

## ЛЕКЦІЯ № 3

### Тема: Вертикальна структура ландшафту. Топічна ландшафтна екологія

#### План

1. Основні положення вертикальної структури геосистем.
2. Основні способи декомпозиції.
3. Вертикальні межі геосистем.
4. Формування вертикальної структури геосистем.
5. Потoki енергії, вологи і речовин у геосистемах.

#### 1. Основні положення вертикальної структури геосистем

При аналізі вертикальної (*топічної*) структури геосистеми вважається, що вона однорідна в територіальному відношенні, але «по вертикалі» розкладається на різні частини, які пов'язані між собою певними відношеннями (рослинність – ґрунт – гірські породи – тощо, або різні яруси рослинності – горизонти ґрунту – верстви гірських роді тощо),

Геосистема є поліструктурною у вертикальному відношенні. Це означає, що в одній геосистемі можна виділити кілька вертикальних структур різних типів.

Оскільки внутрішньогеосистемних зв'язків дуже багато, то можливо визначити деякі загальні типи вертикальних структур геосистеми. Така можливість ґрунтується на близькості багатьох процесів за їх фізичною суттю, характером перебігу, змінами геосистеми, які зумовлені цими процесами. З цієї точки зору всю множину внутрішньогеосистемних зв'язків умовно можна поділити на такі типи: генетико-еволюційні; зумовлені потоком енергії та її трансформацією; зумовлені речовинними потоками (міграцією речовин); відношення тісного кореляційного або інформаційного зв'язку характеристик геосистеми.

Отже можна розрізняти принаймні три загальних підходи структуризації геосистеми та відповідно три типи її вертикальних структур:

- **геокомпонентний** (поділ вертикального розрізу геосистеми за компонентами природи і далі за їх генетично однорідними частинами);
- **речовинно-фазовий** (структурні частини виділяються як тіла, однорідні за фазовим станом, фізико-хімічними та іншими властивостями речовини);
- **просторово-об'ємний** (вертикальний профіль геосистеми поділяється на деякі однорідні шари, точніше - об'єми).

Елементи вертикальних структур геосистем залежать від типу, підходу структуризації геосистеми, від мети та детальності аналізу. Елементарним об'єктом системи може бути рослинність взагалі, певна екологічна група видів рослин, окремий вид і окрема рослина, і навіть її окремі морфологічні органи.

## **2. Основні способи декомпозиції.**

**I. Геокомпонентний спосіб.** Традиційним для ландшафтознавства поділом геосистеми (ПТК) на складові частини є виділення в ній компонентів природи (геокомпонентів), кожний з яких є представником окремих геосфер, що складають географічну оболонку. Це гірські породи (представники літосфери), поверхневі та ґрунтові води (гідросфери), повітряні маси (атмосфери), ґрунти (педосфери), рослинність, тварини, мікроорганізми (представники біосфери). Усі ці компоненти є матеріальними тілами. До геокомпонентів не належать рельєф і клімат (це не тіла, а їх властивості) та антропологічні об'єкти як тіла неприродного походження (враховуються як зовнішній по відношенню до геосистем фактор).

Геокомпонентами є тверді маси землі, повітряні маси атмосфери, поверхневі та ґрунтові води, ґрунти, рослинність, тварини, мікроорганізми. Вони складні тіла й мають свої власні властивості. Вважається, що вони займають проміжне положення між простими дискретними тілами (мінералами, газами, окремими організмами) та геосистемами.

У гірських породах окремими елементами є окремі літолого-стратиграфічні верстви, у ґрунті – його генетичні горизонти. Ґрунтові води розрізняють за шаром порід, які їх вміщують. Елементами рослинності та тваринного світу вважають окремі ценопопуляції, або навіть окремі вікові групи одного виду.

**II. Речовинно-фазовий (геомасовий) спосіб.** Він використовується при аналізі потоків певних речовин, їх взаємопереходів та інших форм взаємодії, розглядається складна композиція речовин, різних за фазовим станом, фізичними властивостями, хімічним складом. Взаємодії між цими речовинами зумовлюють різні процеси в геосистемі (наприклад, продукційний, засолення ґрунтів тощо) і тому розглядаючи різні речовини як окремі елементи геосистеми можна досліджувати внутрішньогеосистемні зв'язки.

При речовинно-фазовій структуризації геосистеми геомаси слід розглядати як окремі компоненти її вертикальної будови, оскільки їх частини відрізняються за фізичними, хімічними та іншими показниками. Так, ***фітомаса*** представлена такими частинами як зелене листя рослин, корені, гілки та стовбури, генеративні органи тощо. Тому при детальному аналізі геосистем геомаси поділяються на елементи залежно від агрегатного складу, функціонального призначення, хімічного складу та інших властивостей. Ступінь детальності поділу на елементи залежить від завдання ландшафтно-екологічного аналізу.

Крім цього геомаси поділяють на типи, роди і види.

***Типи геомас*** виділяються на основі відмінностей у функціональному призначенні в геосистемі, щільності та швидкості зміни в часі і переміщені в просторі.

При диференціації на ***типи педомас*** (ґрунту) за основу прийнято відмінності в механічному складі: глинисті, суглинкові, піщані типи тощо. На ***роди*** їх поділяють за вмістом гумусу (високо-, середньо- та малогумусні). ***Види геомас*** поділяють з урахуванням метричних характеристик їх елементів (форми, розмірів, орієнтації тощо).

**III. Просторово-об'ємний (геогоризонтний) спосіб.** Геокомпоненти дають певне уявлення про ярусну будову геосистеми, але ці елементи накладаються один на одне, крім цього вони неоднорідні по вертикалі. У геосистемі визначають яруси, шари хорогоризонтів або біогеогоризонтів.

***Геогоризонт*** – це комплексне утворення, до якого входять усі геомаси, що містяться в певному шарі геосистеми. Суттєвими ознаками при виділенні й характеристиці геогоризонтів є ландшафтно-геофізичні параметри: текстура, щільність, об'єм, колір та ін. Кожний геогоризонт стисло описується в індексній формі і його можна віднести до певного класу, типу, роду та виду. Генетичні горизонти змінюються протягом року, мінлива не тільки їх потужність, а й кількість (наприклад узимку щезає геогоризонт, основний об'єм якого складають листя).

### 3. Вертикальні межі геосистем.

Вертикальні межі відокремлюють геосистему від її зовнішнього середовища, тоб-то від нижніх верст літосфери та верхніх шарів атмосфери. Залежно від мети аналізу геосистеми розрізняються й критерії виділення меж. Якщо геосистема досліджується як фізичний об'єм природної реальності її межами будуть деякі поверхні, при цьому треба чітко визначати їх глибину та висоту щодо земної поверхні. Інколи, при аналізі схематизованої моделі склад елементів геосистеми задається заздалегідь і вертикальні межі визначаються самі собою.

На сьогодні прийнято вертикальні межі проводити по тому рівню, на якому щезають горизонтальні відмінності між геосистемами.

Характерні особливості **верхніх меж** геосистем – це їх мінливість у часі залежно від пори року, погодних умов та стану розвитку фітоценозу, а також слабка вираженість цих меж зумовлена відкритістю геосистем у вертикальному напрямку. Фітокліматичними та стаціонарними дослідженнями геосистем встановлено, що їх вплив на значення метеоелементів сягає в 1,5-2 рази більшої висоти, ніж висота рослинного ярусу. Взимку вплив засніженої поверхні геосистеми на атмосферу набагато менший і загалом не перевищує кілька метрів. Ці орієнтири і приймають при визначенні верхніх меж геосистем топічного та хоричного рівнів, але треба пам'ятами, що це положення мінливе в часі і може змінюватися як протягом року так і доби.

При дослідженні біотичних процесів геосистеми, її продуктивності, за верхню межу можна прийняти межу верхнього рослинного ярусу (аерофітогоризонту); те саме при дослідженні ґрунтових процесів, зокрема міграції та акумуляції різних речовин.

У **нижніх межі** геосистем включають ті товщі гірських порід, які зумовили становлення даної геосистеми.

1. При генетико-еволюційному аналізі нижню межу геосистем проводять по гірських породах, які є субстратом формування сучасного рельєфу. В Україні це породи, які залягають під лесовою товщею (вапняки, середньо-верхньопліоценові глини тощо). Причому при генетико-еволюційному аналізі не обов'язково чітко встановлювати місцеположення нижньої межі, достатньо лише вказати, у якій саме верстві гірських порід вона знаходиться.

2. При аналізі міграційних потоків у геосистемі положення її нижньої межі визначається глибиною можливого проникнення мігруючої речовини. Ця глибина залежить від хімічних властивостей речовини-мігранта, характеру зони аерації (її фільтраційних властивостей, наявності ландшафтно-геохімічних бар'єрів та ін.), глибини проникнення коренів рослин у ґрунт та інших факторів.

3. При балансових дослідженнях нижньою межею геосистеми вважають:

- для водного балансу – рівень ґрунтових вод,
- для теплового балансу – рівень, починаючи з якого зникає річна амплітуда температури ґрунту. Глибина його залежить від температуропровідності ґрунту та амплітуди температур на його поверхні ( в Україні від 10 до 17-20 м),
- для колообігу органічної речовини – межа між геогоризонтами, які охоплюють процеси гуміфікації та де такі процеси вже не відбуваються. Частіше вона знаходиться у верхньому шарі ґрунтоутворюючої породи або між нею й материнською породою, хоча в окремих геосистемах корені рослин можуть досягати й більш глибоких шарів, а деякі гризуни й дощові хробаки здатні жити на глибині 60-70 м й далі.

## **4. Формування вертикальної структури геосистеми**

### **Схема формування вертикальної структури ландшафту**

#### **1. Абіотична стадія.**

Формування вертикальної структури починається з нуля-моменту, тоб-то появи наземного твердого абіотичного субстрату. Цим моментом може бути вихід території з під рівня моря, звільнення від льодовика, покриття поверхні вулканічною лавою та ін. Такі геосистеми мають найпростішу вертикальну структуру, у якій немає біологічних компонентів.

Надходження мікроорганізмів з атмосфери або з поверхневими водами починає формування й поступове зростання вмісту органічної речовини у верхньому шарі гірських порід. Стає можливим зростання мохів, лишайників, а потім через деякий час й вищих рослин. Популяційна структура первинних рослинних групіровок проста й цілком визначається фізико-хімічними особливостями субстрату, а також видовим складом рослин сусідніх геосистем. Конкурентні та інші біотичні відношення виражені слабо.

#### **2. Біотична стадія.**

Починається з моменту виникнення фітоценозу. Характерно:

- інтенсифікація гумусоутворення,
- заселення тваринами та формування зооценозу,
- значна швидкість сукцесійних змін ґрунту, рослинності та мікробіоценозів,
- стабілізація рельєфоутворюючих процесів, значна трансформація ґрунтового шару атмосфери (у зв'язку із зростанням транспірації).

Зміни та зв'язок між геокомпонентами значно ускладнюється. Однобічні відносини змінюються на двобічні. Так, розвиток ґрунту починає залежати не лише від властивостей ґрунтових порід, атмосфери та ґрунтових вод, а й від популяційного складу й продуктивності рослинних угруповань. У свою чергу зміна ґрунту обумовлює зміну рослинності та тваринного населення (особливо ґрунтової фауни), мікробіоценозів та навпаки. Зростає самостійність розвитку окремих геокомпонентів у процесі еволюції. Так, спочатку клімат та субстрат завдавали основного впливу на рослинні угруповання, а в подальшому більшого значення набувають міжвидова та внутривидова конкуренція, симбіоз та інші процеси, популяційний склад біоценозів все більше залежить від цих процесів. Теж саме відбувається із ґрунтом, зменшується залежність від материнської породи та клімату. В одних кліматичних умовах, на одному й тому типі ґрунту формуються різні рослинні угруповання, різні ґрунти на одній геологічній породі.

Але вплив одного геокомпонента на інший (наприклад ґрунту на рослинність) визначає діапазон змін рослинності, з якого вони не можуть вийти. Наприклад, на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах не можуть формуватися букові ліси, типчакowo-ковиловий степ, а також різні асоціації лісів.

#### **Антропогенні аспекти.**

Втручання людини у процес розвитку ландшафту призводить до конфліктності еволюційно обумовлених відношень між його компонентами. Наприклад, з природно-еволюційної точки зору зовсім не характерні відношення між дерново-підзолистими ґрунтами та злаковою сільськогосподарською рослинністю (більш характерно для цих ґрунтів зв'язок із змішаними або хвойними лісами). Існування агроценозів можливо лише завдяки їх щорічному відновленню людиною. Якщо припиняється культивування агроценозу, відбувається поступове відновлення еволюційних процесів у геосистемі, й природний фітоценоз відновлюється.

Господарська діяльність людини може призвести й до більш глибокої трансформації внутригеосистемних зв'язків, які стосуються водного режиму, рельєфоутворюючих процесів. Й навпаки, бажання припинити будь-який зв'язок із зовнішнім оточенням може призвести до руйнування у геосистемі генетико-еволюційних відносин. Так, у степових геосистемах еволюційно склалися відносини між рослинними та тваринними угрупованнями, при яких нормальному існуванню рослинності обов'язково потрібні зв'язки з тваринами. Тому вкрай необхідно мати облік генетико-еволюційних відносин у геосистемах, оптимальний науково-обґрунтований підбір порід тварин, порід дерев при інтродукції, ведення науково-обґрунтованих сівозмін.

## 5. Потіки енергії, вологи і речовин у геосистемах

### Потіки енергії у геосистемах

Основним джерелом енергії для багатьох процесів у геосистемі є сонячна. Порівняно з нею енергії до геосистеми від інших джерел надходить дуже мало (теплової енергії з надр Землі - 0,04% сумарної сонячної радіації, тектонічних рухів - 0,0005 %). При цьому сонячна енергія і використовується в геосистемі найбільш ефективно: вона здатна трансформуватися в інші види енергії (теплову, хімічну, механічну), завдяки їй відбувається продукування біомаси, вологообіг, циркуляція повітряних мас тощо.

На верхню межу атмосфери надходить  $2 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв}$  сонячної енергії. Проходячи крізь атмосферу, вона послаблюється атмосферними газами та пилом. При цьому ступінь послаблення залежить від довжини хвилі (частоти) світла. З екологічної точки зору, найбільш важливими обставинами диференційованого послаблення випромінювання є дві: 1) ультрафіолетове випромінювання (найбільш небезпечне для протоплазми) практично не проходить крізь озоновий шар, що й забезпечує можливість життя на планеті; 2) менше всього послаблюється видиме світло, що необхідне для фотосинтезу, а тому він може відбуватись і в похмурі дні.

Сумарна радіація складається з прямої та розсіяної. Співвідношення між ними залежить від географічного положення геосистеми, хмарності та інших кліматичних факторів. Частина сумарної радіації, досягаючи геосистеми, витрачається на ефективне випромінювання в атмосферу та відбивається поверхнею геосистеми. Величина останнього потоку визначається характером поверхні геосистеми (її альbedo) і суттєво змінюється в різних умовах: у дібровах - 0,14-0,17, степах - 0,20-0,23, на солончаках - 0,35, засніженій поверхні - до 0,95.

Альbedo слід розглядати як інтегральний параметр вертикальної структури геосистеми, який визначає потік відбитої радіації з неї як з деякого нерозчленованого цілого. Насправді ж потік сонячної радіації, проходячи від верхньої межі геосистеми до поверхні ґрунту, значно змінює свою інтенсивність, спектральний склад та інші характеристики. Ці зміни визначаються геогоризонтною вертикальною структурою геосистеми, особливо потужністю та часткою геомас листя в окремих аерофітогоризонтах.

Ефективне випромінювання та відбита радіація втрачаються для геосистеми, а та частина сумарної радіації, що безпосередньо йде на різні процеси в геосистемі, називається її радіаційним балансом. Більша його частина витрачається на випаровування (фізичне і транспірацію) та на турбулентну віддачу атмосфері, тобто на забезпечення вологообігу та прогрівання повітря геосистеми.

Витрати тепла на фотосинтез становлять дуже малу частку радіаційного балансу - в середньому 1,3 %. Проте її роль у геосистемі надзвичайно велика, бо власне вона зумовлює продуційний та інші важливі біотичні процеси. При фотосинтезі використовується фотосинтетично активна радіація - ФАР, частка якої становить близько 45 % сумарної (40 % прямої та 62 % розсіяної). Рослинний покрив поглинає 90% світлової енергії ФАР, проте переважна його частина йде на транспірацію та регулювання температури рослин і лише 0,5-1,5% - на фотосинтез. Ефективність фотосинтезу визначається гідротермічними умовами геосистем. Найбільша вона за максимальної теплозабезпеченості при оптимальному співвідношенні тепла й вологи. Такі природні умови характерні для екваторіальних лісів, де ефективність фотосинтезу досягає 4,5 % ФАР, або 1,5 % сумарної радіації. У штучних умовах можна довести ефективність фотосинтезу до максимальної - 34 % ФАР.

Енергія **P**, що пішла на забезпечення реакції фотосинтезу, витрачається на дихання рослин **P<sub>b</sub>** (близько 50 %), а решта становить чисту первинну продукцію **P<sub>a</sub>** - накопичення енергії в рослинній біомасі. З цієї енергії деяка її частина **P<sub>m</sub>** з відмиранням рослин або їх окремих органів переходить до мортмаси, частина **P<sub>i</sub>** залишається у фітомасі й зумовлює її щорічний приріст, частина **Z** разом з фітомасою, що поїдається тваринами, переходить до

наступного трофічного рівня. Співвідношення між цими статтями енергетичних витрат залежить від багатьох факторів. З них особливо важливі видовий склад рослинного угруповання, вікова структура популяцій, їх екологічний стан, характер господарського використання, чисельність та популяційний склад тваринного населення біоценозу.

Енергія **Z**, що надходить з фітомасою до травоїдних тварин, і частково йде на потреби самих цих тварин, а частково переходить до тварин-хижаків. Ці тварини, в свою чергу, поїдаються хижаками вищих порядків, а відтак передають частину енергії і їм. Так формується трофічна структура геосистеми. В екології саме зелені рослини формують перший трофічний рівень - рівень продуцентів (або автотрофів); травоїдні тварини (зайці, олені тощо) - другий рівень (первинних консументів, або гетеротрофів 1-го порядку); хижаки - третій (рівень - вторинних консументів, або гетеротрофів 3-го порядку) і так далі. Оскільки потік енергії від одного трофічного рівня до вищого супроводжується її втратами (до 95 %), кількість трофічних рівнів не може бути необмеженою і лише в енергетичне багатих екосистемах може досягати 5-6 (екваторіальні ліси, морські планктонні екосистеми).

У реальних геосистемах трофічні відношення набагато складніші. Виділяються види, які живляться одночасно на кількох рівнях (наприклад, сови; лисиці, що поїдають не тільки, дрібних ссавців, а й плоди рослин); види, що час від часу змінюють свій рівень (наприклад, із зміною пір року, або в процесі старіння); види, особини яких можуть поїдати одна одну (особливо це розвинуто у павуків та риб), і навіть є рослини, які поводяться як гетеротрофи, «поїдаючи» деяких тварин (венерина мухоловка, сарраценія, росичка). Тому більш реалістичне зображення потоку енергії між організмами на основі не трофічних рівнів, а трофічних ланцюгів (синонім—ланцюгів живлення) - графів, вершинами яких є популяції, а орієнтованими ребрами - потоки енергії, що передається з їжею від однієї популяції до другої, яка цією популяцією може житись.

Практично будь-який аспект діяльності людини в геосистемі призводить до зміни у ній інтенсивності енергетичних потоків. Причому змінюються величина та співвідношення не тільки внутрішньогеосистемних потоків, а й вхідних та вихідних. Через забруднення атмосфери аерозолями дещо збільшується відбита радіація, тому до геосистем може надходити менше сумарної радіації. Так, смог здатний зменшити її на 30-40 %. У потоці сумарної радіації збільшується частка розсіяної, що призводить до деякого нівелювання експозиційних відмінностей геосистем схилів.

Зміни вертикальної структури геосистеми, пов'язані із зведенням природної рослинності, призводять до трансформації трофічної структури геосистем, а відтак - і потоків енергії між біотичними елементами. Найсуттєвішими тут є щорічні втрати енергії, накопичені геосистемою у фітомасі. Внаслідок цього зменшується; потік енергії, який надходить до детритного циклу - основи процесу продукування гумусу. Загалом трофічна структура агрогеосистем сильно спрощується, інтенсивність потоків енергії від продуцентів до первинних консументів значно зменшується, а сама сітка цих потоків стає менш розгалуженою. Це, зумовлює низьку стійкість агрогеосистем порівняно з природними.

**За основним джерелом надходження енергії** екосистеми поділяють на:

- природні, що отримують енергію тільки від Сонця;
- природні, що отримують енергію від Сонця та додаткову енергетичну субсидію від інших природних джерел (заплави, схили, прибережні частини естуаріїв, маршів, конуси виносу тощо);
- антропоізовані, що отримують енергію від Сонця та додаткову субсидію від людини (найбільш типові - агроекосистеми);
- промислово-міські системи, що отримують енергію палива (урбоекосистеми, індустріальні зони).

**За кількістю енергії, яку отримує геосистема**, розрізняються такі геосистеми:

- мегатермні (радіаційний баланс  $80 \text{ ккал/см}^2$  на рік, поширені в екваторіальній зоні);
- макротермні (50-70, поширені в тропіках);

- мезотермні (50-70, суб- і середземномор'я);
- субмезотермні (40-50, неморальна зона);
- субмікротермні (30-40, суббореальна зона);
- мікротермні (20-30, бореальна зона);
- нанотермні (20 ккал/см<sup>2</sup> на рік, поширені в суб- та арктичній зонах).

Ці градації радіаційного балансу орієнтовні. Не слід вважати, що всі геосистеми певної термозони відносяться тільки до одного енергетичного типу. Оскільки надходження енергії до геосистеми залежить від експозиції та стрімкості схилу і деяких інших місцевих факторів, в одній ландшафтній зоні трапляються геосистеми різних енергетичних типів.

**За ступенем поглинання сонячної радіації рослинним покривом** (перехопленням світла фітогеогоризонтами та ступенем освітленості поверхні ґрунту) геосистеми можна поділити на:

- геліоморфні (геосистеми лише з трав'яним покривом чи позбавлені його);
- субгеліоморфні (чагарники, рідколісся);
- семігеліоморфні (світло-хвойні, дрібнолисті ліси);
- сціоморфні (зімкнені темнохвойні та широколисті ліси).

Від типу затіненості геосистеми суттєво залежать видовий склад, продуктивність, конкурентні відношення та. деякі інші ознаки нижніх фітогеогоризоитів.



## *Потоки вологи в геосистемах*

Потоки води у вертикальному профілі геосистеми мають величезне значення як для її окремих елементів, так і для забезпечення зв'язків між ними. Цілісність геосистеми багато в чому зумовлена потоками води, які пронизують її подібно до кровоносної системи. Водні потоки забезпечують міграцію хімічних елементів, транспортування поживних речовин до рослин, продукційні процеси тощо. Вода - один з основних лімітуючих екологічних факторів і від її кількості в геосистемі, збалансованості потоків залежать численні властивості геосистеми, що визначають її потенціал. При незбалансованих потоках у геосистемі відбувається прогресуюча гідроморфізація (при додатньому балансі) або ксерофітизація (при від'ємному).

Волога до геосистеми надходить з атмосферними опадами, за рахунок конденсації водяної пари, а також з підземними водами (якщо вони зв'язані крізь гідравлічні вікна з ґрунтовими), поверхневим стоком (якщо геосистема розташована на схилі), з річковими водами під час повені та паводків (якщо геосистема розташована на заливній заплаві).

Надходячи до геосистеми, дощові води частково затримуються фітогеогоризонтами (цей процес називають *інтерцепцією*). Перехоплена листям волога лише в мізерних частках засвоюється ним, деяка частина води (5-20 %) стікає по стовбурах, а основна маса випаровується, а відтак не бере участі ні в транспірації, ні в зволоженні ґрунту (так звана *інтерцепційна втрата*). Розмір цієї втрати залежить від інтенсивності та тривалості опадів, сумарної листяної поверхні фітогоризонтів.

З ґрунту волога поглинається коренями рослин. Це поглинання тим інтенсивніше, чим більша всмоктуюча поверхня кореневої системи та чим легше входять у контакт корені та ґрунтова волога. Активна поверхня коренів у трав'янистих рослин становить приблизно  $1 \text{ см}^2/\text{см}^3$ , а в дерев -  $0,1 \text{ см}^2/\text{см}^3$ . Контакт коренів з вологою ґрунту визначається його механічним складом: найгірший він у глинистих ґрунтах, найкращий у піщаних.

Надходження води до рослин залежить також від температури ґрунту, оскільки вона впливає на всмоктуючу здатність коренів і на їх ріст. З теплих ґрунтів рослини витягують воду легше, ніж з холодних, а при зниженні температури до кількох градусів вище нуля більшість рослин поглинати воду нездатна.

Надходячи до рослини, вода з кореня транспортується до її транспіруючих поверхонь. Залежно від фізіологічних та анатомічних особливостей рослин швидкість цього потоку різна. Найбільша вона в ліан ( $150 \text{ м/год}$ ) та трав'янистих рослин ( $10-60$ ), а у хвойних складає в середньому  $1,2 \text{ м/год}$ .

У рослині дуже незначна частина вологи витрачається на фотосинтез, а основна її частина ( $97 \%$  і більше) випаровується (транспірується). Величина та інтенсивність транспірації залежать не тільки від надземної фітомаси, а й від едафічних факторів, особливо від освітленості, сухості повітря, вітру. Проте, чітка залежність транспірації від цих факторів існує лише до того часу, поки відкриті продихи рослин. При нестачі вологи рослини, закриваючи продихи, регулюють витрату вологи. Так, при повністю закритих продихах хвойні дерева здатні зменшити транспірацію на  $97 \%$ , листяні - на  $80-90$ , трави - на  $70-85 \%$ .

Потоки вологи в геосистемі відзначаються високою чутливістю до дії антропогенних факторів. З цим пов'язана можливість їх регулювання людиною, що й робиться при водних та агролісомеліораціях. Проте через недостатнє врахування складних закономірностей структури водних потоків у геосистемах меліорація часто призводить до небажаних або й катастрофічних екологічних наслідків.

Розроблені критерії виділення типів водного режиму ґрунту, які мають ландшафтно-екологічний зміст.

**За типом водного режиму** геосистеми поділяються на такі:

- промивного режиму (низхідні потоки вологи переважають над висхідними, і вода, що просочується крізь ґрунт, досягає рівня ґрунтових вод);
- періодично промивного режиму (атмосферна вода досягає рівня ґрунтових вод в окремі багатоводні роки, в середньому один раз на 10-15 років);
- непромивного режиму (ґрунтові геогоризонти промочуються, але вода не досягає рівня ґрунтових вод);
- аридного режиму (ґрунтовий профіль сухий протягом цілого року);
- випітного режиму (переважають висхідні потоки вологи з ґрунтових вод, капілярна кайма яких піднімається до поверхні ґрунту і ґрунтові води випаровуються фізично);
- десуктивно-випітного режиму (на відміну від попереднього типу, капілярна кайма ґрунтових вод не виходить на поверхню, і їх витрата здійснюється не за рахунок фізичного випаровування, а через транспірацію);
- водозастійного режиму (характерний для боліт);
- паводкового режиму (характерний для заплав річок).

За співвідношенням статей водного балансу (річною сумою опадів та сумарним випаровуванням) виділяються такі геосистеми:

- гіпергумідні (різниця між річними опадами та випаровуванням становить 1600 мм і більше);
- пергумідні (800-1600);
- гумідні (400-800);
- субгумідні (0-400);
- субаридні (-400-0);
- мезоаридні (-400-800);
- аридні (-800-1600);
- екстрааридні .(-1600 мм і менше).

Ця градація співвідношення річних опадів та випаровування в цілому відповідає діапазнам гідрокліматичних факторів, що визначають певний напрям зонального ґрунтоутворення та формування біомів. Геосистеми України належать до гумідного (лісова зона), субгумідного (лісостеп) та субаридного (степ) типів.

**За збалансованістю водного балансу є такі геосистеми:**

- із збалансованим балансом (у річному циклі водний баланс дорівнює нулю);
- додатньо-декомпенсованого балансу (прихідні статті водного балансу переважають над витратними, внаслідок чого рівень ґрунтових вод піднімається);
- від'ємно-декомпенсованого балансу (витратні статті переважають над приходними, рівень ґрунтових вод знижується).

**За рівнем забезпеченості вологою рослинних угруповань виділяють такі типи геосистем:**

- **гідроморфні** (водойми);
- **субгідроморфні** (приблизно-водні місцезростання);
- **гігроморфні** (болота);
- **субгідроморфні** (лучно-болотні та вологі луки);
- **мезоморфні** (нормальні умови зволоження характерні для сухих луків);
- **субмезоморфні** (лучно-степові місцезростання);
- **семіксероморфні** (середньостепові місцезростання);
- **субксероморфні** (сухостепові);
- **ксероморфні** (напівпустелі);
- **гіперксероморфні** (пустелі).

## ***Міграція та обмін речовин у геосистемах***

Хімічні елементи, що складають географічну оболонку, по-різному проявляють себе в геосистемах. Це стосується як їх мас у геосистемі, так і особливостей поведінки - міграції, між елементами вертикальної структури, здатності включатися в круговороти, поглинатися рослинами тощо.

Мінеральні речовини, що надійшли до геосистеми, можуть знаходитись у вигляді її резервного фонду або здійснювати кругообіг у її вертикальному профілі. Резервний фонд становлять речовини, що знаходяться у нерухомих формах, а також легкодоступні речовини, накопичені в геосистемі в надмірних кількостях, через що вся їх маса не може бути охоплена круговоротом.

Роль води як фактора міграції речовин полягає не тільки в її мобільності в геосистемі. У її водному середовищі відбувається переважна більшість хімічних реакцій.

Практично в усіх геосистемах у вертикальній структурі виділяються суміжні геогоризонти, які значно відрізняються один від одного за умовами. Тут різко змінюються умови міграції різних речовин - одні з них випадають з розчину і концентруються, інші мігрують менш інтенсивно і накопичуються частково, треті не реагують на зміну умов міграції.

В геохімії ландшафту місця, де різка зміна умов міграції призводить до накопичення елементів, називаються **ландшафтно-геохімічними бар'єрами**. Залежно від параметрів, значення яких різко змінюються на бар'єрі, виділяють їх різні типи.

Бар'єри, що розміщені в ґрунті нижче його кореневмісного шару, в екологічному плані можуть відігравати позитивну роль - токсичні елементи, що тут накопичуються, рослинами споживатися не можуть і водночас цей бар'єр перешкоджає досягненню токсичними елементами ґрунтових вод, лімітуючи їх забруднення. Такий бар'єр виконує функцію консерватора («кладовища») забруднень у геосистемі. Натомість бар'єри, розташовані в межах кореневмісного шару ґрунту, можуть бути вкрай небезпечними для рослин.

Важливим фактором міграції речовин у геосистемі є життєдіяльність рослин. Встановлено, що практично всі хімічні елементи, що містяться в географічній оболонці необхідні рослинам і споживаються ними. З них незамінні лише деякі: N, P, K, S, Ca, Mg {макроелементи - споживаються у великих кількостях) та Fe, Mn, Zn, Si, Mo, B та Cl (мікроелементи - споживаються у менших кількостях).

З атмосфери надземні органи рослин засвоюють мінеральні речовини в дуже незначних кількостях, а основна їх маса поглинається з ґрунту. Потрапивши до кореня, іони переносяться до інших органів рослин. Це перенесення потребує витрат енергії, джерелом якої є дихання рослин, тому інтенсивність поглинання ними мінеральних речовин визначається едафічними факторами дихання (оптимальним температурним режимом, освітленістю, співвідношенням між вологістю та аерацією ґрунту тощо).

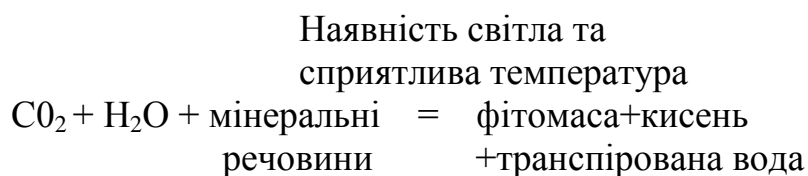
Більша частина мінеральних речовин, накопичена фітоценозом протягом року, повертається до ґрунту з річним опадом. Ця кількість може становити 80-90 % річної маси накопичених рослинами речовин. Завдяки цьому рослинність виконує в геосистемі важливу роль у замиканні потоків мінеральних речовин (їх організації у круговорот).

Геосистеми *за типом круговороту мінеральних елементів* можна розділити на:

- азотні низькозольні застійні (розвинуті в тундрі),
- кальцієво-азотні середньозольні сильно загальмованого обороту (поширені в хвойних та дрібнолистих лісах),
- азотно-кальцієві середньозольні загальмованого обороту (широколисті ліси),
- азотно-кремнієві середньозольні інтенсивного обороту (стеги),
- натрієво-хлоридні дуже високозольні дуже інтенсивного обороту (солончаки)

та інші типи, включаючи й такі, що враховують токсичні техногенні елементи, залучені до круговороту (наприклад, Sr-90 в соснових лісах біля Чорнобиля).

В основі продукційного процесу лежить фотосинтез. При ньому хімічно з'єднуються дві неорганічні сполуки - CO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>O і утворюється органічна речовина - глюкоза. Внаслідок численних біохімічних реакцій глюкоза перетворюється в різні цукри, жири та целюлозу - основний матеріал, з якого складаються стінки рослинних клітин. Крім CO<sub>2</sub> та води, рослини для синтезу органічних речовин використовують і інші мінеральні речовини. Процес створення фітомаси можна зобразити у вигляді суммарного рівняння.



Фотосинтез суттєво залежить від багатьох ландшафтно-екологічних факторів. З них найбільше значення мають: світло, температура, вода, поживні речовини в ґрунті. Крім інтенсивності світла, фотосинтез залежить і від тривалості освітлення - чим вона вища, тим більше продукується фітомаси.

Утворена фітомаса (чиста первинна продукція) далі розподіляється між елементами геосистеми за схемою, аналогічною до потоків енергії по трофічній сітці. Продуктивність геосистем та розподіл продукції між окремими ланками трофічної структури досить суттєво змінюються залежно від ландшафтно-екологічних умов.

**Відтворення гумусу** - не менш важлива ланка продукційного процесу в геосистемі, ніж продукування біомаси. Основним джерелом його формування є рослинний опад, екскременти тварин та клітини мікроорганізмів. Швидкість та характер гуміфікації залежать від багатьох ландшафтно-екологічних факторів. З них найбільше значення мають кількість та склад рослинних решток, режим

вологості та аерації ґрунту, його кислотність, видовий склад мікроорганізмів та інтенсивність їх діяльності, мінералогічний та механічний склад ґрунту тощо.

З перетворенням природних геосистем у агрогеосистеми пов'язані суттєві зміни особливостей усіх ланок продуційного процесу. Продуктивність агроценозів здебільшого нижча від природних фітоценозів, що були на їх місці. Це пояснюється тим, що поля щорічно розорюються і ґрунт буває оголеним на початку та в кінці вегетативного періоду, коли природні екосистеми продовжують створювати продукцію. Один вид не може використовувати ресурси зовнішнього середовища з такою самою ефективністю, як це робить суміш видів з різними екологічними вимогами, що властиве природним рослинним угрупованням. На врахуванні цієї закономірності ґрунтується перспективний підхід до підвищення продуктивності агроценозів: одновидові посіви сільськогосподарських рослин замінити на дво- та багатовидові з диференційованими екологічними нішами та амплітудами.

Інтенсивне ведення сільського господарства пов'язане з низкою прямих та побічних вкрай небажаних в екологічному плані наслідків. Насамперед це виснаження ґрунту, його алелопатичне втомлення (накопичення продуктів виділення коренів рослин), забруднення ґрунту, а через нього - і ґрунтових вод та самої сільськогосподарської продукції залишковими продуктами розпаду, пестицидів, нітратами, іншими сполуками, руйнування трофічної структури геосистем та нагромадження, в її ланках токсичних елементів тощо.

Формування гумусу, в агрогеосистемах практично повністю позбавлене його найважливішого ресурсу - рослинного опаду. Внесення органічних добрив здебільшого не компенсує цієї втрати, тому після розорювання степів, лісів, луків йде інтенсивна дегуміфікація ґрунтів. Так, до розорювання степів переважали чорноземи з вмістом гумусу 7-10%, то зараз таких ґрунтів не залишилось, і домінують чорноземи, гумусу в яких не більше 5 %. Від незбалансованого внесення і розкладу органічної речовини щорічно чорноземи втрачають гумусу 0,3-0,8 т/га, а з ерозією — ще 0,4-1,2 т/га.

**За величиною продуктивності** (чистої первинної продукції) геосистеми поділяють на:

- непродуктивні (фітомаса не створюється - скелі, піщані пляжі тощо),
- низькопродуктивні (1-5 т/га),
- зниженої продуктивності (5-10),
- середньопродуктивні (10-15),
- підвищеної продуктивності (15-20),
- високопродуктивні (20-30),
- дуже високопродуктивні (більше 30 т/га на рік).