

ЛЕКЦІЯ 6

ХІМІЯ НАЗЕМНОГО СЕРЕДОВИЩА

Біосферному колообігу речовин передував геологічний, пов'язаний з утворенням і руйнуванням гірських порід і подальшим переміщенням товарів руйнування - уламкового матеріалу і хімічних елементів. Значну роль в цих процесах грали і продовжують грати термічні властивості поверхні суші і води: поглинання в відображення сонячних променів, теплопровідність в теплоємність. Вода більше поглинає сонячної енергії, а поверхня суші в одних і тих же широтах більше нагрівається. Нестійкий гідротермічний режим поверхні Землі разом з планетарною системою циркуляції атмосфери обумовлював геологічний колообіг речовин, який на початковому етапі розвитку Землі поряд з ендегенними процесами, був пов'язаний з формуванням континентів, океанів і сучасних геосфер. Про геологічному прояві його говорить і перенесення повітряними масами продуктів вивітрювання, а водою - розчинених в ній мінеральних сполук. Зі становленням біосфери в великий колообіг включилися продукти життєдіяльності організмів. Геологічний круговорот, припинивши свого існування, набув нових рис: він зграв початковим етапом біосферного переміщення речовини. Саме він поставляє живим організмам елементи живлення і багато в чому визначає умови їх існування.

Геологічний колообіг речовин

Кількість атомів на Землі постійна. Процеси, що протікають на Земній кулі, залучають у різні переміщення і перетворення земної речовини величезні маси елементів. Циркуляція елементів і замкнутість їх *глобальних циклів* створює *міграційно-трансформаційні цикли*.

У ранній безжиттєвий період геологічної історії це були геохімічні цикли. З появою життя на Землі вони перетворились у біогеохімічні цикли. З появою людини й утворенням техносфери – у технобіогеохімічні. Тому

глобальні цикли вуглецю, води, сірки, азоту та інших елементів у великій мірі визначаються діяльністю людини.

Загальний цикл технобіогеохімічного колообігу речовин на Землі складається з ряду самостійних біогенних і абіотичних: геологічних, техногенних циклів, які утворюють великий геологічний колообіг речовин. Він включає такі етапи:

- а) появу вивержених порід на земній поверхні;
- б) вивітрювання;
- в) ґрунтоутворення;
- г) ерозію і денудацію;
- д) накопичення континентальних та океанічних осадів; е) метаморфізм осадів;
- ж) вихід осаджених порід на поверхню з новим циклом вивітрювання, ґрунтоутворення, денудації й осадонакопичення.

Денудація – винос речовин з суші в моря, ріки, океани, водоймища, атмосферу.

Вона є показником швидкості та інтенсивності колообігу речовин суші. Денудація включає геологічний колообіг речовин і процеси вивітрювання гірських порід. Загальну денудацію суші можна оцінити за денудаційним балансом, який виражається в млрд. т/рік на суші. Баланс включає загальний винос речовин суші (52,990 млрд. т/рік); загальний привніс речовин на сушу (4,043 млрд. т/рік); звідси денудаційний баланс суші складає -48,947 млрд. т/рік.

Загальний винос речовини з суші відбувається (млрд.т/рік): в океан – 27,1; у внутрішні водоймища – 18,2; в атмосферу – 7,7; загальний екзогенний привніс речовин – 4. Це середні значення. Вони не дають достатнього уявлення про денудацію в конкретних точках земної поверхні через різноманітні природні умови (гірські території, рівнина); різну за інтенсивністю антропогенну діяльність. Денудація рівнин через

антропогенну діяльність більша, ніж у горах, десь у 1,5 раза, а локально різниця збільшується у сотні і тисячі разів.

Середній модуль денудації – це загальний виніс речовин з суші площею 1 км кв.

Він дорівнює 48947 млрд.т/рік: $130 \text{ млн.км кв} = 375,5 \text{ т/км кв}\cdot\text{рік}$, або $3,765 \text{ т/га}\cdot\text{рік}$. Діяльність людини збільшила денудацію в 1000 разів у порівнянні з дотехногенним періодом.

Модуль твердого стоку в т/км кв·рік складає, для прикладу, у р. Єнісей – 4; р. Колорадо – 380; р. Хуанхе – 2600; на орних землях – 5000; пасовищах – 3600; покинутих полях – 29; зрілих соснових лісах – 4,5.

Можна зробити такий висновок: вивітрювання не встигає за денудацією, а антропогенна денудація (ерозія) знищує поверхневі горизонти, багаті гумусом і елементами живлення.

Кора вивітрювання гірських порід

Ґрунт – це результат новоутворення специфічного біокосного тіла, яке відрізняється від кори вивітрювання тим, що характеризується наявністю гумусу; характерною морфологічною ієрархічною структурою; глобальними функціями (такими як забезпечення існування життя на Землі); постійною взаємодією великого геологічного і малого біологічного циклів (колообігів) речовин на земній поверхні; регулюванням хімічного складу атмосфери і гідросфери; регулюванням біосферних процесів; акумуляцією органічної речовини і зв'язаної з нею хімічної енергії; виступає як основний засіб сільськогосподарського виробництва.

У процесі вивітрювання, транспортування і перевідкладення гірські породи (масивні, ущільнені, масивно-кристалічні, корінні) набувають ряд нових властивостей, таких як: пухкість і роздільнопластичність; повітроємність, повітропроникність, водопроникність; наявність вторинних мінералів; поглинальну здатність; сортування на земній поверхні за гранскладом, мінералогічним та хімічним складами; вміст біофільних

елементів; наявність літологічної шаруватості, яка формується в процесі вивітрювання.

У результаті вивітрювання формуються різні *типи кір вивітрювання*. Для генетичного ґрунтознавства найбільш доцільна така схема їх поділу, яку запропонували *В.А.Ковда і Б.Г.Розанов* (1988):

1) за віком утворення і характером залягання:

- сучасні (голоценового віку);
- старі (доголоценового віку);
- викопні (заховані і ті, що знову вийшли на поверхню);
- перевідкладенні;

2) за геохімічним типом:

- елювіальні (залишкові);
- ортоелювіальні (на щільних магматичних породах);
- параелювіальні (на щільних осадових породах);
- неелювіальні (на пухких четвертинних осадових породах);
- транзитні (елювіально-акумулятивні);
- акумулятивні;

3) за речовинним складом, що відображає стадійність вивітрювання:

- уламкові (переважають свіжі уламки щільних порід);
- засолені (наявність водорозчинних солей);
- загіпсовані (наявність CaSO_4);
- провапновані (наявність CaCO_3);
- доломітизовані (наявність $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$);
- сіалітні насичені ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$); переважають Ca^{2+} , Mg^{2+} , або Na^+ в обмінному комплексі;
- сіалітні ненасичені ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$); переважають H^+ або Al^{3+} в обмінному комплексі;
- ферсіалітні ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$);
- альферритні ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$);

- фералітні ($\text{SiO}_2: \text{Al}_2\text{O}_3 < 2; \text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{Al}_2\text{O}_3$);
- алітні (бокситові) ($\text{SiO}_2: \text{Al}_2\text{O}_3 < 2$; переважання Al_2O_3).

Вивітрювання, за **Б.Б.Полиновим**, для елювіальної кори має такі стадії:

- 1) уламкова;
- 2) провапнована;
- 3) сіалітна насичена;
- 4) сіалітна ненасичена (вилугувана);
- 5) алітна.

Карбон. Основна маса вуглецю акумульована в карбонатних відкладах дна океану ($1,3 \cdot 10^{16}$ т), кристалічних породах ($1,0 \cdot 10^{16}$ т), кам'яному вугіллі і нафті ($3,4 \cdot 10^{15}$ т). Саме цей вуглець бере участь у повільному геологічному колообігу.

За останні 200 років відбулися значні зміни в континентальних екосистемах внаслідок зростання антропогенного впливу. Коли землі, зайняті лісами і травами перетворюються на сільськогосподарські угіддя, органічна речовина, тобто жива речовина рослин і мертва органічна речовина ґрунтів, окиснюється і потрапляє в атмосферу в формі CO_2 .

Якась кількість елементарного вуглецю може бути похована в ґрунті у вигляді деревного вугілля (як продукт, що залишився від згоряння лісу) і, таким чином, вилучатися із швидкого обігу в вуглецевому циклі. Вміст вуглецю в різних компонентах екосистем змінюється, оскільки відновлення і деструкція органічної речовини залежать від географічної широти і типу рослинності. Були проведені численні дослідження, які мали на меті розв'язати існуючу невизначеність в оцінці змін запасів вуглецю в континентальних екосистемах. Очевидно, інтенсивність фотосинтезу зростає зі збільшенням концентрації CO_2 в атмосфері. Основні характеристики глобального вуглецевого циклу добре вивчені. Стало можливим створення кількісних моделей, які можуть бути покладені в основу прогнозів

підвищення концентрації в атмосфері при використанні певних сценаріїв викиду.

Якщо інтенсивність викидів в атмосферу залишиться постійною, або буде зростати дуже повільно, то до кінця ХХІ століття концентрація атмосферного CO₂ не більше, ніж на 60% перевищить доіндустріальний рівень. Якщо інтенсивність викидів протягом найближчих чотирьох десятиріч зростатиме в середньому на 1-2% за рік в майбутньому темпи і зростання сповільняться, то подвоєння вмісту CO₂ в атмосфері порівняно з доіндустріальним рівнем відбудеться до кінця ХХІ століття. Карбонати, або солі вуглецевої кислоти H₂CO₃ – один із головних компонентів земної кори. Карбонати становлять 14% осадової оболонки Землі. З неорганічних сполук вуглецю в природі відомо близько 100 мінералів, але головним породотвірним мінералом є кальцит, або карбонат кальцію. Кальцитові породи складають багатокілометрові шари на просторах континентів, утворюючи цілі гірські системи.

При взаємодії Cu²⁺ та CO₂⁻³ осаджуються важкорозчинні основні карбонати, що зустрічаються в природі у вигляді дуже красивих мінералів – зеленого малахіту [CuCO₃•Cu(OH)₂] та синього азуриту [2CuCO₃•Cu(OH)₂]. Карбонати відіграють важливу роль у складі земної кори, будові ландшафтів, формуванні корисних копалин. Найпоширенішими є кальцит, магнезит, сидерит, малахіт, церусит та ін. Карбонати утворюють осадові (вапняк, доломіт, мергель та ін.) та метаморфічні (мармур та ін.) гірські породи, що складають більше, ніж 20% усіх осадових порід на Землі.

Вапняк – осадова порода, складена переважно карбонатом кальцію – кальцитом. Завдяки масовому поширенню, легкості обробки та хімічним властивостям вапняк добувається і використовується частіше, ніж інші породи, поступаючись тільки піщано-гравійним відкладенням. Вапняки бувають різних кольорів, в тому числі – чорного, але найчастіше зустрічаються породи білого та сірого кольору часто з коричневим відтінком. Густина 2,2-2,7 г/см³. Це м'яка порода, лезо ножа легко залишає подряпини.

Як і ряд інших гірських порід осадового походження вапняки мають шарувату будову. Чистий вапняк складається тільки з кальциту (іноді з невеликим вмістом іншої форми карбонату кальцію – арагоніту). Мають місце і домішки. Подвійний карбонат кальцію та магнію – доломіт – як правило міститься в змінних кількостях, і можливі всі переходи між вапняком, глинистим вапняком і доломітом.

У процесі відкладення вапняку вода приносить також глинисті частинки, порода стає глинистою, стираються чіткі межі між вапняком, глинистим вапняком і глинистим сланцем. Кремій також є звичайною домішкою. При метаморфізмі по мірі того, як перекристалізація кальциту охоплює всю породу, виникає мозаїчна структура (агрегат із чітко обмежених, щільно розташованих ізометричних зерен приблизно однакового розміру).