

КОЛООБІГИ РЕЧОВИН У ПРИРОДІ

Колообіг речовин і перетворення енергії є основою існування біосфери. Колообіг речовин — це циклічний повторюваний процес взаємопов'язаного перетворення та переміщення речовин у природі, який відбувається за обов'язкової участі організмів. Основних колообігів речовин у природі два: великий (геологічний) та малий (біогеохімічний).

Окремо виділяють антропогенний колообіг (обмін) — колообіг речовин, де рушійною силою є діяльність людини. Тут видокремлюють два складники: біологічний (пов'язаний з функціонуванням людини як організму) і технічний (пов'язаний з господарською діяльністю людини).

Якщо геологічний і біологічний колообіги певною мірою є замкнутими, то антропогенний — ні. Тому досить часто йдеться про антропогенний обмін речовин.

Перерозподіл речовин між біосферою та глибшими горизонтами Землі, зумовлене взаємодією сонячної енергії та глибинної енергії планети. Осадкові гірські породи, що утворені в результаті вивітрювання магматичних порід, у рухомих зонах земної кори знову заглиблюються в зону високих температур і тиску. Там вони переплавляються й утворюють магму (джерело нових магматичних порід). Після підняття цих порід на земну поверхню та в процесі вивітрювання вони знову трансформуються в нові осадкові породи. Це колообіг речовин, який здійснюється в біосфері завдяки організмам. Джерелом енергії колообігу є сонячна радіація, яка запускає фотосинтез. В екосистемі автотрофи з неорганічних речовин синтезують органічні, які стають їжею для гетеротрофів. Унаслідок виділення під час життєдіяльності або загибелі організмів органічні речовини мінералізуються — перетворюються на неорганічні. Ці неорганічні речовини можуть бути використані автотрофами для синтезу органічних речовин.

Розрізняють такі основні типи біогеохімічних колообігів: колообіги газового типу з резервним фондом в атмосфері або в гідросфері (колообіги Карбону, Оксигену, Нітрогену); колообіги осадкового циклу з резервним фондом у земній корі (колообіги Фосфору, Кальцію, Феруму тощо). Інтенсивність біологічного колообігу визначена температурою навколишнього середовища та кількістю води

Жива речовина може брати участь у біохімічних процесах і створювати певне середовище, збагачене киснем, вуглекислим газом, воднем, азотом, сполуками Фосфору й іншими речовинами. У природі колообіг здійснюють хімічні елементи, що можуть входити до циклу як прості речовини (H_2 , O_2 , C , N_2 , S), і сполуки. Тому основними циклами є колообіги Карбону, Нітрогену, Оксигену та води.

Колообіг Карбону. Цей процес полягає у взаємодії живої речовини та сполук Карбону (CO та CO_2). Є два типи колообігу Карбону: газоподібного в атмосфері та розчиненого у водах Світового океану. Перший починається з фіксування вуглекислого газу рослинами під час фотосинтезу з утворенням органічних речовин і побічним виділенням кисню. Також під час дихання рослин виділяється вуглекислий газ. Організми, що населяють усі середовища Землі, також виділяють карбон(IV). Одним із продуктів розкладання мікроорганізмами та грибами відмерлих решток рослин та тварин є вуглекислий газ, який знову надходить в атмосферу. Колообіг Карбону у Світовому океані є складнішим порівняно із суходолом, оскільки надходження сполук Карбону залежить від надходження кисню у верхні шари гідросфери. Повний цикл обміну Карбону відбувається протягом 300 років. Головним резервуаром біологічно зв'язаного Карбону є ліси, що містять до 500 млрд т цього елемента (2/3 запасу атмосфери). Утрчання людини в колообіг Карбону призводить до підвищення рівня карбон(IV) оксиду в атмосфері.

Колообіг кисню. Кисень є головним складником живої речовини. Організми використовують його для дихання, він як окисник бере участь в окисно-відновних реакціях у біосфері. Відбувається переважно між організмами й атмосферою. Швидкість колообігу кисню — 2000 років, і за цей час кисень атмосфери проходить через живу речовину біосфери. Основний постачальник кисню — зелені рослини, споживач — тварини, ґрунтові організми та рослини, що використовують його під час дихання. У 1941 р. біохімік Мелвін Калвін (1911–1997, США) довів, що первинний процес фотосинтезу полягає у фотолізі молекул води, у результаті чого утворюються кисень, що виділяється в атмосферу, і водень, що витрачається на реакції з карбон(IV) оксидом у результаті яких утворюються органічні речовини. За дослідження в галузі асиміляції вуглекислого газу в рослинах Калвіна удостоєно в 1961 р. Нобелівської премії з хімії. Під час дихання відбувається біологічне окиснення органічних енерговмісних речовин з виділенням енергії, необхідної для підтримання життєдіяльності організму. Оскільки процеси фотосинтезу й дихання перебувають у рівновазі, накопичення кисню в атмосфері не відбувається. Оксиген зафіксований літосферою у вигляді алюмосилікатів, кремнезему, карбонатів, сульфатів, оксидів Феруму тощо. Загалом у біосфері циркулює $39 \cdot 10^{14}$ т Оксигену у складі кисню чи сульфатів, розчинених у гідросфері.

Колообіг Нітрогену — один з найскладніших циклів, який охоплює всі галузі біосфери. Для включення азоту повітря до колообігу необхідне його фіксування, яке здійснюють лише деякі мікроорганізми (наприклад, аеробні бактерії роду *Azotobacter*, анаеробні роду *Clostridium* тощо). Далі відбувається засвоєння фіксованого азоту організмами (переважно рослинами, які поглинають Нітроген у вигляді сполук з Гідроґеном і Оксигеном), рух нітрогеновмісних речовин відбувається ланцюгами живлення. У результаті життєдіяльності організмів складніші сполуки Нітрогену, зокрема білки, розкладаються до простіших (амоніак, азот) і виділяються в навколишнє середовище, а колообіг Нітрогену знову повторюється.

Колообіг води. Усі води Землі перебувають у постійному колообігу, який відбувається завдяки сонячній енергії, силі тяжіння й здатності води змінювати агрегатний стан. Легкий перехід води з одного агрегатного стану в інший у глобальних масштабах зумовлює обмінні процеси та зв'язок між оболонками планети. Розрізняють великий і малий колообіги води. У малому колообігу беруть участь атмосфера та гідросфера. До великого колообігу залучені ще літосфера та біосфера. Під час малих колообігів вода випаровується над океаном або над материками та повертається назад туди, звідки й випарувалася у вигляді опадів. Великий колообіг води охоплює всю земну кулю. Вода, що випарувалася над океанами, з повітряними масами мігрує на материки, де випадає у вигляді опадів, а завдяки внутрішнім водам, зокрема річкам, повертається в океан. Оподи над суходолом формують поверхневий стік, частина їх інфільтрується в ґрунти й формує підземний стік, а ще частина — може перехоплюватися кронами дерев. Перехоплення води кронами дерев полягає в тому, що частина опадів завдяки великій сукупній поверхні листків випаровується з них, не досягнувши поверхні ґрунту. Тому, якщо дощ дрібний і короткотривалий, під деревами завжди сухо. Завдяки явищу перехоплення в атмосферне повітря може надходити до 15 % дощової води. Вода опадів, що досягла ґрунту, може безпосередньо випаровуватися з його поверхні. Важливу роль у процесах випаровування води на суходолі відіграють організми. Вода вбирається ними та включається в біохімічні процеси: реакції обміну, біосинтезу, гідролізу, фотолізу. Організми виділяють воду в навколишнє середовище з продуктами обміну речовин, у результаті дихання, випаровування. Випаровуванню ґрунтової води сприяють рослини завдяки своїм надземним органам, насамперед листкам, через які відбувається транспірація. Вода постачає рослинам розчинені в ній поживні мінеральні речовини, вона необхідна для

фотосинтезу. Так, відомо, що середнього віку липа за літній день у середній смузі випаровує воду об'ємом близько 200 л.

(Транспірація (від лат. trans — через, spi-ro — дихання) — випаровування води з поверхні рослин).

Вода великими і малими водостоками повертається до Світового океану. Сукупність води, що стікає із суходолу до Світового океану та озер, називають світовим стоком. За рік річки виносять воду об'ємом близько 43 тис. км³. Паралельно з рідким стоком відбувається твердий стік — стік розчинених речовин і твердих завислих частинок, а також біостік (маса організмів, що потрапляють в океан зі світовим стоком). Світовий стік вимиває з літосфери велику кількість солей, чим зумовлено солоність океанічної та морської води.

За хвилину під дією сонячного тепла з поверхні водою Землі випаровується вода масою 1 млрд тонн. Швидкість циркуляції води дуже велика: вода океанів поновлюється за 2 млн років, ґрунтові води — за рік, річкові — за 12 діб, водяна пара в атмосфері — за 10 діб.

Усі ланки колообігу води пов'язані між собою. Вилучення однієї з них порушує весь процес і може призвести до фатальних наслідків. Так, вирубування лісу на великій площі зумовлює збільшення стоку води в річки і, як наслідок, руйнівні повені та паводки. Забруднення океану нафтою ускладнює випаровування води, а це знижує вміст вологи в атмосфері, зменшує кількість опадів і стік в океан. Крім того, що завдяки світовому колообігу води існує життя на нашій планеті, він має значення й для інших природних процесів. Відбувається: тісний взаємозв'язок між усіма оболонками Землі; перенесення великої кількості речовин, необхідних для забезпечення життя на Землі; процес самоочищення води у Світовому океані. Великий колообіг води активно впливає на формування клімату нашої планети.

Біогеохімічний колообіг у біосфері здійснюють й інші хімічні елементи, що входять до складу органічних речовин (Сульфур, Фосфор, Ферум тощо). Колообіги речовин — життєво важливі процеси біосфери, що мільйони років не порушувалися, доки діяльність людини не набула планетарного масштабу. За минуле століття, особливо в останні його десятиліття, антропогенна діяльність призвела до значних порушень колообігу речовин у біосфері. Саме діяльність людини значно пришвидшила процеси вивітрювання гірських порід, зумовила накопичення в атмосфері такої кількості газів, що спричинила розвиток негативних кліматичних змін (парниковий ефект), появу озонових дір і кислотних дощів, деградацію ґрунтів через надмірне накопичення в них токсичних хімічних сполук. Унаслідок збільшення в природних водах, у повітрі та в ґрунтах концентрації важких металічних елементів, нафтопродуктів, пестицидів деградують і гинуть екосистеми, уповільнюються процеси колообігу речовин у біологічному циклі. Людина також створює у великій кількості речовини, що не можуть бути залучені до біологічного колообігу (пластмаси, поліетилен тощо), оскільки вони не розкладаються в біосфері.

Контрольні запитання

1. Поясніть суть колообігів Оксигену, Карбону, Нітрогену в біосфері. Чим відрізняється біологічний колообіг від геологічного.
2. Поясніть слова В. І. Вернадського: «Надзвичайно характерне для всього живого те, що хімічні елементи, раз потрапивши в його цикли, майже з них не виходять, у них залишаються вічно».
3. Прокоментуйте цитати з літературних творів: а) «О, не журися за тіло! Ясним вогнем засвітилось воно, чистим, палючим, як добре вино, вільними іскрами вгору злетіло. Легкий, пухкий попільцець ляже, вернувшись, в рідну землю, вкупі з водою там зростить вербицю, — стане початком тоді мій кінець»¹; б) «Що ж до мільярдів дрібних істот, які мільйонами кишать у кожній краплі води, то роль їх не менш важлива. Вони поглинають морські солі, убирають у себе розчинене у воді вапно й у вигляді поліпів і мадрепорових коралів є справжніми рифоутворювачами! Померши, вони знову віддають воді різні мінеральні речовини, а частково відкладають їх у вигляді кістяків на морському дні. У такий спосіб здійснюється вічний колообіг, вічне життя!»².
4. Чому в ХХІ ст. виникла загроза існуванню біосфери?
5. Аргументуйте або спростуйте твердження: «Людина не панує над природою, вона є її частиною».

¹ Леся Українка, «Лісова пісня».

² Жюль Верн, «20 000 льє під водою».