

## Біосфера

Біосфера — це вищий ієрархічний рівень організації життя на планеті, екосистема першого порядку або глобальна екосистема. Її складниками є всі екосистеми Землі разом з їхніми біотичними (організми різних видів) і абіотичними (ґрунт, повітря, вода) компонентами, потоками речовини та енергії.

На думку В. Вернадського, структуру біосфери визначають шість типів речовин (основні структурні компоненти). Кожному з них властива специфічна, динамічна структура й організація:

1. Жива речовина (біомаса) — сукупність організмів різних видів.
2. Біогенна речовина — органо-мінеральні й органічні продукти, створені організмами (усі форми дендриту, кам'яне вугілля, нафта, газ тощо).
3. Нежива (косна) речовина — складники літосфери, в утворенні яких організми участі не брали (гірські вивержені породи, мінерали, опади).
4. Біокосна речовина — неорганічні продукти, що утворюються внаслідок взаємодії живої й косної речовин (кисень, створений зеленими рослинами; вода, ґрунт, мул, газо- та нафтоносні сланці, частина осадових карбонатів, ландшафти).
5. Радіоактивна речовина — компоненти природного радіаційного фону (радіонукліди земної кори, космогенні радіонукліди).
6. Речовина космічного походження — метеорити, космічний пил.

Біосфера не просто одна з оболонок Землі, це організована оболонка, що охоплює всю сукупність організмів і ту частину речовини планети, яка перебуває в безперервному обміні з ними. Три зовнішні оболонки Землі, що різняться фазовим станом — тверда земна кора, рідка гідросфера й газоподібна атмосфера — дуже тісно пов'язані між собою, причому речовина кожної з них проникає в межі інших оболонок. Тобто вони не лише стикаються, а й взаємодіють між собою. Верхня частина земної кори насичена підземними водами. Значний обсяг газів міститься не тільки в атмосфері, а й розчинений у водах гідросфери, а також заповнює порожнечі в ґрунті й гірських породах. А пари та дрібні крапельки води, а також дрібні тверді мінерали (пил) насичують нижні шари атмосфери.

Жива речовина та продукти життєдіяльності організмів буквально пронизують усі вищезгадані оболонки. Походження оболонок, формування їхнього сучасного хімічного складу та його подальша еволюція тісно взаємопов'язані. І цей зв'язок значною мірою зумовлений тим, що зовнішня частина планети охоплена геохімічною діяльністю живої речовини.

Масу земної кори оцінюють у  $28,46 \cdot 10^{18}$  т, гідросфери — у  $1,47 \cdot 10^{18}$  т (тобто майже в 20 разів менше), а атмосфери — лише в  $0,005 \cdot 10^{18}$  т. З-поміж цих трьох геосфер, вочевидь, провідна роль, безперечно, належить земній корі, оскільки її загальна маса багаторазово перевищує сумарну масу двох інших оболонок. Загальна маса живої речовини, за сучасними оцінками становить лише близько 0,00001 % маси земної кори. Земна кора містить основний резерв хімічних елементів, які беруть участь у міграційних процесах, зокрема й під впливом живої речовини.

Значення ґрунту зумовлено двома важливими чинниками: 1) він є опорним субстратом для наземних і багатьох водних рослин; 2) з нього рослини отримують необхідні для життя мінеральні речовини та воду. Значення в житті рослин мають структура ґрунту, його механічний склад, уміст води, кисню, органічних і мінеральних речовин, температура, кислотність тощо. Залежно від складу та властивостей ґрунту розподіл рослин у межах тієї чи іншої природної зони надзвичайно різноманітний.

Є й такі, що пристосовуються до складних умов. Відомі рослини піщаних, глинистих, кам'янистих ґрунтів. Є рослини, які ростуть на скелях і кам'янистих ґрунтах, на сильнокислих або сильнолужних, а також засолених (солончаках і солонцях) ґрунтах. Майже всі наземні організми отримують мінеральні елементи для живлення з ґрунту, він є середовищем існування для мешканців ґрунту. Завдяки ґрунту в природі відбуваються великий і малий колообіги речовин. У ньому відбуваються процеси вивітрювання мінералів і гірських порід. Далі продукти вивітрювання частково потрапляють з атмосферними опадами у водойми та у Світовий океан, де вони утворюють осадові породи, які внаслідок тектонічних явищ можуть знову опинитися на поверхні Землі й зазнати вивітрювання (великий колообіг речовин на Землі). Водночас рослини засвоюють з ґрунту водорозчинні елементи, які трофічними ланцюгами знову повертаються до ґрунту (малий колообіг речовин).

Забезпечення регуляції хімічного складу атмосфери й гідросфери. Фізичні, хімічні й біологічні процеси, які відбуваються в ґрунті (дихання організмів, «дихання» ґрунту, міграція хімічних елементів), підтримують певний склад приземного шару атмосферного повітря визначають хімічний склад континентальних вод.

Здійснення акумуляції органічної речовини й хімічної енергії. Акумуляовані в ґрунті органічна маса й енергія (переважно представлена гумусом) витрачаються для підтримання життя й забезпечення колообігу речовин на Землі.

### **Жива речовина планети**

Поняття «жива речовина» увів у науку В. І. Вернадський. Жива речовина — це сукупність усіх живих організмів планети незалежно від їхньої природи.

Жива речовина є найпотужнішим геохімічним й енергетичним чинником, провідною силою планетарного розвитку. На неї припадає всього 0,01 % маси всієї біосфери (97 % — рослини й 3 % — тварини й інші організми), проте саме з нею пов'язані найважливіші функції живої оболонки.

Основними властивостями живої речовини є високоорганізована внутрішня структура, обмін речовин, ріст, самовідтворення, здатність нагромаджувати й передавати енергію ланцюгами живлення, зміна абіотичного середовища, адаптивність тощо. Жива речовина протидіє хаосові й ентропії. Вона використовує прямо й непрямо сонячну енергію й утворює з бідних на енергію молекул, передусім води й вуглекислого газу, складніші й енергетично більш впорядковані сполуки — вуглеводи, білки, жири, нуклеїнові кислоти й інші — або переробляє їх. Жива речовина концентрує хімічні елементи, перерозподіляє їх у земній корі, руйнує й агрегує неживу матерію, окиснює, відновлює й перерозподіляє хімічні сполуки. «Можна без перебільшення стверджувати, що хімічний стан зовнішньої кори нашої планети, біосфери, цілком перебуває під впливом життя й визначений організмами», — уважував В. І. Вернадський. Наприклад, бактерії однієї з груп — ферумобактерії — дістають необхідну для життя енергію в результаті окиснення сполук Феруму(II) до сполук Феруму(III). Під час утворення біомаси цих бактерій масою 1 г відбувається окиснення солей Феруму(II) масою близько 500 г. Кінцеві продукти — солі Феруму(III) — відкладаються навколо бактеріальної клітини й утворюють так звану болотну руду. Саме з неї за часів Київської Русі виплавляли чавун. На прикладі ферумобактерій можна спостерігати кілька функцій живої речовини: окиснення; концентрування; перерозподілення хімічних елементів.

Жива речовина відрізняється від неживої надзвичайно високою активністю, зокрема дуже швидким колообігом. Уся жива маса біосфери оновлюється за 33 дні, а фітомаса, тобто маса рослин, — щодня.

У процесі життєдіяльності тварин, рослин і мікроорганізмів відбувається безперервний обмін речовин між біотою та навколишнім середовищем, унаслідок чого всі атоми земної кори, атмосфери й гідросфери протягом історії Землі багаторазово входили до складу організмів. Можна сказати, що ми п'ємо воду, яка колись була складником тканин юрських папоротей і кембрійських трилобітів, і дихаємо повітрям, яким дихали не лише наші далекі предки, а й динозаври.

В. І. Вернадський сформулював **основний закон біосфери**: кількість живої речовини є планетною константою від часів архейської ери, тобто за весь геологічний час. Основні властивості живої речовини:

- 1) високоорганізована внутрішня структура;
- 2) здатність уловлювати із зовнішнього середовища і трансформувати речовини й енергію та забезпечувати ними процеси своєї життєдіяльності;
- 3) здатність підтримувати сталість власного внутрішнього середовища попри коливання умов середовища зовнішнього, якщо ці коливання сумісні із життям;
- 4) здатність до самовідтворення розмноженням.

Жива речовина існує у формі організмів (індивідів), які й собі групуються в більш-менш дискретні одиниці існування матерії — види. Кожен організм має свою програму розвитку й діяльності, записану у вигляді певної сукупності генів, — генотип. Ця програма зреалізована в характерних, притаманних лише цьому організму зовнішньому вигляді, фізіологічних і біохімічних властивостях, у поведінці. Сукупність усіх ознак та властивостей, що визначені генотипом, називають фенотипом. Завдяки йому нього організм оптимально пристосований до навколишнього середовища, перебуває з ним у найгармонійніших відносинах. Організми одного виду мають досить схожі, хоча й не ідентичні генотипи й фенотипи. Сукупність генотипів усіх видів нашої планети становить її генофонд (це майже синонім терміна «видова різноманітність»). Отже, утрата будь-якого виду призводить до зменшення видової різноманітності й порушує гармонію у взаємовідносинах живої та неживої речовин.

Жива речовина здатна зберігатися навіть в умовах космосу. Так, третя експедиція американських астронавтів забула на Місяці телекамеру. Коли через півроку її повернули на Землю, на внутрішньому боці кришки об'єктива було виявлено земні бактерії, які пережили тривале перебування за межами рідної планети. Проте потрібно пам'ятати, що, попри великі потенційні можливості, «працює» жива речовина лише в межах біосфери.

**Основна планетарна функція** живого полягає у зв'язуванні та запасанні сонячної енергії, необхідної для підтримки багатьох геохімічних процесів у біосфері. Отримана енергія ділиться на три частини: одна частина розподіляється між компонентами оболонки, друга накопичується в омертвілій органіці (завдяки чому утворюються нафта, вугілля тощо), третя частина просто зникає. Ця функція пов'язана з харчуванням, диханням, розмноженням та іншими процесами життєдіяльності організмів.

**Газова.** Здатність організмів змінювати та підтримувати певний газовий склад середовища існування та атмосфери в цілому, Світового океану, ґрунту. Із цією функцією пов'язана поява перших аеробних організмів (тих, які існують у середовищі, що містить кисень), створення умов для синтезу й утворення озонового шару в атмосфері. У першому випадку почалися окиснювально-відновні процеси, а в другому — виникла можливість освоєння організмами суходолу.

**Концентраційна.** Із самої назви зрозуміло, що вона полягає в концентруванні та накопиченні. Організми вбирають і накопичують біогенні елементи з навколишнього середовища, у результаті чого, наприклад, отримують корисні вітаміни, а також шкідливі для людського здоров'я важкі металічні елементи. Результатом концентраційної

діяльності живої речовини є також утворення покладів горючих копалин, вапняків, руд тощо.

**Окиснювально-відновна.** Окиснення та відновлення різноманітних речовин за участі організмів. Під впливом останніх відбувається міграція атомів і йонів елементів зі змінною валентністю (Fe, Mn, S, P, N тощо), утворюються нові сполуки, відбувається відкладення сульфідів і самородної сірки, утворення гідрогенсульфіду тощо.

**Деструктивна.** Руйнування організмами та продуктами їхньої життєдіяльності решток органічної та косної речовин. Її виконують сапротрофні гриби та бактерії (деструктори).

**Транспортна.** Перенесення речовини та енергії в результаті активного руху організмів (приклад, міграція тварин).

**Середовище-утворювальна.** Перетворення фізико-хімічних параметрів середовища. Ця функція є інтегральною та має різні масштаби виявлення.

**Розсіювальна.** Розсіювання речовин у навколишньому середовищі. Виражена через трофічну та транспортну діяльності організмів.

**Інформаційна.** Накопичення живими організмами певної інформації, закріплення її в спадкових структурах і передавання наступним поколінням. Один з виявів адаптаційних механізмів.

**Біогеохімічна діяльність людини.** Перетворення та перенесення речовин біосфери в результаті діяльності людини для побутових потреб (наприклад, використання нафти, вугілля, газу тощо).

Уся жива речовина має єдину фізико-хімічну природу (закон фізико-хімічної єдності живої речовини).

Особливості живої речовини, які зумовлюють високу перетворювальну діяльність, можна схарактеризувати як:

- 1) здатність швидко освоювати весь вільний простір;
- 2) активний і пасивний рух організмів;
- 3) стійкість за життя й швидке розкладання після смерті;
- 4) висока адаптивність до різних умов;
- 5) велика швидкість перебігу реакцій;
- 6) висока швидкість оновлення.

Наслідки діяльності організмів позначилися на всіх оболонках Землі: атмосфері, літосфері, гідросфері.

### Дати відповіді на запитання

1. Як утворилась біосфера?
2. Де закінчуються межі біосфери?
3. Які взаємозв'язки біосфери з іншими оболонками Землі?