

ЯРИНА КОЛІСНИК

ЧОМУ РЕЧОВИНИ БІГАЮТЬ ПО КОЛОБИ?



„...система, яка діє постійно, своєрідний фонд життя, що повільно нагромаджується й перебуває в постійному обігу”
(Л. Олдо про колообіг речовин у природі, амер. еколог)

В результаті фотосинтезу щорічно утворюється $2,32 \times 10^{11}$ т органічної речовини. Для цього треба, щоб $3,41 \times 10^{11}$ т вуглекислого газу прореагувало з $1,39 \times 10^{11}$ т води.

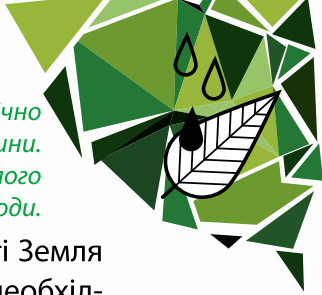
Процеси життя тривають на планеті Земля вже мільярди років, а хімічні елементи, необхідні для цих процесів, не вичерпуються. Чому? Агробіолог В. Р. Вільямс казав, що існує єдиний шлях, щоб надати скінченному властивостей безконечного – примусити рухатися по замкненому колу, тобто залучити в колообіг. І справді, речовини, потрібні для підтримання життя, перебувають у постійному колообігу. Вони циркулюють між живими організмами, атмосферою, гідросферою та літосферою.

Усі без винятку живі організми беруть участь у колообігу речовин. Якщо його описати загально і спрощено, то рух речовин у природі виглядає приблизно так, як показано на мал. 1: рослини поглинають вуглекислий газ та воду з розчиненими мінеральними речовинами і утворюють у процесі фотосинтезу органічні речовини і кисень, який виділяють у навколишнє середовище. Киснем дихають усі живі організми і при цьому виділяють в атмосферу вуглекислий газ. Тварини живляться рослинами, використовуючи синтезовані ними органічні речовини. Залишки неперетравленої тваринами їжі, тварини і рослини, які загинули, розкладаються за участі бактерій і грибів з утворенням вуглекислого газу і мінеральних речовин, які потім знову засвоюються рослинами.

Завдяки такому руху речовин у біосфері атоми основних хімічних елементів невинно мігрують із одного живого організму в інший, а також з організмів – в атмосферу, ґрунтовий покрив літосфери, гідросферу і знову потрапляють у живі організми. Ці процеси багаторазово повторюються. Так весь запас атмосферного кисню проходить через живі організми впродовж двох тисячоліть, а весь атмосферний вуглекислий газ – впродовж двох-трьох століть.

Але навіть у найбільших і найстійкіших екосистемах біологічний колообіг речовин не є повністю замкнутим. Частина речовин вилучається з нього, осідаючи на дні океану, в ґрунтах, болотах і т. д. Ці втрати компенсуються речовинами, які вивільняються з гірських порід.

Значний вплив на колообіг речовин має господарська діяльність людей. Учені застерігають: біосфера є такою складною системою, що її неможливо описати за допомогою достовірних мо-





Мал. 1. Біологічний колообіг речовин в природі



делей, які б враховували всі потоки речовин, енергії та інформації в ній. Створити штучну біосферу людині не до снаги. В цьому переконав експеримент американських дослідників „Біосфера-2” (1991 р.).

„Біосфера-2” – це споруджений у пустельному районі штату Арізона ізольований від зовнішнього середовища комплекс приміщень зі скляним дахом і стінами, крізь які ззовні надходила тільки сонячна енергія. Учені створили п’ять з’єднаних між собою екосистем: вологий тропічний ліс, савану, пустелю, болото й море. У „Біосферу-2” помістили 3 800 представників фауни й флори, причому основним критерієм добору була користь, яку вони можуть принести людям (споживатися у їжу, очищати повітря, давати ліки та ін.).

У „Біосфері-2” були житлові та робочі приміщення, розраховані на вісім осіб, спортзал, бібліотека та ін. Комп’ютерна система із різноманітними датчиками моніорила життєво важливі параметри комплексу.

Метою експерименту, розрахованого на два роки, було створення замкненої екосистеми, своєрідної міні-біосфери, яка б функціонувала не залежно від „Біосфери-1” (біосфери Землі). Автори мріяли утримати в системі сталими основні життєво важливі параметри (температуру, вологість тощо). Відходи біоти однієї екосистеми за задумом слугували ресурсами для іншої.

Проте експеримент завершився невдало. Вчені не змогли досягнути збалансованості „Біосфери-2”, бо основні параметри системи, зокрема вміст у повітрі вуглекислого газу, кисню, склад мікроорганізмів у ґрунті поступово виходили з-під контролю. За рік експеримент припинили, оскільки вміст CO₂ в повітрі досягнув небезпечного для здоров’я людей рівня, і ніякими способами знизити його не вдавалося.

Експеримент „Біосфера-2” показав, що баланс усіх процесів, колообіг речовин та енергії, підтримання **гомеостазу**¹ можливі лише в масштабах Землі, де ці процеси тривають протягом багатьох мільйонів років. І комп’ютери неспроможні перебрати на себе управління системою, складність якої набагато вища за їхню. Зусилля людства мають бути спрямовані на збереження „нашої” земної біосфери. Втручання людей у збалансований колообіг речовин порушує механізм його саморегуляції і може мати катастрофічні наслідки. Щоб запобігти цьому, варто, найперше, знати і розуміти складність процесів, що відбуваються в біосфері.

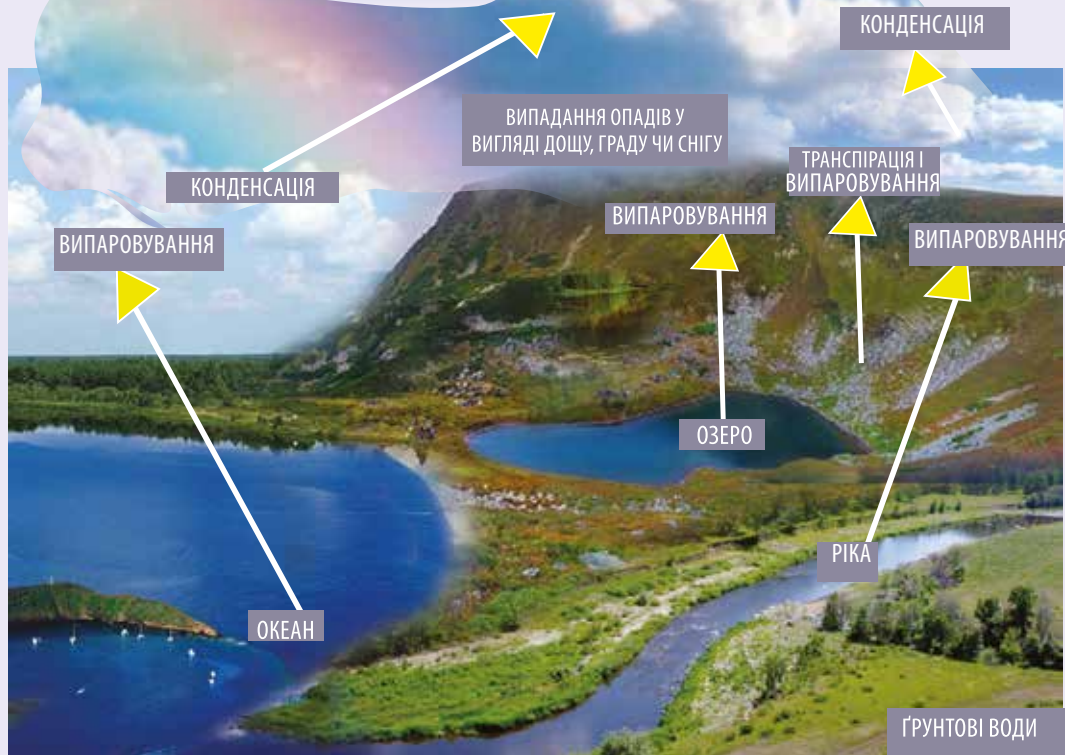
Гомеостаз¹ – відносна сталість складу та властивостей внутрішнього середовища біологічних систем різних рівнів організації. В основі гомеостазу – динамічні процеси, оскільки сталість внутрішнього середовища безперервно порушується і так само безперервно відновлюється.



„Біосфера-2”

Повітря так легко і прозоре, що здається, наче нас нічого не оточує.
Насправді, маса атмосфери становить 5000 трлн. т.

Мал. 2. Колообіг води в природі

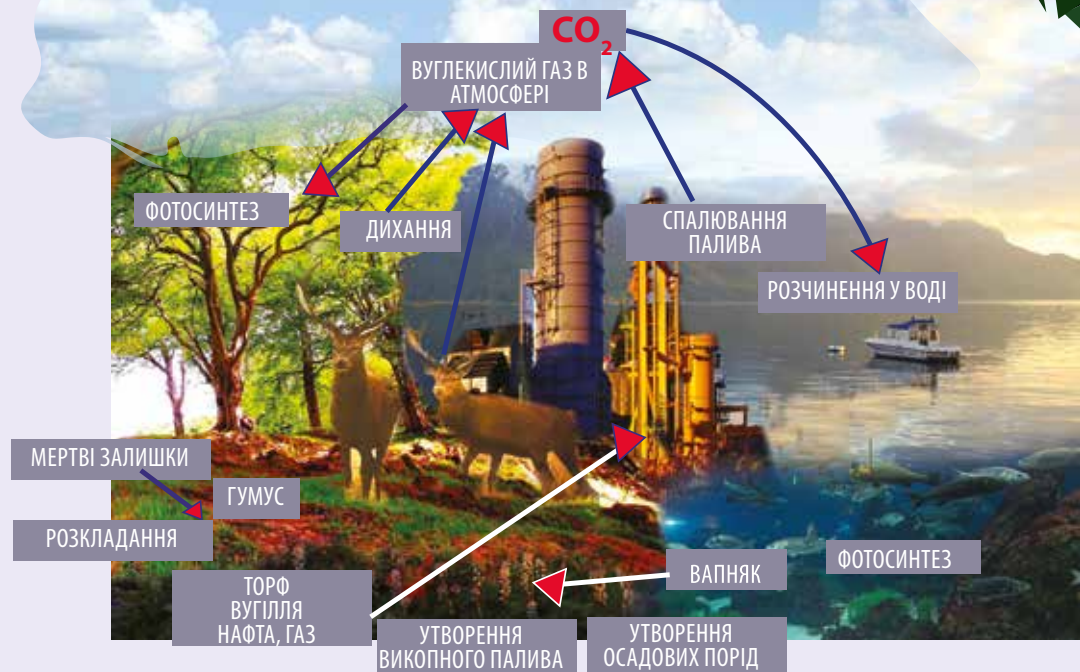


КОЛООБІГ ВОДИ

З поверхні Землі за 1 хв. випаровується приблизно 1 млрд. т води.

Вода на планеті перебуває у постійному русі, перерозподіляючись між океаном, атмосферою і сушею (мал. 2). Внаслідок випаровування з водної поверхні, суші та у процесі транспірації (випаровування води рослинами) вода переходить з рідкого стану в газоподібний. Повітряні течії переносять водяну пару на великі відстані, де вона випадає у вигляді опадів. Колообіг води пов'язує в єдину систему всю гідросферу: океани, ріки, підземні води, атмосферу і ґрунтову вологу. Завдяки колообігу поповнюються прісні водні запаси. Цей природний дистильатор використовує приблизно 20 % сонячної енергії, яку отримує Земля. Вода руйнує та розчиняє гірські породи, сполуки яких збагачують ґрунт і потрапляють у коло живлення рослин і мікроорганізмів. Циркуляція води між океаном і сушею є дуже важливою для підтримання життя на Землі і основною умовою взаємодії рослин і тварин з неживою природою.

Мал. 3. Колообіг Карбону в природі



Живі організми – надзвичайно важлива ланка колообігу води. У деяких наземних екосистемах майже 90 % води переходить в атмосферу завдяки транспірації, а в процесі фотосинтезу зелені рослини щорічно зв'язують 139 млрд. т води. На утворення біомаси використовується приблизно 1 % від загальної кількості води, що є на планеті.

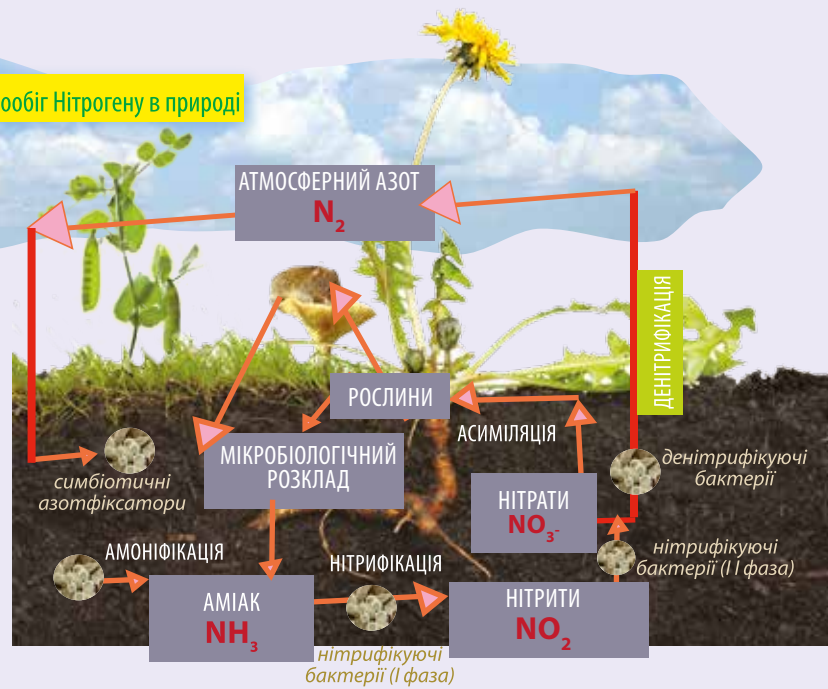
Займаючись меліорацією, створюючи водосховища, дістаючи воду з глибинних водоносних горизонтів, людина втручається в колообіг води в природі.

КОЛООБІГ КАРБОНУ

Не менш важливе значення має і колообіг Карбону. У ньому теж беруть участь усі живі організми нашої планети (мал. 3).

У повітрі міститься 0,03 % вуглекислого газу. Щорічно у процесі фотосинтезу вилучається з атмосфери 93 млрд. т Карбону. Також частина вуглекислого газу розчиняється у воді і разом із солями Кальцію утворює нерозчинні карбонати, які залягають в гірських породах. Запаси Карбону швидко вичерпалися б, але його повертають в атмосферу рослини і тварини в процесі дихання. Та лише процесу дихання було б недостатньо, щоб компенсувати втрати Карбону з атмосфери в процесі фотосинтезу. Баланс Карбону підтримують бактерії і гриби, які у процесах гниття і бродіння роз-

Мал. 4. Колообіг Нітрогену в природі



щеплюють органічні сполуки Карбону мертвих рослин і тварин та виділяють вуглекислий газ. Частина сполук Карбону не розкладається і вилучається з кругообігу у вигляді торфу, вугілля, нафти.

Діяльність людини (знищення лісів, розорювання цілинних земель, урбанізація, а головне – спалювання мінерального палива й забруднення океанів) призводить до збільшення вмісту CO_2 в атмосфері.

КОЛООБІГ НІТРОГЕНУ

Колообіг Нітрогену також охоплює всі частини біосфери (мал. 4). Хоча запасів цього елемента в атмосфері найбільше, вищі рослини і тварини не можуть його засвоювати безпосередньо. Тільки деякі вільноживучі бактерії, зокрема, ціанобактерії, поглинають атмосферний азот і перетворюють його в органічні сполуки. Біологічне зв'язування азоту (азотфікацію) здійснюють і окремі бактерії у симбіозі з бобовими рослинами. Джерелом Нітрогену для синтезу амінокислот і білків рослинами також є нітрати з ґрунту і води. Тварини поїдають рослини і використовують сполуки Нітрогену для синтезу білків. Деякі сполуки Нітрогену тварини виділяють у процесі життєдіяльності (сечовину, сечову кислоту, аміак). Відмираючи, рослини і тварини повертають органічні сполуки Нітрогену в ґрунт, а бактерії гниття перетворюють їх в аміак. Більшу частину аміаку нітрифікуючі бактерії перетворюють у нітрیتی, а потім інша група нітрифікуючих мікроорганізмів переробляє їх у нітрати, які знову засвоюються рослинами. Частина нітратів денітрифікуючі бактерії перетворюють у молекулярний азот, повертаючи його в атмосферу.

Антропогенна діяльність призводить до значних змін у балансі сполук азоту. Внаслідок роботи автомобільних і авіаційних двигунів, електрозварювання, під час ядерних вибухів в атмосферу надходить велика кількість оксидів азоту, що спричиняє утворення фотохімічного смогу, кислотні дощі, руйнування озонового шару атмосфери. На азотний цикл у біосфері впливає і активне внесення людьми азотних добрив у ґрунт.

КОЛООБІГ ОКСИГЕНУ

Кисень атмосфери, яким ми дихаємо і, сподіваємося, будуть дихати наші нащадки, має біогенне походження. Він постійно надходить в атмосферу завдяки фотосинтезу. Абіогенне надходження вільного кисню (фотодисоціація молекул води у верхніх шарах атмосфери) дуже незначне. Кисень, що виділяється, йде на окислення Карбону у процесах мінералізації органічних речовин і дихання організмів. У сполуці з Карбоном Кисень повертається у зовнішнє середовище, щоб знову потрапити у фотосинтезуючі організми. Також значна частина Кисню витрачається на окиснення мінеральних речовин. А в стратосфері молекули кисню, поглинаючи жорстке ультрафіолетове випромінювання, перетворюються на молекули озону (мал. 5).

Погодьтеся, що люди дуже необачно поведуться з таким неоціненним багатством природи, яким є кисень. Ми створили величезну кількість споживачів кисню й жодного його виробника! Вони „поїдають” таку кількість кисню, якої вистачило б для дихання 50 млрд. людей, тому загальна кількість кисню в атмосфері щорічно зменшується на 10 млрд. т. Якщо додати, що діяльність людини призводить до винищення лісів та пригнічення активності фітопланктону, можна зробити невтішний висновок щодо майбутнього стану кисневого балансу в атмосфері...

Мал. 5. Колообіг Оксигену

