

ГЛАВА 2

ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

2.1. Основні принципи

2.1.1. Природна речовина

Природа (у широкому розумінні), чи природне середовище (у більш вузькому), являє собою сукупність безкінечної кількості утворень живої (біотичної) і абіотичної матерії, що оточує нас у всьому безмежному різноманітті проявів.

Природна речовина – будь-який хімічний елемент чи хімічні сполуки, які виникають під час хімічних реакцій, біологічних і фізичних процесів, що входять у природний кругообіг речовин. За В.І. Вернадським, вона може бути різною за походженням: речовина *біогенна* – створюється і переробляється життям, речовина *біокосна* – створюється одночасно живими організмами і косними процесами, речовина *косна* – утворюється процесами, в яких жива речовина не бере участі, речовина *жива* – сукупність тіл живих організмів, які населяють Землю.

Процеси утворення і руйнування, тобто переутворення природної речовини, відбуваються безперервно і на різних рівнях – від краплини води до Землі. Основою природної речовини – як живої, так і неживої – є одні і ті ж *хімічні елементи*. Складові природного середовища, як правило, містять невелике різноманіття хімічних елементів. Наприклад, одна з найскладніших природних речовин – органічна речовина – складається на 99 % з трьох елементів – вуглецю, кисню і водню (табл.

Таблиця 2.1

Порівняльний вміст основних елементів

Елемент (% на 100 атомів)	Жива речовина на	Тверда речовина (літосфера)	Рідка речовина (гідросфера)	Газоподібна речовина (атмосфера)
Водень	49,8	2,92	66,4000	-
Кисень	24,9	60,40	33,0000	21,00
Вуглець	24,9	0,16	0,0014	0,03

Особливістю кожної речовини, яка вирізняє її від іншої, є *властивість* – категорія, що характеризує фізичну, хімічну, біологічну чи комплексну відмінність від іншого. Найширшою комплексною властивістю є *якість*, що характеризує об'єкт у цілому, а не окремі його властивості.

Кількісно властивість оцінюється з допомогою *показника* (чи показників) (табл. 2.2).

Таблиця 2.2
Властивості і показники

Назва властивості	Показник			Значення показника		
	Назва	Позначення	Розмірність	Вода	Атмосферне повітря	Грунт
Вагомість	Густина (питома вага)	ρ	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	1000	1,2	1300-2500
Рухливість	Коефіцієнт внутрішнього тертя	ν	$\frac{\text{с}^2}{\text{см с}}$	0,011	$0,018 \times 10^{-2}$	
Теплоємність	Питома теплоємність	c	$\frac{\text{кал}}{\text{г град}}$	1,00	0,24	
Теплопровідність	Коефіцієнт теплопровідності	λ	$\frac{\text{кал}}{\text{см с град}}$	1,3	$2,2 \times 10^{-5}$	

У табл. 2.2 наведені властивості і показники трьох головних речовин природного доквілля – води, атмосферного повітря і ґрунту.

Природна вода – це речовина з унікальними властивостями, котрі не тільки ще повністю не пояснені, але навіть не всі відомі. Аналіз звичайної води показує, що це суміш декількох різновидів із загальною хімічною формулою H_2O .

Крім наведених у табл. 2.2 властивостей, вода характеризується *розчинністю* – здатністю розчиняти практично всі речовини. Найбільше у воді розчинено солей – до 35 грамів у кілограмі океанської води (18 г/кг – у Чорному морі). Прісною вода вважається, коли в ній не більше одного грама солі. Саме така вода є найбільш цінною, необхідною для підтримки наземної біосфери. Вона складає

лише один-два відсотки від загальних запасів води. Для практичного використання людьми придатна значно менша частина, бо головні запаси прісної води (75 відсотків) зберігаються у вигляді льоду та снігу. Замерзла прісна вода Антарктики дорівнює $23 \cdot 10^6 \text{ км}^3$, в той час як води всіх річок і озер – $180 \cdot 10^3 \text{ км}^3$.

У воді добре розчиняються і гази. Життєво необхідного водним тваринам кисню розчинена така кількість (у залежності від температури води):

Температура води (°C)	0	5	10	15	20	25	30
Вміст кисню у воді (мг/л)	14,6	12,8	11,3	10,2	9,2	8,4	7,4

Співвідношення розчинених у воді речовин визначає реакцію води, надаючи їй кислого чи лужного характеру. Критерієм, який позначається рН, є концентрація водневих іонів H^+ . Чисельно $\text{pH} = \lg(1/\text{H}^+)$. За значенням рН води розподіляється таким чином: рН = 7 – хімічно чиста; рН = 6,5-7,5 – нейтральна; рН = 5,5-6,5 – слабо кисла; рН < 5,5 – сильно кисла; рН = 8-10 – слабо лужна; рН > 10 – сильно лужна.

Температура води впливає не лише на її розчиненість, а й на інші властивості. Рухливість, яка визначається силою внутрішнього тертя,

Температура води (°C)	5	10	15	20	25	30
Коефіцієнт в'язкості (г/(см·с))	0,0152	0,0131	0,0114	0,0100	0,0089	0,0080

Вода може знаходитись у трьох агрегатних станах – рідкому, газоподібному і твердому, що робить її головним учасником процесів кругообігу речовини й енергії в природі. Зміна стану значно змінює властивості води – перехід з рідини до газу збільшує об'єми більш як у тисячу разів і в 1,09 – до твердого стану. Для фазових переходів потрібні значні зміни енергетичного стану, які на один кілограм води дорівнюють: $r = 540$ ккал (2260 кДж) – прихована теплота пароутворення (або теплота конденсації у випадку переходу пари у воду); $\lambda = 79,8$ ккал (334 кДж) – теплота замерзання води (або теплота танення льоду).

Природна вода – це складна сукупність твердих і газоподібних

елементів у хімічно чистій рідині H_2O , яку легко можна отримати шляхом конденсації водяної пари. Конденсат вживається лише в технічних цілях, бо це “мертва”, “штучна” вода. Властивості природної води до кінця не з’ясовані. Чому “тала” вода, отримана з льоду декілька годин тому, набагато корисніша для тварин і рослин, ніж та сама до замерзання чи через декілька діб після розмерзання? Чому при зниженні температури густина води збільшується до температури +4 градуси, а далі – зменшується? Перелік проблемних питань можна продовжувати...

Атмосферне повітря – це суміш майже двадцяти газів, головними з яких є азот (78,19% об’єму), кисень (20,94%), аргон (0,93%), вуглекислий газ (0,03%). Приведене в табл. 2.2. значення густини не є постійним – воно залежить від інших показників повітря згідно з такими рівняннями стану, в якому P – атмосферний тиск ($кг/м^2$), T – температура (К), R – універсальна газова постійна. Величина R для

Таблиця 2.3

Вплив висоти на показники повітря

Показник атмосферного повітря	Висота над рівнем моря (км)						
	0	1	2	3	5	10	15
Тиск P ($кг/м^2$)	10330	860	784	700	530	260	120
Температура (К)	288	282	275	269	256	223	217
Густина ($г/м^3$)	1225	1110	1012	910	730	410	190

Важливою для біосфери властивістю атмосферного повітря є його вологість – абсолютна d (кількість водяної пари в одному кілограмі повітря) чи відносна ϕ (у відсотках до найбільшої кількості вологи, яка може знаходитись у пароподібному стані при температурі повітря). Зв’язок між абсолютною та відносною вологістю при постійній температурі 20°C такий:

Вологість відносна ϕ (%)	100	90	80	70	60	50
Вологість абсолютна d (г/кг)	17,3	13,5	11,9	10,4	8,9	7,4

Максимально можлива вологість повітря відповідає вимогам $\varphi = 100\%$ і залежить від температури таким чином:

Температура повітря (°C)	0	10	20	30	40	50
Абсолютна вологість (г/кг)	2,3	8,0	15,0	27,3	50,0	90,0

Приведені дані свідчать про велику кількість вологи, яка може сконденсуватися з повітря при охолодженні. Наприклад, при зменшенні температури вночі до 20°C з денної 30°C при стовідсотковій вологості повітря у вигляді вранішньої роси випаде $\Delta d = d_{30} - d_{20} = 27,3 - 15,0 = 12,3$ грамів з кожного кілограма насиченого вологою повітря.

Для використання розрахунків, пов'язаних з вологим повітрям, використовують діаграми, запропоновані Л.К. Рамзіним.

Грунт – самий верхній і самий тонкий шар земної кори – складне утворення, яке В.І. Вернадський назвав *біокосною системою*. Це складний біогеоценоз – єдність мінеральної і органічної речовини, продуктів життєдіяльності організмів, повітря і води. За 40-50 років у ґрунті не залишається ні частки мінеральної маси, яка не була б перероблена кимось живим. Наприклад, дощовий черв'як пропускає через систему травлення 5 кілограмів ґрунту за рік.

Грунт – це складна трифазова система, в якій тверде пронизане безліччю щілин, заповнених газоводною сумішшю, температура і вологість якої стабільніші, ніж над поверхнею ґрунту. В ґрунті накопичуються органічні і мінеральні речовини. Все це забезпечує велику насиченість ґрунту життям – на один квадратний метр площі приходиться мільярди клітин найпростіших, мікроскопічних грибів та бактерій, мільйони коловороток, нематод та тихоходок, тисячі кліщів, колембол та інших членистоногих, сотні черв'яків, молюсків та інших безхребетних. На освітлених поверхнях знаходиться безліч фотосинтезуючих клітин зелених, жовто-зелених, діатомових і синьо-зелених водоростей.

Між ґрунтом та підґрунтовим горизонтом відбувається безперервний обмін речовин. Атмосферні опади ініціюють рух ґрунтових вод, які розмивають і переносять солі, глинисті та піщані матеріали. Пориста структура дозволяє надходити вглиб повітря, кисень і азот якого хімічним шляхом “переробляють” речовини.

Грунт забезпечує можливість існування рослинному світові, тобто

є основою підтримки життя на суші і першоджерелом існування земної біоти. Ділянки відкритого ґрунту займають не більше десяти відсотків земної поверхні. Інше – це гори, пустелі, сніги, льодовики, тундра, землі проживання людей та їх промислової діяльності.

У залежності від геологічної основи ґрунти бувають піщані, супіщані, підзолисті, чорноземи та інші. Відрізняються вони складом і будовою. Видатний ґрунтознавець В.В. Докучаєв (1846-1903) указував, що різниця між чорноземом і підзолом, окрім багатьох ознак, визначається і в їх будові. Підзол – борошноподібний, пиловий, чорнозем – зернистий, подібний губці, яка пронизана порами і чудово пропускає через себе повітря і воду. Саме в структурі чорнозему його головна перевага...

Показником продуктивності, тобто цінності, ґрунту є вміст у ньому гумусу – органічної речовини. Чим більше гумусу, тим краще тепловий, водний і повітряний режим ґрунту. Тим він багатший головними елементами живлення рослин. Тим активніше в ньому йде утворення нітратів і вуглекислоти, необхідної для фотосинтезу. Тим краще фіксується атмосферний азот мікроорганізмами, які живуть у кореновому горизонті ґрунту. Гумус – органічна частина ґрунту – являє собою сукупність продуктів мікробіологічної діяльності і продуктів розпаду рослинних та інших залишків. Склад гумусу (в %): вуглець – 58; кисень – 30-39; водень – 4,5; азот – 1,5-7,0; попільна речовина – 2-8. Присутні також калій, сірка, фосфор, кальцій, натрій, залізо та інші.

Гумус накопичується на поверхні ґрунту у вигляді десяти-, двадцятисантиметрового прошарку. Тільки в чорноземах глибина гумусу може досягати метра і більше. В часи В.В. Докучаєва на гектарі чорнозему було до 300 тонн гумусу, тобто 10-13 відсотків. Зараз – 150-100 і навіть 50 тонн. Процес гумусоутворення дуже повільний – декілька відсотків за десятки років.

Ґрунт є верхнім шаром земної кори і тісно пов'язаний з підґрунтям. На глибині 10-20 кілометрів земна кора має такий хімічний склад: кисень – 49,13; кремній – 26,00; калій і магній – по 2,35; водень – 1,00%.

Елементи поєднані в природні хімічні утворення земної кори, які називають *мінералами*. Вони виникають і руйнуються в результаті

фізико-хімічних процесів, які відбуваються з різною швидкістю в усіх прошарках земної кори. В залежності від походження мінеральних накопичень у земній корі розглядають магматичні утворення – результат застигання магми, яка потрапила з глибин у кору, осадні породи – виникли внаслідок руйнування і переформування раніше сформованих гірських порід і метаморфічні породи – продукти змін магматичних і осадних утворень під впливом високих температур і тиску. Верхня частина земної кори на 95% складається з магматичних утворень. Поверхневі шари гірських порід є початковим субстратом, з якого під впливом рослинності, мікроорганізмів і тварин утворюються

Таблиця 2.4

Показники південного чорнозему

Показник	Глибина взяття проби ґрунту (см)				
	0 – 10	25 – 30	40 – 50	55 – 60	70 – 80
pH водний	6,9	7,6	7,6	7,9	8,0
pH солевий	6,2	6,4	6,9	7,5	7,5
Загальна пористість (%)	61,6	51,6	49,9	46,1	43,1
Загальний вміст гумусу (%)	3,1	2,6	1,5	0,9	0,6
Валовий азот (%)	0,16	0,15	0,11	0,09	-

Жива речовина – це сукупність живих істот (рослин, тварин, мікроорганізмів тощо), які існують в атмосфері, гідросфері і ґрунті. Незважаючи на начебто велику різницю між живим і неживим, постійно стоїть питання: що таке “живе”, як і коли воно виникло на Землі? Є чимало прикладів, коли неможливо відрізнити живу істоту від представника неживої природи. Це, перш за все, віруси, котрі поза живою клітиною “мертві як камінь”, а в її надрах виявляють риси живого. Нещодавно виявленим бактеріям та іншим мікроорганізмам, які знаходяться в неживому стані – анабіозі, більше десяти тисяч років.

Головною ознакою життя О.І. Опарін вважає обмін речовин, В.О. Енгельгард – здібність відтворювати собі подібних, трансформацію енергії, збудливість, рух. В.О. Трапезников упевнений, що найбільш характерною ознакою живого організму є процес управління або наявність механізмів самоорганізації.

Немає єдності вчених і в питаннях походження життя. О.І. Опарін і багато інших впевнені в еволюційному зародженні життя на Землі з неживих природних утворень (води, аміаку, метану та інших) за рахунок дії випромінювань різного типу (короткого ультрафіолету, радіоактивного та інших). Базою таких тверджень є факт, що і жива, і нежива матерія складається з однакових хімічних елементів.

В.І. Вернадський та його послідовники, спираючись на відсутність історичних фактів і неспроможність сучасної науки відтворити процеси зародження життя з неживої матерії, схилиються до космічного походження життя на Землі. А. Блюменфельд, використовуючи найсучаснішу обчислювальну техніку, підрахував, що ймовірність самозародження живого організму з неживих блоків практично дорівнює нулю.

Незважаючи на порівняно невелику масу, яка в тисячу разів менша за масу гідросфери, жива речовина за різноманіттям значно випереджає неживу: якщо кількість природних сполук (мінералів) неживої речовини становить біля двох тисяч, то до складу живої речовини входить більше двох мільйонів органічних сполук. Сьогодні налічується приблизно два мільйони видів організмів, з них півтора мільйона припадає на тварин і півмільйона – на рослини.

Розподіл живого на тваринний та рослинний світ відбувся приблизно мільярд років тому. Вони різняться, по-перше, структурою клітин і їх здібністю до росту, по-друге, засобом харчування, по-третє, здатністю рухатись.

Найбільше розповсюджені тварини – це комахи (більше одного мільйона видів), молюски (більш як сто тисяч), членистоногі (п'ятдесят тисяч). По десять тисяч видів мають птахи та кишковопорожнинні. Група найвищих тварин – ссавців – налічує шість тисяч видів.

З п'ятисот тисяч видів рослин половина припадає на покритонасінних. Сто тисяч видів складають бактерії і гриби, двадцять п'ять тисяч – водорості.

Різноманіття водної флори і фауни значно бідніше за материкову – у воді мешкають лише 180 тисяч видів тварин і біля 20 тисяч видів рослин. Найбільше розповсюдження має невеликий (4-6 сантиметрів) морський рачок криль – його налічується до двох мільярдів тонн.

Багато кальмарів – їх сумарна вага приблизно дорівнює масі всіх риб.

Як відомо, океан – це колиска біосфери. Лише 350 мільйонів років тому живі організми почали переселятися з води на сушу. Життя виникло у воді тому, що:

- Світовий океан містив велику кількість поживних речовин;
- прошарок води глибиною 10-12 м повністю нейтралізує згубну дію короткохвильових ультрафіолетових променів.

І сьогодні у воді залишилися самі великі і важкі представники живого – кити. Вважають, що тому є дві причини: по-перше, водним жителям не потрібно витрачати енергію на терморегулювання тіла і, по-друге, завдяки невагомості перебування у воді не потребує витрат енергії на подолання гравітаційних сил.

Менше 40 відсотків водної поверхні – акваторії – приходится на долю неглибоких біологічно продуктивних ділянок, які виробляють більше 500 мільярдів тонн органічної речовини. Серед нектону, плаваючих тварин, – риби, кальмари та інші головоногі моллюски, морські ссавці (кити і ластоногі). Бентос – це глибинні придонні і донні морські організми – моллюски, ракоподібні, колючкошкіри. Водорості (бурі, червоні, зелені) складають фітобентос.

Гідросфера зберегла багато таємниць з історії життя на Землі.

У воді живуть одні з найдавніших представників водних тварин – осетрові риби.

Деякі мікроорганізми мають ефективність фотосинтезу на порядок вищу, ніж суходольні рослини, завдяки раціональній будові. Наприклад, клітина хлорели виконує всі життєві функції сама: вона сприймає поживні речовини з навколишнього середовища, в ній проходять усі процеси “травлення”, і вона ж таки є органом розмноження. Клітина не віддає частину сонячної енергії на утримання і діяльність інших клітин. ККД хлорели дорівнює 7-29%.

На дні Тихого океану в районі, який знаходиться на відстані 400 кілометрів на захід від затоки Пьюджет-Саунд, виявлено надгаряче джерело з температурою води біля 400°C. У цій воді живуть моллюски та черв'яки. В іншому місці на глибині три кілометри є одноклітинні тварини, які живляться воднем, азотом та важкими металами. В глибинах океану поблизу “чорних курильщиків” мільярди хемосинтезуючих бактерій споживають отруйні сірководень і метан.

За багатоміліардову історію біосфера пережила і періоди розквіту, коли майже на всій планеті буяла тропічна рослинність, і періоди різкого похолодання, коли льодовики сягали кордонів сучасних субтропіків. Науковці дали цьому явищу назву “хвилі життя”. Вони виділяють 6 максимумів життя, які відбулись 0,25; 0,5-0,7; 0,9-1,0; 1,7-2,1; 2,6-2,8 і 3,5-3,7 мільярдів років тому і співпали з періодами посилення магматизму і вулканізму, коли з надр планети збільшувались надходження поживних речовин.

У кожний геологічний період представники живого пристосовувалися до нових умов або зникали, не зумівши чи не встигнувши пристосуватися.

Контрольні запитання і завдання

1. Перелічити види речовини за визначенням В.І. Вернадського.
2. Що таке властивість речовини?
3. Назвіть показники певної властивості води (повітря).
4. Визначити, що таке питома теплоємність води (повітря).
5. Визначити, що таке природна вода.
6. Що таке рН води?
7. Яка вода вважається прісною?
8. Побудувати графічну залежність вмісту кисню у воді від температури.
9. Чому спостерігаються природні замори риби взимку?
10. В чому причина природних заморів риби влітку?
11. Пояснити поняття “теплота пароутворення”.
12. З чого складається атмосферне повітря?
13. Чому на високій горі людині не вистачає повітря?
14. Визначити, скільки роси випаде з повітря вологістю 80% при зниженні температури з 35°C до 30°C.
15. Що таке ґрунт?
16. Обґрунтуйте властивості і показники ґрунту.
17. Обґрунтуйте ознаки живої речовини.
18. Порівняйте живу речовину водну і наземну за різноманітністю умов існування.