем з тими, які в віддалені епохи проводили геологічні зміни.

2) ***Принцип неповноти геологічного літопису***. В геологічних напластуваннях відображена, ймовірно, лише менша частина геологічної історії, а більша частина часу приходиться на перерви. Поряд з крупними перервами, які фіксуються незгодами, важливу роль в неповноті геологічного літопису належить дрібним перервам, обумовлених пульсаційним характером і переривчастістю самого процесу накопичення відкладів.

Все факти ясно вказують нам на те, що кожна область земної кулі переживала багаторазові вертикальні коливання поверхні, які захоплювали великі простори. Отже товщі порід, достатньо потужні і великі, щоб зберегтися від наступного руйнування, могли утворитися лише там, де було багато принесених відкладів і де глибина моря була незначна. Але потужні товщі відкладів не можуть накопичуватися в мілководній прибережній області. Значить, дно моря має не досить швидко опускатися. В проміжні епохи підняття накопичені відклади руйнувалися і служили джерелом матеріалу вже для інших порід. Окрім крупних перерв, які відділяють товщі порід одні від одних, існують дрібні, так звані внутрішньо-формаційні перерви.

Також і скам’янілості, що знаходяться в породах, являють собою лише незначний відсоток організмів, які населяли Землю в минулі геологічні епохи. Наприклад, м’які організми типу сучасних медуз не зберігаються.

3) ***Принцип послідовності утворення геологічних тіл (закон напластування)***. Згідно закону напластування: послідовність залягання шарів в розрізі, який нормально залягає, відповідає історичній послідовності їх утворення (рис. 2.2). Інше формулювання закону виглядає наступним чином: з двох суміжних тіл першим утворилося те, яке є підстилаючим або залишає свій відбиток на тілі іншого. Це формулювання враховує просторові співвідношення шарів у випадку зминання в складки і перекинутого залягання шарів.



***Рис. 2.2. Послідовність утворення геологічних тіл***

*1 – самий древній шар; 2 – проміжний шар;*

*3 – самий молодий шар*

4) ***Принцип вікової міграції граничних поверхонь геологічних тіл***. В кожному шарі синхронними можна вважати лише ті відклади, які відкладалися вздовж зон накопичення відкладів, що існували в кожний даний момент, тобто відклади, які розподілилися вздовж берегової лінії. На рисунку 2.3 показано, що в різні моменти часу біля берега відкладаються галечники, далі від берега накопичуються піски, а лише потім – глини. В результаті формуються три різні шари, але площини їх напластування утворилися протягом тривалих проміжків часу.

Зазвичай різновічність окремого шару часто не можна встановити практично, і тому воно не завжди має суттєве значення для стратиграфії. В такому випадку ним нехтують. Але різновічність осадових комплексів, які складаються з великої кількості шарів, необхідно враховувати. Іншими словами, межі поверхонь геологічних тіл змінюються в часі. Літологічна єдність не є критерієм хронологічної одночасності.



***Рис. 2.3. Різновікові утворення геологічних шарів***

5) ***Принцип фаціальної неоднорідності одновікових відкладів***. *Фації* ‒ це типи відкладів, які сформувалися в різних ситуаціях накопичення відкладів (прибережні, мілководні, глибоководні, руслові, дельтові, озерні, болотні та ін.). Оскільки в якийсь момент часу існує безліч різних умов утворення порід, то одновікові відклади, відповідно, неоднорідні (див. рис. 2.3).

6) ***Принцип біостратиграфічного розчленування і кореляції***. Відклади, які містять однакову фауну і флору, геологічно одновікові. Мається на увазі, що відклади можна розрізняти і зіставляти по заключених у них залишках організмів. Викопні фауни і флори слідують одні за одними у визначеному, певно виясненому порядку.

Вивчення відносного віку гірських порід дозволило європейським геологам вже в XV ст. розташувати виділені підрозділи у вигляді шкали з найбільш древніми підрозділами в основі і послідовно все більш молодими підрозділами вище.

Раніше класифікації включали три головних підрозділи: первинну, вторинну і третинну ери; набагато пізніше до них була добавлена четвертинна (сучасна) ера. Потім три перших підрозділи назвали інакше: палеозойська ера – древнє життя; мезозойська ера – середнє життя; кайнозойська ера – нове життя.

Четвертинна ера сучасного життя зберегла свою історичну назву, перейшовши в розряд четвертинного періоду.

Пізніше виділили також: археозойську еру – початок життя; протерозойську еру – протожиття, або первинне життя.

Перераховані ери стали поділяти на періоди, періоди на епохи і більш дрібні вікові одиниці. Зараз розподіл докембрію, де знайдено лиши примітивні водорості, в основному, місцеві, тоді як більш молоді одиниці (від кембрію до сучасних відкладів, об’єднаних загальною назвою фанерозой) мають загальносвітове застосування.

На теперішній час розроблена стратиграфічна шкала, яка має наступний вигляд (табл. 2.2).

*Таблиця 2.2*

***Міжнародна геохронологічна (стратиграфічна) шкала***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ера(група) | Нижня межа,млн. років | Період (система) | Індекс | Колір |
| КайнозойKz | 67 | Четвертинний | Q | жовтий брудний |
| Неогеновий | N | лимонний |
| Палеогеновий | ₽ | світло-помаранчевий |
| МезозойMz | 240 | Крейдовий | K | яскраво-зелений |
| Юрський | J | синій, блакитний |
| Тріасовий | T | фіолетовий |
| ПалеозойPz | 570 | Пермський | P | темно-помаранчевий |
| Кам’яновугільний | C | сірий |
| Девонський | D | коричневий |
| Силурійський | S | св. сіро-зелений |
| Ордовицький | O | сіро-зелений |
| Кембрійський | Є | тм. сіро-зелений |
| ПротерозойPt | 650 | Вендський | V | рожеві відтінки |
| 1600 | Рифейський | R |
| 2600 | Ранньо- і средньо-протерозойський | Pt1 |
| Pt2 |
| АрхейAr | древні3800 | Архейський | Ar |

Співвідношення понять товща порід – час її утворення виглядає наступним чином (табл. 2.3).

*Таблиця 2.3*

***Співвідношення стратиграфічних і часових підрозділів***

|  |  |
| --- | --- |
| Товща порід  | Час її утворення |
| Група | Ера |
| Система | Період |
| Відділ | Епоха |
| Ярус | Вік |
| Підярус | Час |
| Зона | Момент часу, абозональний момент |

Коли говоримо про товщу порід, слід казати:

- мезозойська група Mz;

- юрська система J;

- верхньо-юрський (нижньоюрський, середньоюрський) відділ J3;

- келовейський ярус J3cl;

- верхньо-келовейський (нижньокеловейський, середньо-келовейський) підярус J3cl3;

- зона Longaeviceras keyserlingi J3cl31 (тобто відклади виділені по знахідках в них цього виду амоніту).

Але якщо мова йде про час, коли утворювались дані породи, то слід казати:

- мезозойська ера Мz;

- юрський період J;

- пізноюрська (ранньоюрська, середньоюрська) епоха J3;

- келовейський вік J3cl;

- пізньокеловейський (раньокеловейський, середньокеловейський) час J3cl3;

- момент часу Longaeviceras keyserlingi J3cl31.

Всі системи і яруси отримали свої назви або від місцевостей, де вони були вперше встановлені, або за характерними літологічними особливостями. Наприклад, девонська система названа по графству Девоншир в Англії, пермська – по місту Перм в Росії, крейдова система отримала свою назву завдяки типовій для неї породі– крейді; амгінський ярус названий по річці Амга в Східному Сибірі, де він вперше встановлений.

Межі між стратиграфічними підрозділами обговорюються і приймаються на міжнародних стратиграфічних нарадах.

Окрім названих стратиграфічних одиниць, виділяють ще і місцеві, літологічно доволі однорідні відклади. Вони мають реальне, фізично виражене обмеження в шаруватих товщах. Їх об’єми незмінні незалежно від різних точок зору на їх геологічний вік.

Такі літостратиграфічні одиниці зручно використовувати в повсякденній практичній роботі при геологічній зйомці, пошуках і розвідці родовищ корисних копалин, при розчленуванні і співставленні розрізів по свердловинах. Реальність меж між ними очевидна, а реальність хроно- і біостратиграфічних в деякій мірі умовна, і їх ще потрібно доводити. Місцеві одиниці носять назви: серія, свита, пачка, шар.

Свита – основна одиниця з місцевих стратиграфічних підрозділів, з якою мають справу в геології. *Свитою* називається сукупність відкладів, які утворилися в даному регіоні у визначених фізико-географічних умовах і займають в ньому визначене положення.

Зазвичай стратиграфічний об’єм свити відповідає значній частині ярусу, іноді майже цілому ярусу або навіть декільком ярусам. Свита поділяється на підсвити (нижню, середню і верхню). Зазвичай свиті дають географічну назву тієї місцевості, де її вперше встановили або де вона має найбільш характерний розріз, наприклад: березівська (встановлена біля с. Березівка), джангодська (виділили на р. Джангода) свити.

**2.3. Викопна фауна і флора**

Породи фанерозою більш або менш містять в собі органічні залишки. Наука, яка вивчає древні рослини, називається *палеоботанікою*, древніх тварин ‒ *палеонтологією*. Всі організми класифікують на типи, класи, ряди, родини, види.

Міжнародна стратиграфічна шкала побудована за палеонтологічними даними. Виділяють так звані керівні форми, тобто такі рештки, за якими можна точно встановити вік. На рис 2.4 показано основні групи фауни, за якими визначають вік порід. Наприклад, трилобіти, як клас, жили від кембрію до пермі.

Власне кажучи, палеозой саме і виділений в окрему стратиграфічну групу через те, що в цих відкладах зустрічається певний комплекс викопної фауни, в тому числі і трилобіти. Знайти залишки цих тварин в мезозої або кайнозої неможливо, тому що вони вимерли наприкінці палеозойської ери. Бувають, правда, рідкісні винятки, коли фауна перевідкладена: древні породи руйнувалися, а їх вміст потрапив в молоді утворення. Але в таких випадках збереженість залишків дуже погана, і вони знаходяться разом з іншими, більш молодими викопними.

Ще один яскравий приклад вузького стратиграфічного розповсюдження – *граптоліти*. Це підтип геміхордових, який жив від середнього кембрію до раннього карбону. Ордовицькі і силурійські відклади дуже гарно розмежовуються по граптолітах. *Амоніти* – головна фауна в датуванні віку мезозойських порід.

******

***Рис. 2.4. Відносне хроностратиграфічне значення основних груп морських безхребетних протягом геологічного часу***

*Групи: 1 ‒ важливі для планетарних хроностратиграфічних кореляцій;*

 *2 ‒ застосовуються для регіональних кореляцій,*

 *3 ‒ іноді використовуються для місцевих кореляцій.*

*Вид* – основна одиниця, якою оперують палеонтологи. За видами виділяють зони, самі дрібні стратиграфічні підрозділи міжнародної шкали. Вид має родові і видові латинські назви, після яких вказується латинською прізвище автора, який вперше встановив цей вид. Наприклад, Pyrulina nux Lutova – вид nux роду форамініфер Pyrulina; вид вперше встановила палеонтолог Лутова.

Морські тварини поділяють на *нектон* – вільно плаваючі (риби, кальмари, медузи), *планктон* – «висячі» у воді (діатомові водорості, радіолярії, форамініфери) і *бентос* – які повзають і прикріплені до дна (двостулкові, корали, губки). Для глобальних співставлень особливо важливий нектон, для палеогеографічних побудов – бентос.

Одновіковість відкладів різних кліматичних зон, віддалених одні від одних на тисячі кілометрів, встановлюють за допомогою послідовного співставлення ареалів проживання викопної фауни. Велике значення для розмежування і співставлення відкладів на різних континентах має спорово-пилковий аналіз, тому що спори і пилок рослин розноситься вітрами практично по всій земній кулі.

Скам’янілості, за винятком рифових відкладів і черепашників, знаходяться у вигляді окремих включень в шарі. Тому надзвичайно важливо усвідомити, наскільки випадкові знахідки мушель в керні свердловин; особливо рідкісні цілі екземпляри гарного збереження. Цінність таких знахідок для науки і практики неможливо переоцінити. Мушлі з керну свердловин не можна чіпати до прибуття спеціаліста, щоб не переплутати місце їх знахідки або, що іще гірше, втратити їх.

При відборі фауни з керна свердловин кожний зразок акуратно замотують в м’яку вату, щоб при транспортуванні мушля не розбилася, завертають в папір і двічі маркують: одну етикетку кладуть всередину згортка, а на обкладинці зовні підпис повторюють. На етикетці вказують дату, номер свердловини, інтервал відбору керна і глибину, з якої взяли зразок.

Для датування відкладів по керну свердловин першорядне значення має *мікрофауна* – дрібні від часток міліметра до 1, рідше 2 мм маленькі черепашки, які не видно неозброєним оком, а побачити їх можна лише під мікроскопом. Це в основному остракоди і форамініфери. Зустрічаються в породах вони порівняно частіше, ніж крупні черепашки двостулкових молюсків, брахіоподів, амонітів, трилобітів. Іноді їх кількість може сягати десятків тисяч екземплярів на 100 г породи. Тому мікропалеонтологія отримала інтенсивний розвиток саме в зв’язку з бурінням свердловин.

***Питання для самоперевірки***

*1. Що таке шкала абсолютної геохронології і на чому вона основана?*

*2. Назвіть методи, які використовуються для визначення абсолютного віку гірських порід.*

*3. Назвіть принципи стратиграфії.*

*4. Чи змінюються в часі межі геологічних шарів?*

*5. Що таке відносний вік гірських порід?*

*6. Назвіть геологічні системи.*

*7. Охарактеризуйте співвідношення товща порід – час її утворення.*

*8. Що таке свита?*

*9. Що таке керівні форми?*

*10. Які групи фауни використовують при датуванні відкладів по свердловинах?*