**ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ БІОСФЕРОЛОГІЇ (ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ)**

**1. Загальні уявлення про біосферу**

Термін «*біосфера*» (БС) утворений з грецьких слів *«bios»* - життя і *«sphaira»* - куля. Найбільш близько до сучасного поняття підійшов французький дослідник *Ж.Б. Ламарк* у 1802 р., який створив першу цілісну концепцію еволюції живої природи (ламаркізм), ввів термін «біологія» і відзначив істотний вплив живих організмів на процеси, що протікають на земній поверхні. *Ж.Б. Ламарк* не сформулював досить чітко це поняття. Уперше термін «біосфера» з'явився в роботі відомого австрійського геолога *Е. Зюсса «Походження Альп»* (1875 р.), в якій він виділив атмосферу, гідросферу, літосферу і біосферу (сферу життя). Спеціально вивченням біосфери Е. Зюсс не займався, уявлення про неї не розвивав і розглядав її як оболонку, яка залягає над сухопутною і водною поверхнями, або обмежену в часі і просторі сукупність організмів на поверхні Землі.

Основоположником сучасних уявлень про БС є наш великий співвітчизник *В.І. Вернадський* (1863-1945). Наукові ідеї, покладені в основу вчення про БС, *В.І.* *Вернадський* розвивав в окремих статтях, а пізніше в лекціях, прочитаних в 1922-1923 рр. в Карловому університеті у Празi та у Сорбонні. Він ввів цей термін в ужиток, систематизував проблему в монографії «*Біосфера*» (1926 р.), створив узгоджене вчення про БС як сферу поширення життя, особливої оболонки нашої планети. Геніальні дослідження *В.І. Вернадського* набули важливого значення, зокрема, вони стали основою для вирішення однієї з найважливіших проблем сучасності - проблеми охорони і раціонального використання навколишнього природного середовища.

Поверхню Землі *В.І. Вернадський* розглядав як якісно своєрідну оболонку, розвиток якої значною мірою визначається діяльністю організмів. Суть вчення про БС полягає в тому, що вища форма розвитку матерії на Землі - життя - усереднює інші планетарні процеси, тобто сукупна діяльність живих організмів (в т.ч. людини) виявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу і значення. *В.І. Вернадський розглядав* БС не як просту сукупність живих організмів, а як єдину термодинамічну систему (оболонку, простір), в якій відбувається постійна взаємодія усього живого з неорганічними умовами довкілля. Він та його послідовники (*М.С. Будика, М.Б. Вассоєвич, М.С. Соколов, Ф.Я. Шипунов, О.М. Яншин, М.А. Голубець* та ін.) вважають, що БС включає в себе область активного життя, що охоплює нижні шари атмосфери (тропосфери), Всесвітній океан, поверхню суші з біогенними ландшафтами і, нарешті, частину земної кори, в якій на глибинах в сотні й тисячі метрів у підземних водах існують мікроорганізми. Склад і будова БС зумовлені сучасною і минулою життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів (живої речовини).

Життя належить до «холодних» явищ, які відбуваються в нижній шкалі температур (від – 270 до +150оС), однак більшість організмів витримує температуру від 0 до 50оС. Оптимальна температура, за якою проявляється найвища активність організмів відповідає межам 0 – 30оС.

*Верхня межа* БС, за *В.І. Вернадським*, є променевою (зумовлена наявністю короткохвильового ультрафіолетового проміння, від якого життя на Землі захищає озоносфера), а *нижня* – термічною (наявністю високих температур). Межі БС звичайно визначаються від рівня 20-22 км над земною поверхнею до понад 11 км в глибину океану. Фактично потужність БС набагато менша: від поверхні Землі до 6-7 км над нею, тобто приземний шар атмосфери (*аеробіосфера*), де зберігаються умови, за яких ідуть нормальні біохімічні процеси, до глибинної ізотерми 100о С на суші (за даними надглибокої свердловини на Кольському півострові близько 6 км від земної поверхні) і максимальної глибини 10924-11034 м в океані. За даними *Ф.Я. Шипунова* (1980 р.), найбільшу товщину БС має на тропічних широтах – 22 км, найменшу – на полярних – 12 км. На відміну від сучасної БС, доцільно вирізняти також колишні БС (*метабіосферу* за *М.Б. Вассоєвичем*), тобто багатокілометрову товщу літосфери, на склад якої в минулі часи вплинуло функціонування живої речовини.

У роботах *В.І. Вернадського* немає універсального поняття БС і синтезом робіт, присвячених БС, є його праця «*Хімічна будова БС і її оточення*» (М., 1965), видана більш ніж через 20 років після смерті вченого. Виходячи з цієї роботи, БС – цілісна геологічна оболонка Землі, заселена життям і якісно перетворена ним в напрямі формування і підвищення життєвих властивостей. Живі організми є функцією БС та матеріально і енергетично з нею пов'язані, є величезною геологічною силою, що її визначає. Внаслідок обмінних процесів змінюються не тільки самі організми, але і навколишнє абіотичне середовище. Гірські породи, повітря, вся поверхня суші під впливом організмів стають біогенними. Змінюється хімічний склад компонентів абіогенної природи, стає іншою динаміка фізико-хімічних процесів, які відбуваються в них, з'являються нові закономірності взаємодії і розвитку тіл неживої природи, що в свою чергу зумовлює нові зміни у всій сукупності організмів, які її населяють. Як організм не може бути зрозумілий поза єдністю з неживою природою, так і нежива природа в межах БС не може бути зрозуміла досить повно без урахування впливу з боку організмів.

Жива речовина відіграє виняткову роль як джерело енергії не тільки в живій, але і в значній частині неживої природи. Особливо велика в цьому відношенні роль продуцентів, які перехоплюють сонячну енергію в процесі фотосинтезу і трансформують її в енергію зв'язків органічних сполук. З розвитком фотосинтезу реакції окислення на планеті стали у багато разів інтенсивнішими ніж в добіосферний період, і в цьому полягає особливе його значення. *В.І. Вернадський* припускав, що в геологічному минулому верхні шари БС, збагачені енергією живої речовини, поступово опускались в зони високих температур і тиску, віддаючи надмірну енергію земним надрам.

Взаємозв'язок різних видів організмів в БГЦ (ЕС) такий, що продукти життєдіяльності одних видів, шкідливі для них самих, виступають умовою життєдіяльності інших, тобто забезпечується циклічність обмінних процесів, їх замкненість. Кожний вид прагне збільшити свою біогеохімічну енергію, тому виживають тільки ті види, які це роблять найбільш ефективно, сприяючи загальному процесу акумуляції речовини і енергії у БС. Біосферу можна представити як систему взаємопов'язаних між собою БГЦ (ЕС), але це цілісне утворення, в якому формуються властивості, відсутні у складових його частинах (принцип емерджентності). Однак багато з таких властивостей самих складових є результатом саморозвитку БС як органічного цілого.

Як зазначає *Ф. Рамад*, «біосферу можна зобразити як частину планети, яка включає сукупність живих істот і у якій можливе постійне життя».

Для численних характеристик БС основоположними є: 1) завжди є присутньою вода в рідкому стані; 2) в БС постійно проникає сонячна радіація, яка являє собою основне джерело енергії; 3) існують постійні та різноманітні форми життя.

Дійсно, не вся земна поверхня однаково сприятлива для існування живих організмів. Наприклад, в кратерах діючих вулканів, на свіжих лавових потоках, у високо мінералізованих водах Мертвого моря або на дні Чорного моря практично немає живих організмів; в полярних областях і у високогірних районах немає рослин, птахи можуть з’явитись там тільки тимчасово під час перельотів, а є там тільки бактерії і грибки, тобто поряд з біогенними ландшафтами існують і абіогенні ландшафти (центральні частини Антарктиди і Гренландії, високогірні зони). Подібні крайові зони називаються *парабіосферними*. Деякі дослідники вважають, що власне БС, парабіосферні зони, тропосфера + стратосфера і верхня частина літосфери складають *екосферу*. *Ю. Одум* вважає, що поняття «екосфера» і «біосфера» – це синоніми.

Основними типами речовин БС за *В.І. Вернадським* є:

1) *жива речовина* **–** рослини, тварини і мікроорганізми;

2) *біогенна речовина* – органічні і органо-мінеральні продукти, створені живими організмами протягом геологічної історії планети (торф, вугілля, горючі сланці, нафта і інші нафтіди – продукти трансформації сонячної енергії, поховані в надрах Землі);

3) *косна (нежива) речовина* – гірські породи неорганічного походження і вода, які представляють субстрат або середовище для мешкання живих організмів;

4) *біокосна речовина* – результат синтезу живої і косної речовини (осадові гірські породи, кора вивітрювання, мули, ґрунти), співвідношення між живими і неорганічними компонентами в біокоснiй речовині варіює в широких межах;

5) радіоактивна речовина; 6) розсіяні атоми;

7) *космічна речовина* (метеорити, космічний пил). Як зазначає *О.І. Перельман*, до вивчення БС необхідно підходити з позицій системного аналізу, інформаційного підходу і принципу історизму. Сутність *системного підходу* полягає в розгляді БС як системи, тобто цілісного утворення, що складається з взаємопов'язаних частин. У першу чергу приділяється увага виявленню прямих і зворотних зв'язків. Прямий зв'язок можна зобразити символами *А*  *В*, тобто одне явище *А* (причина) впливає на інше *В* (наслідок). Наприклад, вплив сонячного випромінювання на процеси, що відбуваються на земній поверхні. Символом зворотного зв'язку служить *А*  *В*, тобто не тільки явище *А* (причина) впливає на інше *В* (наслідок), але й наслідок (*В*), в свою чергу, впливає на *А*. Якщо результат процесу посилює його і система відрізняється від початкового стану, то такий зворотний зв'язок називається позитивним. Так, поява льодовиків збільшує відбиття променів з їх поверхні і сприяє подальшому охолодженню, збільшенню зледеніння. Позитивні зворотні зв'язки характерні для біодеградованих систем. Якщо результат процесу ослаблює його і стабілізує систему, відновлює її вихідний стан, то зворотний зв'язок негативний. Такі зв’язки також дуже характерні для БС. Наприклад, надходження *CO2* в атмосферу в епохи активного вулканізму призводило до різкого збільшення фітомаси й торфонакопичення (накопичення вугілля). Виявлення механізму негативного зворотного зв'язку також важливе, оскільки таким шляхом осягаються причини стійкості біокосних систем і БС загалом, що необхідно у вирішенні питань охорони навколишнього середовища.

Значення *інформаційного підходу* інтуїтивно відчував *В.І. Вернадський*, коли у статті «Декілька слів про ноосферу» (1944 р.) він відзначав, що не розуміє, як думка, не будучи матерією, викликає великі зміни. Характеризуючи БС, необхідно розглядати не тільки речовинний склад і енергетику цих систем, але й характерні для них інформаційні процеси, які поділяються на *ентропійні* – спрямовані на втрату інформації, зменшення складності, різноманітності, організації, упорядкування і *негентропійні* (антиентропійні) – що призводять до збільшення складності, різноманітності, упорядкованості, накопичення інформації. Наприклад, у прокаріотів, які не мають оформленого клітинного ядра і типового хромосомного апарату, спадкоємна інформація реалізується і передається через ДНК, а у еукаріотів, які мають оформлене клітинне ядро, генетичний матеріал міститься у хромосомах – складноорганізованих нуклеопротеїдних структурах.

Всі науки про Землю розглядають розвиток природних процесів за мільйони і мільярди років (*принцип історизму*). Без уявлень про еволюцію БС важко аналізувати як сучасний стан її складових, так і їх можливі зміни внаслідок порушення природно-історичної рівноваги під впливом антропогенних факторів.

Таким чином, виходячи із вчення *В.І. Вернадського* про БС можливі такі висновки:

1. *Принцип цілісності*. Можливо говорити про все життя, про всю живу речовину як про єдине ціле у механізмі БС. Вузькі фізико-хімічні межі існування життя – підтверджують принцип цілісності.

2. *Принцип гармонії біосфери та її організованості.* В БС усе враховується й усе пристосовується з тією ж точністю, з тією ж механічністю і з тим же підпорядкуванням міри і гармонії, яку ми бачимо в струнких рухах небесних світил і починаємо бачити у системах атомів речовини..

3*. Роль живої речовини в еволюції біосфери*. На земній поверхні немає хімічної сили, більш постійно діючої, а тому більш потужної за кінцевими наслідками, ніж живі організми у цілому. Лик Землі фактично сформований життям.

4. *Космічна роль біосфери в трансформації енергії. В.І. Вернадський* підкреслював важливе значення енергії і називав живі організми «механізмами перетворення енергії».

5. *Космічна енергія викликає тиск життя, який досягається розмноженням організмів*. Розміри популяції зростають до тих пір, поки середовище здатне витримувати її подальше зростання, після чого досягається рівновага. Чисельність коливається біля рівноважного рівня.

6. *Розтікання життя є проявом його геохімічної енергії.* Дрібні організми розмножуються значно швидше, ніж великі організми. Швидкість передачі (розмноження) залежить від щільності живої речовини.

7. *Поняття автотрофності.* Автотрофними називають організми, які беруть усі необхідні їм для життя хімічні елементи із оточуючої їх косної матерії і не вимагають для будови свого тіла готових сполук іншого організму.

8. *Життя визначається, уцілому, полем стійкості зелених рослин*, а межі життя – властивостями фізико-хімічних сполук, що будують організм, їх незруйнованістю за певних умов середовища. Максимальне поле життя визначається крайніми межами виживання організмів. Верхня межа життя обумовлюється променистою енергією, присутність якої виключає життя й від якої охороняє озоновий щит. Нижня межа пов'язана з досягненням високої температури.

9. *Життя залишалось протягом геологічного часу постійним*, змінювалися лише його форми («кількість життя» також значно змінювалась протягом геологічної історії; фактично його кількість є незмінною лише з середини мезозою, а це лише третина геохронологічної шкали).

10. *Повсюдність життя в біосфері*. Життя поступово, повільно пристосовувалось, захоплювало біосферу, і це захоплення не закінчувалось.

11. *Форми знаходження хімічних елементів*: гірські породи і мінерали; магма; розсіяні елементи; жива речовина. Згідно із законом бережливості у використанні живою речовиною простих хімічних тіл, організм вводить в себе тільки необхідну кількість хімічних елементів.

12. *Постійна кількість живої речовини в біосфері*. Кількість живої речовини і кисню в атмосфері приблизно одного порядку (для значних відрізків геологічного часу). Жива речовина є посередником між Сонцем і Землею.

13. *Будь-яка система досягає стійкої рівноваги, коли її вільна енергія дорівнює або наближається до нуля*, тобто коли вся можлива в умовах системи робота виконана.

За *структурою* БС являє собою якісно різнорідне і відносно кількісного вмісту компонентів асиметричне утворення. Виділяють такі види неоднорідності БС.

1) *агрегатна* (складається із взаємодії трьох агрегатних станів - твердого, рідкого і газоподібного);

2) *просторова* (полягає в нерівномірності розподілу речовини і структур);

3) *енергетична* (виражається в нерівномірному розподілі по земній поверхні сонячної енергії і в неоднаковому співвідношенні речовини і енергії в тілах БС);

4) *геохімічна* (нерівномірність розподілу атомів різних хімічних елементів);

5) *зональна* (нерівномірне по широтних зонах розселення органічних форм і відкладення продуктів їх життєдіяльності).

Верхня частина БС, куди проникає сонячне світло і де можливий фотосинтез, називається *фітосферою*. Відомо, що у процесі *фотосинтезу* із *CO2, H2O* та мінеральних елементів відбувається утворення органічних субстанцій, необхідних для життя. Схематично реакцію фотосинтезу можна представити таким чином: *.* 2 6 12 6 2 2 666O O Н С OH CO  

Щорічно в процесі фотосинтезу засвоюється близько 200 млрд. т CO2 і виділяється близько 145 млрд. т вільного *O2*. Фотосинтез здійснюють не тільки водорості і наземні рослини, але і більш давні *фототрофи*: пурпурні і зелені бактерії, частково і синьо-зелені водорості (ціанобактерії). Фототрофні бактерії бувають одно- і багатоклітинні, але вони організовані простіше, ніж водорості і вищі рослини.

У нижню частину БС сонячне світло не проникає, процеси фотосинтезу неможливі, а утворення біомаси з мінеральних сполук (хемосинтез) істотного значення не має. Цю область підземних глибин материків з ізотермами понад 100оС та значних (темних) глибин морів і океанів іменують *редусферою*. Понад 100 років тому *С.М. Виноградський* винайшов *хемосинтез* - процес синтезу органічних речовин із *CO2*, але не за рахунок сонячної енергії, як під час фотосинтезу, а за рахунок енергії, яку одержують при окисленні *NH3, H2S* та інших відновних неорганічних сполук, який здійснюється бактеріями-хемосинтетиками (азото-, сірко- або залізобактеріями) у ході їх життєдіяльності. Процес отримання енергії при хемосинтезі йде за такими схемами:

 40 ккал; OH FeO FeCO 159 ккал SO H O S H 83,5 ккал;

HNO O NH 3 2 3          3 2 3 4 2 2 2 ;

Як джерело енергії використовуються неорганічні сполуки, головним чином, *Н2S* та *СН4*, а як джерело вуглецю – *CO2*. Високотермальні витоки приурочені до активних вулканічних ділянок серединно-океанічних хребтів і до зон *спредингу* (розходження літосферних плит). Окрім того, в різних частинах Тихого океану виявлені холодні витоки, також позбавлені *O2* й збагачені *СН4* і *Н2S*. Ці дані розширюють межі БС.

*Асиметричність структури* БС проявляється у нерівномірному розподіленні морських та континентальних ландшафтів. *«Центром»* БС, тобто такою її частиною, яка має провідне значення і визначає своєрідність БС, вважаються лісові ландшафти, в яких зосереджена основна маса живої речовини планети. Найбільш високі значення біомаси характерні для тропічних лісів (650 т/га), менші - для тайгових (300 т/га) і чорноземних (20 т/га) лісів, а мінімальні (2 - 2,5 т/га) - для пустель. За кількістю біомаси морські ландшафти близькі до пустель, але серед них вирізняються «згустки» життя (наприклад, коралові рифи). Можливо, що «центром» БС можна вважати й верхні горизонти океану, тобто фітосферу в цілому. Складні й тісні взаємодії між кліматом, живими організмами та фізичним субстратом призводять до утворення характерних регіональних угруповань або великих системно-географічних підрозділів в межах ґрунтово-кліматичних зон, тобто *біомів*. Найбільш значні біоми: тундра, хвойні ліси, листяні ліси, степи, чапаралі (райони з м'якою дощовою зимою й довгим спекотним та сухим літом, з вічнозеленими рослинами з жорстким, товстим листям), пустелі. Біоми – це здебільшого поверхні, ніж об'єми, тому БС не можна розглядати як сукупність континентальних і морських біомів. Нескінченна різноманітність структурних елементів БС знаходить відображення і в різноманітності угруповань рослин, тварин та мікроорганізмів, пов'язаних з певними умовами навколишнього середовища у біогенних ландшафтах різних типів.