

## Розділ III. МОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## ТЕМА: ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ІНДИКАТОРНИХ РОСЛИН В ТЕХНОГЕННИХ ЕКОТОПАХ КРИВБАСУ

**Мета:** вивчення індикаторної ролі рослин по відношенню до відвальних субстратів і повітря на Криворіжжі.

**Об'єкти вивчення:** рослини-індикатори, що зростають в техногенних екотопах.

**Виконати завдання:**

1. Виявити за допомогою рослин-індикаторів типологічні особливості субстратів залізородних відвалів.

2. Опосередковано за допомогою рослин-індикаторів дослідити трофічні властивості кам'янистих відвальних субстратів.

3. На основі регіональної бріофлори провести моніторинг екологічного стану повітря регіону.

**Матеріали для заняття:** живі, фіксовані або гербарні зразки представників рослин-індикаторів Смолівки — *Silene otites*, *S. Vulgaris*, Менуарція весняна — *Miniartia verna*, Резеда жовта — *Reseda lutea* L., Льонок крейдяний — *Linaria cretaceae*, Дворядник крейдяний — *Diplotaxis cretaceae*.

**Інформаційний матеріал**

Рослини-індикатори (індикаторні рослини) — рослини, яким властива різко виражена пристосованість до певних умов оточуючого середовища, і які є виразниками цих умов об'єктів індикації. Індикаторні рослини можуть бути прямими індикаторами (рослини, що мають безпосередній зв'язок з об'єктами індикації і завдяки їхній кореневій системі, дозволяє їм проростати в певних областях) і посередніми індикаторами (рослини, які проявляють зв'язок з об'єктами індикації в межах свого ареалу). Вони вказують на предмети і явища, які в свою чергу можуть бути зв'язані з індикатором, що цікавить людину. До прямих індикаторів належать рослини, що визначають реакцію ґрунтового розчину. Так, наявність таких рослин як Хвощ, Папороть, Дика редька свідчать про кислу реакцію ґрунту; Дуб, Акація, Шипшина є показниками нейтральної реакції. Рослини реагують чутливо на надмірну кількість солей у ґрунті. Залежно від характеру засолення переважають ті, чи інші гемофіти. До посередніх індикаторів відносять рослини, які вказують непрямим способом на наявність певних речовин у ґрунті: цинку, міді, заліза тощо. Рослини можуть бути індикаторами як протягом свого життя, так і в його частині. Якщо зв'язок між індикатором і об'єктом індикації спостерігається по всьому ареалу, індикатор називається універсальним чи панареальним. Прикладом такого індикатора є Очерет, який вказує на ґрунтові води близько до поверхні землі. Універсальні індикатори зустрічаються рідко, тому їх значення в практиці індикаторних дослідів невелике. Але часто приходится мати справу з локальними індикаторами, що зв'язані з об'єктом індикації тільки в якійсь частині свого ареалу. Прикладом слугує Седмічник європейський — *Trientalis*

europa. В кінці весни у Седмічника з'являються сніжно-білі зірочки квітів. Ця рослина розповсюджена в лісах Європейської частини (крім Криму). В західній Європі седмічник європейський росте тільки на відвалах старих олов'яних рудників і на ґрунті з високим вмістом олова.

Значну роль відіграють індикаторні рослини в оцінці техногенних екотопів. Виходячи з біоекологічних особливостей окремих видів рослин і приуроченості їх до певного виду субстрату, можна судити про придатність субстрату для штучного поселення рослин на відвалах, про наявність на відвалах різних рослинних трофоєкоморф і гідроморф, про можливість підбору перспективних для зарощування відвалів видів рослин. Поширення, характер росту життєдіяльність лишайників і мохів сигналізують про параметри забруднення атмосфери та локалізацію так званих "лишайникових зон".

Фітологічні і фітоценологічні закономірності в степу України (Добровольський, Шанда, 1977) узгоджуються з вивченням особливостей зростання порушених земель і техногенних екотопів на Криворіжжі (табл. 30).

### Методи вивчення

Ботанічні особливості зростаючих на породних відвалах рослин визначали за С. К. Черепановим (1973), бур'янову рослинність — за А. В. Фісюновим (1984).

Природне зростання відвалів і шламових полів вивчали шляхом модифікованої оцінки їх загального покриття рослинністю, користуючись сіткою Л. Г. Раменського.

Видовий склад рослин відвалів і шламових полів визначали при діагональних маршрутах на їх топографічних елементах.

Ступінь забруднення повітря визначали на основі аналітичних матеріалів міської санстанції і матеріалів кафедри ботаніки педуніверситету.

Індикаторні властивості рослин техногенних екотопів виявляли, виходячи з їх біоекологічних властивостей і приуроченості до типу субстрату.

### Загальна характеристика техногенних екотопів Кривбасу

Розвиток промисловості поставив актуальну екологічну задачу поглибленого вивчення техногенних змін в природному середовищі і їх можливі наслідки.

Криворізький залізорудний басейн — великий промисловий район, що розташований на території Українського кристалічного масиву в районі Середнього Придніпров'я. Тут зосереджені крупні промислові комплекси видобутку, збагачення і переробки залізної руди. На фоні посушливого клімату техногенні впливи промислових підприємств охоплюють в Кривбасі порівняно великі території типу відвалів і шламосховищ.

Як вже зазначалося, впливи промислових підприємств охоплюють в Кривбасі великі території типу відвалів і шламосховищ.

У зв'язку з різноманітністю залізорудних відвалів відносно походження, природного складу, характеру поверхні, віку, в межах кожного з них

формуються різні за екологічними особливостями місцезростання, що має певне значення для поселення, росту і розвитку рослин.

Інтенсивність природного заростання гірничорудних відвалів залежить від типу субстрату, його фізико-механічних властивостей, водного режиму і інших факторів. На різних відвалах, складених з однакових субстратів і одного віку, рослинність розвивається приблизно однаково. Трапляння одних і тих же видів в техногенних місцезростаннях на схожих субстратах подібна, і її можна використати для індикації цих екоотопів. На суглинистих і глинистих відвалах вже в перший рік розвиваються тимчасові угруповання однорічних і мало-річних рудеральних видів. З часом малорічні бур'яни замінюються багаторічними різнотрав'ям і через 35-40 років в поверхневих лесовидних товщах органічної речовини розвивається типова степова рослинність.

На кам'янистих залізисто-кварцитових субстратах сингенетичний процес протікає в декілька разів повільніше. Для таких субстратів характерним є поселення, в перші 3-5 років після відсіпки відвалів, піонерних рослин вибіркової здатності, що відзначаються індикаторними властивостями: Жовтушник розлогий, Смілка широколиста, Льонок дроколистий.

Крім відвалів на Криворіжжі значного поширення і розмірів набули шламосховища, що характеризуються площинним типом рельєфу, який формується при висихання шламів. Вони визначаються зонами різної зволоженості. Більшість діючих шламосховищ — це озерно-болотисті утворення, заповнені водою і грязеподібною масою. Переважну більшість рослинного складу шламосховищ складають мікрофіти. На його поверхні утворюється дуже розріджений покрив з участю бур'янових рослин, здатних витримувати пересихання і надмірне перегрівання субстрату, а саме: Курай руський, Нетреба звичайна, Черношир та інші.

В процесі заростання природних шламових полів формуються такі екологічні ряди гідрофільності макролітів і піонерних індикаторних угруповань як: Очерет звичайний, Рогіз вузьколистий, Череда трироздільна, Зніт рожевий, Осока струнка, Грабельки звичайні, Черношир, Нетреба звичайна. Ці екологічні ряди продовжуються або перериваються при переході відсіпаних субстратів в плакорні умови.

### **Біологічні особливості рослин-індикаторів**

Як вже зазначалося, для практичних цілей використання індикаторної ролі рослин потрібно знати, наскільки індикатор надійний. Характеристика індикатора вивчається за двома показниками: достовірність і значення.

Достовірність — це ступінь спряженості індикатора за об'єктом індикації. Абсолютно достовірним індикатором є той, який в 100% випадках відповідає об'єкту індикації. Для розрахунку показника достовірності беруть відповідне число еталонних ділянок, де обов'язково наявність індикатора. Серед них є такі, де індикатор зустрічається разом з об'єктом індикації. Показник достовірності ще не дає певного уявлення про практичне значення того чи іншого індикатора.

Рослини-індикатори свідчать про умови зовнішнього середовища тих чи інших ознак, які Б. В. Виноградов класифікував на флористичні, фізіологічні, морфологічні і фітоценотичні.

Флористичні — це різний склад рослинності вивчених ділянок, які утворились у зв'язку з екологічними умовами.

Фізіологічні — основи хімічного складу і обміну речовин рослин, що складають ті чи інші елементи, пігменти.

Нині рослини-індикатори використовують в своїх дослідках геологи, гідрогеологи, геоморфологи, кліматологи, лісоводи, археологи.

По відповідним видам рослин можна знайти корисні поклади різних руд. Це зв'язано з тим, що розсіяні хімічні елементи, що утворюються в результаті випарювання гірничих порід, значно впливають на видовий склад рослинності. Відчуваючи той чи інший елемент, накопивши його в своїх тканинах, відмираючи, поступають місцем видам, для яких хімічний елемент є корисним.

Індикатором кальцію є рослина під назвою Венерин черевичок — маленька північна орхідея, що відноситься до кальцефілів. До кальцефілів відносяться також Порізник гірничий — *Libanotis montana*, різні види сонцецвіта — *Halinthemum*, степова айстра — *Aster amellus*, Папороть з родини Пелея — *Pellaea*, які ростуть тільки на ґрунтах, що багаті на кальцій.

Качим Патрена — велика багаторічна рослина з родини Гвоздикових з маленькими рожевими листочками, з сильною кореневою системою, також зустрічається біля відходів рудоутворень з підвищеним вмістом міді в ґрунті і зумовлює зменшення розмірів рослини.

В родині Гвоздикових багато рослин є індикаторами міді. Це види смолівки — *Silene otites*, *Vulgaris* var. *Humilis*. Менуарція весняна — *Miniartia verna*, на гірських породах вона утворює рідкі дернинки, висотою 5-15 см з білими квітками.

Дані приклади показують, як рослини-індикатори допомагають знаходити корисні копалини. Фізіологічні причини цього явища ще не вивчені.

Якщо в материнській породі є та чи інші руда, то вміст рудного елемента в ґрунті, як правило, підвищений. Рослини реагують навіть на незначні підвищення його різного роду аномаліями росту і розвитку.

У рослин виділяються три основні групи аномалій росту і зв'язані з:

- гальмуванням чи стимулюванням нормального росту (карликовість, гігантизм);
- виникнення деформацій органів (стебла, листків, кореня, плодів, квітів і суцвіть);
- виникненням новоутворень, не притаманних рослинам в нормальних умовах існування. До цієї групи аномалій росту відносяться автономні і неавтономні новоутворення (пухлини), які відрізняються поведінкою в сприятливому середовищі.

Часто під впливом хімічних елементів у рослин спостерігається сповільнення росту, що зовнішньо проявляється в карликовості всього організму, чи окремих його органів. Важливо відмітити, що карликовість нерідко викликається тими ж елементами, що і гігантизм. Різниця в діях одного

чи іншого фактора на рослину залежить від різних концентрацій елемента. Місце знаходження залізних руд іноді пригнічують рослини, які стають низькорослими, з слабкорозвинутою кореневою системою. Великі поклади залізних руд були відкриті по зменшенню висоти дерев.

Слідуюча група аномалій росту зв'язана з утворенням деформацій органів стебла, листків, коренів, квітів і плодів.

Більшість рослин в районах аномалій бора накопичують в своїх тканинах підвищену кількість цього елемента. Серед них полинь духмяна. Коли вміст бора складає 0,6-1,4%, то на молодих пагонах цієї рослини виникають кульковидні потовщення.

Під впливом підвищеної концентрації деяких елементів в природному середовищі змінюється колір квітів, листків, плодів і інших органів рослин. Наприклад, у буяхи (чорниця), що росте на уранових покладах, призводить до формування не темно-синіх, а білих чи зелених плодів. Зміна кольору листків, плодів, квітів чи інших органів рослин є існуючою ознакою, що полегшує пошук корисних копалин. Цими ознаками користуються геологи. Особливо велика різниця фіксує інфрачервоні області спектра.

### Індикаторні особливості рослин техногенних екотопів

В процесі природного зростання відвалів на них поселяються квіткові рослини у відповідності з рослинними біоіндикаторними властивостями. Окремі види рослин відзначаються вибірковою здатністю щодо типу відвального субстрату, утворюючи асоціації певної визначеності.

Угрупування, що сформувались на площинах, мають значно меншу кількість родин, але відношення числа видів до них значно більше, ніж в тих, що формуються на одно квіткових схилах. Це зумовлено звуженням діапазону екологічних умов внаслідок значного ущільнення важким транспортом площин при їх формуванні. Схили північно-західної експозиції значну частину дня знаходяться в тіні і з них в жаркий період року випаровується менше вологи, ніж з рівнини на відвалі. Грунтотворні породи на схилах більш рихлі, ніж на рівнині.

Основу екологічного спектру рудеральних груповань на кам'янистих субстратах за відношенням до субстрату та індикаторною роллю складають аеропедофіти. Види індикаторних рослин щодо специфічних субстратів - псамофіти (піщані домішки до кварцитів це - Свинорий пальчастий - *Synodon dactylon* Pezs, Еспарцет піщаний - *Gnobrychis arenaria*, Цмин піщаний - *Helichrysum arenarium*) та кальцефіти - індикатори вапнякових нагромаджень: Дворядник крейдяний - *Diroxtaxis cretaceae* Ritov, Резеда жовта - *Reseda luteal*, Смілка крейдяна - *Silene cretaceae* Fisch. Їх кількість складає від 1,4 до 2,3%, що свідчить про однотипність екологічних умов. Частка гелофітів - найбільша в угрупованнях на відвалах віком 5-7 років з підвищеною концентрацією солей (Лутига блискуча - *Atriplex nitens*, Ситник Жерара, Морквіник звичайний - *Silaum silaum* L.).

Петрофіти - рослини, які ростуть на каменях, що приурочені до кварцитових порід. Наприклад, Гринделія розчепірена, Громовик великошерстистий, Смілка широколисна (табл. 27).

### **Трофічність скельних відвальних субстратів як відображення індикаторної ролі рослин**

З огляду на біоекологічні особливості рослин, використовуючи фітоіндикаційний метод вивчення сингенетичних процесів у відвальних екотопах, виникає можливість виявити властивості субстрату і зростаючих на відвалах рослин, їхні відношення і взаємовідношення з субстратом.

Відзначаючись певними біоекотоморфологічними особливостями, рослини у відношеннях з відвальними субстратами проявляють свої біогеоценоцтичні властивості, біоекологічну визначеність, яка є рослиною біоморфною. Рослини і субстрати взаємодіють між собою.

Переважаючи в залізорудних відвалах кам'янисті субстрати, відзначаючись крайньою оліготрофністю, являють собою явище виняткове. За ступенем родючості їх слід порівняти навіть з ґрунтами борового ряду - найбільшого типу, як відмічають Д. В. Воробйов (1953), П. С. Погребняк (1953), характеризуються наявністю гумусового горизонту. Скельні відвальні субстрати, внаслідок біогенних процесів, помітної родючості досягають лише через 50-60 років після їх відсіпки, являючись аналогами борового комплексу. Це такі рослини як: Цмин піщанай - *Helichrysum areha*, Нечуйвітер волохатий - *Hieracium villosum*, Костриця овеча - *Festuca ovina*, Гвоздика польова - *Dianthus campestris* Bieb, Очисток їдкий - *Sedum acre*. Вони зростають на добре зарослих (при 80-90% проєктивному покритті) окислених залізисто-кварцитових субстратах 70-80-річної давності відсіпки.

В едафічній сітці вони розміщуються зліва від борів і представлені гігротопами: дуже сухими, свіжими, вологими і сирими (О. Л. Бельгард, 1971).

Дуже сухі місця на схилах південної експозиції і вершинах відвалів являються місцезростанням рослин підвищеної ксерофільності (табл.28) - Перлівки трансільванської - *Melica transilvanica* Schar, Паролисту звичайного - *Zygophyllum fabago* L., Смілки звичайної - *Silene latifolia* Mill.

Свіжі - це улоговини і північні схили, в яких появляються асоціації Деревію звичайного - *Achillea millefolium*, Полину звичайного - *Artemisia vulgaris* L., Жовтушника українського - *Erisimum uccainicam*.

Вологі місця приурочені до значних мікрознижень між крупними брилами породи, де домінуючими є полини.

Сирі місця розташовані біля основи відвалу північної експозиції, в місцях виходу ґрунтових вод в нижній відвальній частині.

### **Мохи і лишайники як біоіндикатори промислового забруднення**

Лишайники і мохи поширені по всій земній кулі. Вони здатні рости в крайніх умовах і на позбавлених поживних речовин субстратах. На поширення лишайників значно впливають такі екологічні фактори, як волога, повітря, атмосферні опади, температура, світло, характер субстрату, а на поширення мохів ці фактори можуть тільки значною мірою впливати на них.

Лишайники і мохи чутливі до забруднення повітря газами, димом, пилом, а тому в містах і поблизу промислових підприємств вони не розвиваються.

Лишайники в порівнянні з моховидними більш чутливі до впливу атмосферного забруднення.

Забруднення атмосферного повітря промисловими викидами в значній мірі впливає на розвиток синузій моховидних і лишайників, які є найбільш динамічними і чутливими компонентами біогеоценозів.

Дослідження залежності поширення лишайників і мохів від техногенних умов проводились багатьма дослідниками, в основному в лісових екосистемах.

Вплив забруднення на розвиток вказаних синузій в умовах степового техногенного ландшафту майже не вивчався.

Встановлено, що при наявності в атмосфері забруднювачів, першими зникають із складу рослинного покриву кущисті і листуваті лишайники. Це пояснюється їх окисними властивостями, зокрема, окисненням біологічного субстрату, де ростуть лишайники. В житті рослинних угруповань моховидні відіграють роль не лише в лісовій зоні, а і в субаридних областях. Мохи здатні концентрувати в своїх тканинах деякі речовини забруднення, особливо важкі метали, а деякі види реагують на промислове забруднення на значній відстані від його джерел.

#### Запитання для контролю та самоконтролю:

1. Охарактеризуйте індикаторну здатність ботанічних видів.
2. Назвіть техногенні екотопи, які відзначаються специфічністю екологічних факторів: негативним впливом на живу природу.
3. Як за допомогою рослинної індикації можна дати типологічну і трофічну оцінку відвальним субстратам?
4. Яку роль відіграє місцева ліхено-бріофлора у визначенні ступеня забруднення повітря?
5. Як рослини-індикатори можуть слугувати передумовою фіторекультивації породних відвалів?
6. Що таке фітоіндикація?
7. Що слід розуміти під відвальним субстратом?
8. Назвіть основні періоди розвитку фітоіндикаційних досліджень.
9. Які методи існують для виявлення рослинних індикаторів?
10. Які основні джерела потрапляння забруднюючих речовин у ґрунт, атмосферу та водойми?
11. Як оцінити стійкість і динаміку екосистем на основі фітоіндикації?
12. Які картосхеми існують в фітоіндикаційних дослідженнях?

Таблиця 27

#### Рослини-біоіндикатори відвальних екотопів

| № | Види рослин   | Біоморф<br>и | Екоморфи |       |       |       |
|---|---|--------------|----------|-------|-------|-------|
|   |   |              | Цено     | Кліма | Трофо | Гідро |
| 1 | <i>Aegilops cilindrica</i> Host<br>(Егілопс циліндричний) | ∞            | Ru       | Hkz   | Msts  | Ks    |
| 2 | <i>Atriplex nitens</i> Schkuhr<br>(Лутига блискуча)       | ⊙            | Ru       | T     | Mgtz  | Ms    |

|    |  |   |     |     |                        |        |
|----|--|---|-----|-----|------------------------|--------|
| 3  | <i>Crambe tatarica</i> Sebeok<br>(Катран татарський)                     | ∞ | St  | Hkz | Mgtz<br>(ptz)          | Ks, Ms |
| 4  | <i>Synodon dactylon</i> Pezс<br>(Свинорий пальчастий)                    | ∞ | Ru  | Ce  | Ogtz<br>(Ps, Ptz)      | Ks     |
| 5  | <i>Dipotaxis cretaceae</i> Kotov<br>(Дворятник крейдяний)                | ∞ | Pz  | Hkz | Ogtz<br>(Catz)         | Ks     |
| 6  | <i>Grindelia scuarrossa</i> (Puzsch)<br>Dunal (Грінделія розчепірена)    | ∞ | Ru  | Hkz | Mgtz<br>(ptz)          | Ks, Ms |
| 7  | <i>Helichrysum arenaria</i> (L)<br>(Цмин пісковий)                       | ∞ | St  | Hkz | Mstz (ps)              | Ks     |
| 8  | <i>Guneus Gerardii</i> Lois<br>(Ситник жирафа)                           | ∞ | Pal | Hkz | Mstz<br>(Gal)          | Hgz    |
| 9  | <i>Onobrychis arenaria</i> Kit<br>(Еспарцет піщаний)                     | ∞ | St  | Hkz | Mstz (hs)              | Ks     |
| 10 | <i>Onosma macrochaeta</i> kloket<br>dobrocз (Громовик<br>великощеристий) | ⊙ | St  | Hkz | Mstz<br>(Cat2,<br>ptz) | Ks     |
| 11 | <i>Reseda lutea</i> L.<br>(Резеда жовта)                                 | ⊖ | St  | T   | Mstz<br>(Catz)         | Ks     |
| 12 | <i>Silaum lggestre</i> L.<br>(Морквіник альпійський)                     | ∞ | Pz  | Hkz | Mgtz<br>(Gal)          | Ms     |
| 13 | <i>Silene latifolia</i> (Mill)<br>(Смілка звичайна)                      | ∞ | Pz  | Hkz | Mstz<br>(Catz)         | Ks, Ms |
| 14 | <i>Silene cretacea</i> Fisch<br>(Смілка крейдяна)                        | ∞ | St  | T   | Msts<br>(Catz)         | Ks     |
| 15 | <i>Zygophyllum fabago</i> L.<br>(Паролист звичайний)                     | ∞ | Ru  | ch  | Mstz<br>(ptz)          | Ks     |

Позначення: ⊙ - однорічні рослини, ⊖ - дворічники, ∞- багаторічні рослини, Ru (рудеранти) - бур'яни, Pal (палюданті) - болотні рослини, St (степанти) - степові рослини, T (терофіти) - однорічки з бруньками відновлення, Hkz (гемікрептофіт) - трав.багаторічники з бруньками відновлення біля поверхні ґрунту, Cr (криптофіти) - трав.багаторічники з бруньками відновлення на підземних органах, ch (хемофіти) - кущі і напівкущі.

Таблиця 28

## Фітоіндикаційні групи рослин породних відвалів

| № | Видовий склад  | Родина                     | Петрофіти | Кальцефіти | Псамофіти | Галофіти |
|---|--|----------------------------|-----------|------------|-----------|----------|
| 1 | <i>Chondrilla quicea</i> L.<br>(Хондрила ситниковидна) | Asteraceae<br>Айстрові     | +         |            |           |          |
| 2 | <i>Crambe tataria</i><br>(Катран татаренський)         | Brassicaceae<br>Капустяні  | +         |            |           |          |
| 3 | <i>Crepis setosa</i> Hall F.<br>(Скерда шерстиста)     | Asteraceae<br>Айстрові     | +         | +          |           |          |
| 4 | <i>Diplotaxis cretaceae</i><br>(Дворятник крейдяний)   | Brassicaceae<br>Капустяні  |           | +          |           |          |
| 5 | <i>Erysimum canescens</i> Roth<br>(Жовтушник розлогий) | Brassicaceae<br>Капустяні  | +         |            |           |          |
| 6 | <i>Kochia prostrata</i> L.<br>(Кохія)                  | Chenopodiaceae<br>Лободові |           | +          |           |          |



|    |  |                               |   |   |   |
|----|--|-------------------------------|---|---|---|
| 7  | <i>Lactuca saligna</i> L.<br>(Латук)                                     | Asteraceae<br>Айстрові        | + |   |   |
| 8  | <i>Linaria cretacea</i> Fisch<br>(Льонок крейдяний)                      | Scrophulariaceae<br>Ранникові | + |   |   |
| 9  | <i>Melica transsilvanica</i><br>Schur<br>(Перлівник<br>трансільванський) | Poaceae<br>Тонконогові        | + |   |   |
| 10 | <i>Onobrychis arenaria</i> (Kit)<br>Ser. (Скаруем піщаний)               | Fabaceae<br>Бобові            |   |   | + |
| 11 | <i>Orobanche arenaria</i> L.<br>(Вовчок піщаний)                         | Orobanchaceae<br>Вовчкові     |   |   | + |
| 12 | <i>Reseda lutea</i> L.<br>(Резеда жовта)                                 | Resedaceae<br>Резедові        |   | + | + |

### Література:

1. Веделієв А. Л. Про мікробіологічну індикацію промислового забруднення біогеоценозів: структурно-функціональні особливості природних і штучних біогеоценозів / А. Л. Веделієв // Тез. докл. Всесоюз. наради, Дніпропетровськ, 1978. - С. 226.
2. Добровольський І. А. Стан вивчення біогеоценозів у зв'язку з промисловим забрудненням середовища / Іван Андрійович Добровольський // Укр. ботан. ж. - 1982. - №1. - С.39.
3. Мусієнко М.М. Екологія рослин [підручник] / Микола Миколайович Мусієнко. - К.: Либідь, 2006. - 432 с. +8 кол.вкл.
4. Нильсон Э. М. Эпифитные лишайники как индикаторы кислого и щелочного загрязнения / Э. Нильсон, Л. Мартин // Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устройству // Тез. докл. к всесоюзному научно-практич. совещанию (Литва, Каунас-Гирнионис, НИИЛХ 26-27 июня 1984 р. - Литва, 1984. - С. 31-33.
5. Сутугин А. Мох предупреждает об опасности / А. Сутугин // Химия и жизнь. - 1973. - №11. - С. 54.

## ТЕМА: ІНДИКАЦІЯ СТРУКТУРИ ЕКОСИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

**Мета:** вивчити основні функції екосистем, що підтримують життя та зберігають стабільність біоти.

**Об'єкти вивчення:** індикація кліматичних факторів, ландшафтна індикація, індикація ґрунтів та гідроіндикація.

### Виконати завдання:

1. Вивчити характерні ознаки індикацій.
2. Описати групи індикацій: кліматичні, ландшафтні, ґрунтові та гідроіндикації.

**Матеріали для заняття: таблиці:** розподіл видів за їх життєвими формами, гідротермічні показники ґрунту, реакція рослинних угруповань на зміну зволоженості.

### Інформаційний матеріал

Незважаючи на тісний взаємозв'язок рослинності з умовами довкілля, між їхніми змінами немає лінійної залежності. Кожне рослинне угруповання в процесі формування фітосередовища частково змінює дію екологічних факторів. Через це постає проблема не тільки вилучення певних факторів, встановлення масштабів їхнього впливу на екосистему, характер взаємодії, виділення порогів, які зумовлюють зміну екосистем, а й розподілу цих факторів на внутрішні та зовнішні.

Поділ факторів на внутрішні та зовнішні відносно екосистеми слід проводити, виходячи з визначення суті екосистеми. Як ми вже зазначали, екосистема - це сукупність взаємопов'язаних організмів, які функціонують на даній території і взаємодіють із довкіллям таким чином, що потік енергії формує чітко визначені біотичні структури і кругообіг речовин між живою та неживою складовими.

Основна функція екосистем - підтримувати життя та збереження всього живого. Ця функція неможлива без організмів, тоді як такі фактори, як тепло, волога, світло, кислотність, сольовий режим та інші, характеризують не тільки біотичне, а й абіотичне середовище. У зв'язку з цим виділяють дві групи факторів: породжені власне живими організмами під час їх функціонування, які зникають (втрачають сенс) за межами життя, та ті, що хоча й можуть значно змінюватися внаслідок функціонування екосистем, формуватися ними або зовнішніми факторами, але існують поза межами живого (кліматичні, едафічні).

Таким чином, критерієм для поділу факторів є їх походження та відношення до процесів функціонування екосистем.

До першої групи відносять ті фактори, що визначають власне біологічну суть екосистеми (взаємовідношення: хижак — жертва, продуценти — консументи, автотрофи — гетеротрофи, едифікатори — сектатори), її структуру (розподіл видів за їх життєвими формами, таксономічними категоріями, стратегією тощо) і розглядаються як внутрішні.

Друга група - це едафічні, гідротермічні показники ґрунту (вологість, сольовий режим, кислотність, вміст гумусу, азоту), кліматичні (освітленість, тепловий режим, омброрежим, кріоклімат та ін.), їх відносять до зовнішніх факторів, оскільки джерело їх формування знаходиться поза межами живого, а якщо вони формуються в межах екосистеми (в результаті функціонування організмів), то можуть існувати і після втрати її життєдіяльності.

Існують індикаційні ознаки, що відбивають внутрішній стан екосистеми або її структуру, та зовнішній, тобто відношення до дії факторів довкілля.

Внутрішня структура екосистеми визначається характером і способом взаємодії елементів. Залежно від того, який аспект взаємодії досліджують, розрізняють систематичну, біоморфологічну, географічну, екологічну, ценотичну структури.

Специфіка аспектів визначає стан фітосистеми, положення її у просторі відносно до інших рослинних угруповань і розвиток протягом певного часу. Наприклад, лісові ценози порівняно з трав'янистими характеризуються певною якісною відмінністю та ізоляцією видового складу, що віддзеркалюється, насамперед, в іншій структурі родинних спектрів, життєвих форм, стратегії розвитку тощо. Якісні відмінності між ценозами різного типу визначають за специфікою індикаторних ознак, елементів, які зумовлюють стан екосистем, їх розвиток, ступінь порушення тощо.

Окреслити коло зовнішніх екологічних факторів, що визначають диференціацію екосистем, зумовлюють їх зміну, досить складно, бо факторів, які діють на екосистему, безліч і кожен із них, своєю чергою, може бути розчленований на складові. Проте найголовнішими є п'ять основних безпосередньо діючих факторів: температура, вологість, світло, механічний та хімічний склад ґрунту.

Для рослини немає значення, якими факторами зумовлений водний режим: кліматичними (великою кількістю опадів), орографічними (місцеположенням у вологій долині) чи едафічними (високим заляганням ґрунтових вод). Тобто, кожен із екологічних факторів — це складна система з багатьма каналами входу, яка забезпечується за рахунок різних джерел, що значно утруднює класифікацію факторів.

Навіть широко застосований поділ на абіотичні (кліматичні, едафічні та хімічні), біотичні (ценотичні, зоогенні) та антропогенні фактори далеко не безсумнівний. Всі зовнішні фактори можна поділити на дві великі групи, які тісно взаємопов'язані: кліматичні та едафічні. Едафічні, своєю чергою, поділяють на фактори вологості та трофності, що зумовлюють формування певного типу ґрунту.

Характер зволоженості екотопів — один з найважливіших екологічних факторів, який визначає розподіл угруповань у просторі, ґрунтоутворювальні процеси, характер функціонування екосистем, біогеохімічні реакції і цикли конкретних елементів. Режим зволоженості місцезростань зумовлений як загальними зонально-кліматичними факторами різних природних зон, так і конкретними водно-балансовими умовами кожного екотопу. Провідними елементами загальних зонально-кліматичних умов вологозабезпеченості екотопів

є показники радіаційного (енергетичного) балансу і вологи, що надходять на поверхню суші. Конкретні умови вологозабезпеченості рослинних угруповань зумовлені типом водного режиму ґрунтів, який, окрім зонально-кліматичних факторів, залежить від розміщення місцезростань за рельєфом, їх дренажності, режиму поверхневих і ґрунтових вод, структури ґрунтової товщі.

Рослинні угруповання чутливо реагують на зміну зволоженості ґрунту, що дає змогу розробити методику оцінки зволоженості місцезростань на основі фітоіндикаційних підходів. Суть цієї методики полягає в розрахунку середніх показників зволоженості екотопів за весь період вегетації в балах на основі аналізу амплітуд видів, що складають фітоценоз.

Важливим компонентом едафічних факторів є також трофність, або родючість ґрунту, яка характеризується запасом доступних для рослин форм поживних речовин і залежить не тільки від їхнього хімічного складу, а й від фізичних властивостей ґрунту (вологості, механічного складу). Наприклад, відомо, що родючість зростає від піщаного до глинистого ґрунту, бо дрібнозем зумовлює найтісніший контакт коренів рослин із мінералами, колоїдами, молекулярно-дисперсними речовинами та йонами. Важливим показником трофності є також видовий склад та кількісне співвідношення різних видів макро- і мікроорганізмів, які населяють даний ґрунт. Залежно від того, які мікроорганізми переважають у ґрунті (гриби чи бактерії), по-різному відбуваються ґрунтоутворювальні процеси.

Деякі автори вважають недоцільним вводити в поняття трофності режим засолення ґрунтів, інші ж, навпаки, вважають цей фактор обов'язковою складовою трофності. Розглядають трофність як збірне поняття родючості ґрунту, яка залежить також від кислотності, характеру сольового режиму, вмісту гумусу, азоту, фосфору, калію, натрію, кальцію та багатьох інших елементів. Нині розроблено шкали і здійснено класифікацію видів рослин-індикаторів кислотного, сольового режимів, вмісту гумусу, азоту та інших елементів у ґрунті.

Для фітоіндикаційних досліджень найскладнішим є те, що кожний з цих факторів у процесі взаємодії зазнає змін, тому в різних типах едафічних умов лімітуючими виступають різні показники.

Наприклад, для галофільних ґрунтів лімітуючими є ступінь і характер засолення, для чорноземів — ступінь вологості, для підзолистих ґрунтів — забезпеченість доступними формами азоту. Величина показника трофності залежить від багатьох складових, у тому числі ґрунту та материнської породи, а також структури фітоценозу. Ґрунт і материнська порода зумовлюють хімічні та фізичні властивості, які сприяють промивному режиму й утриманню ґрунтових вод. Наприклад, у дерново-підзолистих ґрунтах є значна кількість йонів  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , у дерново-карбонатних —  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ , солончаках —  $Cl^-$ . Чим гірший промивний режим, чим ближче залягають ґрунтові води, тим ґрунт насиченіший солями.

Досить важливою складовою ґрунтів є фактор їх кислотності, показники якої значно корелюють із загальним сольовим режимом. Кислотність ґрунту залежить від його структури, водних властивостей та промивного режиму.

Важливою складовою трофності ґрунту є показник вмісту в ньому азоту. Складність його визначення полягає в тому, що азот у ґрунті знаходиться в різних мінеральних формах, таких, що легко-, важко- або зовсім не гідролізуються, тобто як доступних, так і недоступних для засвоєння рослиною. Це залежить від хімічного та фізичного складу ґрунту, характеру рослинного покриву, наявності видового складу й активності мікроорганізмів, специфічних виділень кореневої системи рослин. Своєю чергою, активність мікроорганізмів залежить від вологості ґрунту, окисно-відновного потенціалу, рН, наявності або відсутності інгібіторів.

Фітоіндикаційні шкали показують лише відносну кількість доступного рослинам азоту. До доступних форм азоту належать мінеральний, гуміновий, а також гумінові та фульвокислоти.

### Індикація кліматичних факторів

Клімат — це сукупність усіх зовнішніх впливів на земну поверхню — радіаційних, гідротермічних, механічних, а саме: режиму сонячної радіації, земного випромінювання, температури повітря та ґрунту, зволоження, вітру тощо.

Особливості кліматичного режиму зумовлені: географічною широтою, висотою над рівнем моря, циркуляцією атмосфери, характером земної поверхні. На формування кліматичних умов впливають фізичні процеси (радіаційні, циркуляційні, вологообіг) та географічні фактори (підстеляюча поверхня, широта, орфографія). Основним джерелом даних про клімат є метеорологічні станції. Однак кліматичні умови конкретних екотопів можуть значно відрізнятися від отриманих в умовах метеостанцій. Це пов'язано, перш за все, зі створенням неоднакових кліматичних умов у різних кліматичних сферах. Розрізняють три кліматичні сфери, розташовані одна над одною:

- макроклімат, або клімат вільної атмосфери (на висоті понад 2 м);
- власне клімат, або місцевий клімат (на висоті 2 м), який визначають метеостанції;
- мікроклімат, або клімат приґрунтового шару (на висоті до 2 м).

Мікрокліматичні показники на основі фітоіндикації поділяють на такі режими:

- радіаційний баланс (терморезим) — це різниця між радіацією, поглиненою земною поверхнею, і ефективним випромінюванням;
- континентальність (контрасторезим) — сукупність властивостей клімату, зумовлених впливом великих площин суші або води на атмосферні та кліматоутворюючі процеси.

Явище континентальності об'єктивно спричинено існуванням двох основних типів поверхні — суші і води (океану). Океан займає близько 71 % поверхні Землі, а суша — 29 %. Значні фізичні відмінності двох середовищ спричиняють кліматогенну специфіку суші й океану. Порівняно з ґрунтом вода

має більшу (в 2—3 рази) теплоємність і теплопровідність, що зменшує амплітуду річних коливань температури на поверхні моря.

Вода морів поглинає 99 % тепла, а віддає лише 1 %. Сухий пісок і сніг поглинають 28 %, а 72 % знову повертають в атмосферу. Океани є основними постачальниками вологи в атмосферу. Вологість повітря в океанічних районах значно вища, ніж у континентальних, саме тому виділяють морський і континентальний типи клімату.

Одним з найважливіших екологічних факторів є вологість повітря. До показників вологості належать: кількість опадів, поверхневий та ґрунтовий стік, випаровування і транспірація, вологість ґрунту, рівень ґрунтових вод, абсолютна та відносна вологість повітря, дефіцит вологості повітря. Між названими показниками вологості існує тісний взаємозв'язок.

Морозність (кріорежим) — ще один важливий кліматичний фактор. Холодний період року є періодом спокою для більшості рослин, їхній ріст припиняється восени за стійкого переходу середньодобової температури повітря понад 5 °С, а весною вегетація відновлюється за настанням цієї самої температури. Саме умови перезимівлі рослин визначають можливості їх зростання в тому чи іншому екоотопі. В ході еволюції у рослин холодного клімату розвинулася морозостійкість, тобто стійкість до низьких від'ємних температур у холодний період року. В північних і континентальних районах вона вища, а в південних і приморських — нижча. Тільки під водою і глибоко в ґрунті температури завжди залишаються в оптимальних для життєдіяльності рослин межах, це приблизно від 0 до 20-25° С.

У верхніх шарах ґрунту, на мілководді відбуваються добові і сезонні коливання температур, навіть до граничних значень, які можуть бути небезпечними для життя рослин.

Надто високі температури повітря (57-58° С) були зафіксовані в Лівії, Мексиці та Каліфорнії. Близько 23 % всієї поверхні суші мають середній річний максимум близько 40° С, а рослини на цій території можуть нагріватися до 50° С і вище. Найвищі температури на Землі — в гейзерах (92-95° С), де за температури 90° С можуть існувати колонії бактерій. Найнижча температура на Землі зареєстрована в Антарктиці (-90° С), досить низькі — в Східному Сибіру (66-68°С нижче нуля). Досить сильні морози (середньорічний мінімум до - 20° С) зареєстровані на території, що становить 42 % поверхні Землі і тільки на третині суші температура ніколи не знижується нижче 0° С.

Як жара, так і мороз шкодять життєвим функціям рослин і обмежують розповсюдження виду. Пошкодження рослин залежить від інтенсивності, протяжності та періодичності несприятливих періодів, фізіологічного стану й ступеня загартування рослини.

Рослини в стадії спокою (спори, насіння), а також пойкилогідрові рослини у висушеному стані нечутливі до несприятливих температур і можуть переносити будь-які температури на Землі.

Залежно від ступеня і специфічного характеру холодостійкості виділяють:

- нехолодостійкі рослини, які пошкоджуються за температури  $0^{\circ}\text{C}$ . Це — водорості теплих морів, деякі гриби та рослини тропічних лісів;

- неморозостійкі рослини. Пошкоджуються під час утворення льоду в клітинах. У них підвищена концентрація осмотично-активних речовин у клітинному соку та протоплазмі, що перешкоджає утворенню льоду навіть при температурі до  $-7^{\circ}\text{C}$ . До них належать глибинні водорості та більшість однорічних рослин;

- льодостійкі рослини. Залишаються живими навіть після утворення льоду в міжклітинниках. Це - більшість багаторічних надземних рослин, прісноводні водорості та мохи.

Залежно від ступеня стійкості до високих температур розрізняють:

- нежаростійкі види. Рослини, що пошкоджуються при  $30-40^{\circ}\text{C}$ . Це — еукаріотичні водорості, лишайники та наземні рослини з ніжними листками;

- жаровитривалі еукаріоти. Рослини посушливих місцевостей, які можуть виживати при нагріванні до  $50-60^{\circ}\text{C}$  протягом 30 хв;

- жаростійкі прокаріоти. Це — бактерії, які витримують температуру  $90^{\circ}\text{C}$ , та синьозелені водорості (життєздатні до  $75^{\circ}\text{C}$ ), які містять специфічні білки та нуклеїнові кислоти.

### Ландшафтна індикація

Ландшафт - це однорідна за походженням та умовами розвитку, неподільна за зональними ознаками територіально цілісна ділянка земної поверхні, якісно відмінна від інших внутрішньо взаємопов'язаною сукупністю природних компонентів (рельєф, клімат, ґрунти, рослинний і тваринний світ тощо).

Це основна одиниця фізико-географічного районування.

Ландшафтну оболонку Землі вивчає наука - ландшафтознавство. В самому ландшафтознавстві останнім часом набув розвитку новий напрям - ландшафтна індикація природних умов, які важко спостерігати візуально. Суть його полягає у використанні зовнішніх якостей ландшафту, за якими легко спостерігати (перш за все це рельєф і рослинність) як за індикаторами важкодоступних для безпосереднього спостереження компонентів ландшафту - гірських порід, підземних вод, ґрунтів і кліматичних умов.

Компоненти ландшафту поділяють на фізіономічні (доступні для візуального спостереження і аерофотографування) і деципієнтні (за якими важко спостерігати, а для дослідження необхідні інструментальні та технічні методи). Фізіономічні компоненти ландшафту, своєю чергою, поділяють на геоморфологічні та геоботанічні властивості ландшафту, геологічні умови та клімат.

Ландшафтна одиниця виступає як багатоярусна система, котра складається з трьох ярусів.

Перший ярус — геологічний (найглибший) є геологічною основою ландшафту (сукупність материнських та ґрунтоутворювальних порід).

Другий ярус — підґрунтя (кірка та нижні шари ґрунту).

Третій ярус — ектоярус, поверхневі форми рельєфу, яруси рослинності та поверхня ґрунту. Саме він складає зовнішній вигляд ландшафту і є доступним для спостереження. Ектоярус виконує функцію індикатора під час вивчення ґрунтів, гірських порід, підземних вод, клімату, рідкісних і корисних копалин.

Індикатором у ландшафтознавстві виступає особливість ландшафту, за якою легко спостерігати на місцевості або на аерофотознімку, що тісно пов'язана з будь-яким компонентом, скритим від безпосереднього спостереження.

Ландшафтний індикатор повинен мати дві обов'язкові якості - достовірність і помітність. Одним із розповсюджених способів пошуку індикаторів є метод ключових ділянок.

Ключова ділянка — це ділянка, яка характеризує типове, що постійно повторюється в даному районі, поєднання кількох рослинних угруповань сумісно з типовими умовами рельєфу, ґрунту та іншими компонентами фізико-географічного середовища.

На кожній такій ділянці проводиться комплекс досліджень: аналізуються проби ґрунтів, гірських порід, ґрунтових вод тощо. Дискусійним залишається питання розмірів ключової ділянки, оскільки загальноприйнятої не існує. У Сибіру, наприклад, така ділянка дорівнює 3 x 6 або 6 x 6 км за можливостями руху експедиційного транспорту або листок карти певної території великого масштабу.

Для визначення індикаційного значення окремих видів рослин та їх груп запропоновано спосіб розпізнавання образів. Для цього накопичують матеріал про зв'язок того або іншого виду, або угруповання з певними індикаторами і, якісно обробивши його, вводять до персонального комп'ютера для формування бази даних. Потім кожний новий опис рослинності порівнюють за допомогою ЕОМ з базою даних, що зберігаються в її пам'яті. Таким чином можна визначити екологічну ситуацію на новій, ще недослідженій ділянці.

Індикатори ландшафтів поділяють на прямі (що мають безпосередній зв'язок з об'єктом індикації) та опосередковані (де зв'язок індикатора та індиката відбувається через певні опосередковані ланцюги).

Для визначення достовірності індикаторів досліджують значну кількість ключових ділянок. Загальну кількість їх приймають за 100 % і розраховують кількість ділянок, де певний індикатор зустрічається разом з індикатором.

Достовірність індикаторів оцінюють кількісно: 100 % — абсолютний індикатор; 90 % — достовірний; 75 % - задовільний; менше 60 % — недостовірний індикатор, тому індикація в цьому разі неможлива.

Для первинного виявлення індикатору потрібно мати описи 25-50 ділянок, де він був присутній. Ландшафтна індикація підвищує точність результатів ґрунтових, геологічних і гідроекологічних досліджень. Вона полегшує проведення різних досліджень на важко-доступних територіях, таких як пустелі, болота тощо, допомагає визначити межі природних зон, її використовують під час систематичних спостережень за станом довкілля.

Ландшафтну індикацію поділяють на:

- індикацію ґрунтів (педоіндикацію);



- індикацію гірських порід (літоіндикацію);
- індикацію глибини залягання та ступеня мінералізації ґрунтових вод (гідроіндикацію);
- індикацію багаторічних мерзлих товщ (геокріологічна індикація);
- індикацію корисних копалин;
- індикацію засолення (галоіндикацію).

В останні роки відокремились також індикації різноманітних процесів - карстових, ерозійних, вивітрювання, заболочування, що зумовлені природною еволюцією ландшафтів або діяльністю людини.

На територіях із широко представленою рослинністю в основному використовують геоботанічну індикацію, а там, де рослинність малопомітна, а форми рельєфу досить чіткі, — геоморфологічну.

Індикацію ландшафтів за часом поділяють на:

- стадійно-синхронну - що відбувається синхронно з розвитком процесу і має за мету визначення стадії цього процесу;
- прогнозу — мета якої встановити час виникнення і ймовірний розвиток процесу за початковими, слабковираженими його проявами та визначити шляхи еволюції даної території в майбутньому;
- ретроіндикацію — індикація процесів, які відбувалися в минулому і тепер вже завершені. Ретроіндикація допомагає відновити за відповідними індикаторами різні елементи освоєння пустель, напівпустель, степів у недалекому минулому.

Ландшафтні індикатори можуть бути пасивними і активними. Перші змінюються під час процесу, але не беруть участі в ньому, другі, навпаки, беруть активну участь у самому процесі. Так, поява моху сфагнуму свідчить про перехід фітоценозу від болотяного до торф'яникового, при цьому мох під час наростання сам ізолює болото від ґрунтових вод. Поява активних індикаторів свідчить про початок певної стадії процесу, а пасивних — про її завершення.

### **Індикація ґрунтів**

Існує багато рослин, за показниками яких можна безпомилково визначити водний, механічний, хімічний, сольовий та інші показники ґрунтів. Наприклад, класифікація певних груп рослин-індикаторів стосовно ґрунтового зволоження така:

- фреатофіти — рослини, пов'язані з водоносними горизонтами, у яких добре розвинена коренева система (досягає глибини до 5...30 м). Наприклад, середньоазійські види тамарикси мають кореневу систему, що проникає на глибину до 7 м, а чорний саксаул — 25 м;
- омброфіти — рослини, що існують за рахунок атмосферних опадів. Вони мають дуже розгалужену систему поверхневих коренів, здатних швидко всмоктувати вологу під час опадів;
- трихогідрофіти — життя цих рослин забезпечує капілярна волога ґрунтових вод. Вони часто поєднують риси фреатофітів та омброфітів і мають кореневі системи універсального типу.

За відношенням до механічного складу ґрунтів і материнських порід рослини поділяють на:

- псамофіти — ростуть на пісках (миколайчики приморські, чина приморська);
- пелітофіти - ростуть на глинистих ґрунтах (полини, каперси колючі);
- алевритофіти — поширені на суглинистих або супісчаних ґрунтах (чебрець, осока піщана);
- хасмофіти — на кам'янистих ґрунтах (тамарикс, лаванда);
- петрофіти, або літофіти — зустрічаються на скелях (едельвейс).

За відношенням до засолення ґрунту досить умовно виділяють дві великі групи рослин-індикаторів:

- галофіти — мешканці засолених ґрунтів (за перевагою аніонів розрізняють галофіти хлоридного типу, або власне галофіти, та сульфатно-кальцієвого типу, або гіпсофіти);
- глікофіти — рослини, що мешкають на ґрунтах, які не містять зайвої кількості солей.

За пристосуванням до надлишкового вмісту солей рослини поділяють на:

- еугалофіти, або власне галофіти, які у великих кількостях накопичують солі в тканинах рослини і мають соковиті та м'ясисті стебла;
- криногалофіти — рослини, які здатні виділяти надлишок солей у вигляді краплин розсолу крізь особливі залози (іноді їх називають фільтруючими галофітами) і мають характерний сольовий наліт;
- глікогалофіти — рослини, що мають кореневий бар'єр, тобто систему анатомічних і фізіологічних пристосувань, які захищають рослину від зайвого надходження солей до їх тканин.

За відношенням до умов зволоження ґрунтів у фітоіндикації виділяють рослини:

- ксерофіти — види посушливих місцезростань, для них характерні вузьколистість, опушення листків, жорсткі стебла та видозміни листків (колючки);
- мезофіти — рослини помірно зволених районів;
- гігрофіти — рослини-індикатори надлишкового зволоження;
- гідрофіти — рослини мілководь і прибережних смуг водойм, що мають темно-зелене листя та товсті соковиті стебла.

За однією з основних характеристик ґрунтів — їх кислотністю -рослини поділяють на дві великі групи:

- ацидофіли — рослини кислих ґрунтів (вереск, пушиця, білоус тощо);
- базифіли, або ацидофоби — рослини лужних ґрунтів (бузина, крушина, бересклет тощо).

### Гідроіндикація

Різні елементи гідросфери тісно пов'язані з рослинним покривом. У зв'язку з цим, рослинні індикатори можуть використовувати при вивченні вод

морів, океанів, поверхневих вод суші, снігового покриву, підземних вод і ґрунтової мерзлоти.

Склад і розподіл рослинності бентосу і планктону морів є показником освітленості, температури, хімічного складу, багатства на органічну речовину, переміщення водних мас, льодового режиму та ін.

Планктон - це показник гідрологічного стану та походження вод, а бентос — показник середнього гідрологічного режиму придонних шарів упродовж тривалого часу.

Вертикальний розподіл зануреної рослинності відбиває зміни освітленості зі збільшенням глибини. Наприклад, у Чорному морі на поверхні субліторалі (глибина до 3-5 м), де освітленість досягає 100 000 лк, переважають світлолюбні види (поліфоти): із вищих водних рослин — *Zostera*, зелені водорості *Ulva*, *Cladophora*, *Enteromorpha* поряд із бурими — *Padina* та червоними — *Polisiphonia*.

Середню сублітораль (глибина 3-5; 10-15 м залежно від прозорості води) з освітленням до 40 000 лк займають помірно-світлолюбні водорості (мезофоти), переважно бурі *Cystoseira* та червоні *Ceramium*.

Нижня сублітораль і елітораль (10-15; 50-60 м), де освітлення зменшується до сотень люкс, розповсюджені лише тінювитривалі (умброфільні) червоні водорості.

За глибиною розповсюдження полі- та мезофотних водоростей роблять висновок про прозорість води. Для багатьох водоростей специфічним є вузький температурний оптимум (стенотермність), у зв'язку з чим вони можуть бути використані як показники певних температурних властивостей води.

Наприклад, кріофільна водорість *Phaeocystis rouchetii*, яка може жити лише при температурі від 1 до 11,6° С, є індикаційним показником холодних полярних вод. До холодостійких (кріофільних) видів також належать *Fucus*, *Bangia* та *Enteromorpha*. Існують також виключно теплолюбні (термофільні) види - *Trichodesmium*, *Syracosphaera*, які існують лише за температури, вищої за 20° С.

У результаті різної чутливості водоростей до солоності води, їх розподіл може характеризувати зміни вод різного ступеня мінералізації. Так, водорість *Halosphaera viridis* живе у воді при солоності більше 30‰. В солоних морських водах із солоністю 3-30‰ часто наявні угруповання бурих і червоних водоростей (*Fucus*, *Cystoseira*, *Laminaria*, *Macrocostis*). Індикаторами прісних або слабкомінералізованих вод (до 3 ‰) є *Spirogyra*, *Sagittaria* та *Nymphaea candida*.

Рослинність використовують також як індикатор хімічних властивостей води, для чого визначають кількісний вміст органічної речовини або засолення легкорозчинними солями.

За кількісним вмістом органічної речовини води природних водойм поділяють на:

- евтрофні — насичені гуміновими сполуками і мінеральними речовинами. У таких водоймах найрізноманітніша прибережна, плаваюча на поверхні та занурена рослинність;

- оліготрофні — найчистіші, бідні на органічну речовину води. Рослинність таких водойм дуже специфічна, найтипівішими представниками є *Lobelia* та *Litorella*.

- дистрофні — насичені гуміновими сполуками, кислі, бідні на мінеральні речовини. Це, як правило, заболочені, торф'яністі території лісів. Типовими представниками цих територій є *Cafex*, *Equisetum* і *Potamogeton*.

Особливості розподілу морських водоростей характеризують напрям та інтенсивність морських течій. Поява теплолюбної флори в холодних місцях свідчить про наявність теплих течій. Наприклад, появу поблизу західного берега Північної Африки холодостійких видів родів *Laminaria* і *Macrocystis* використовують як індикатор вод холодної Бенгальської течії.

Водні рослини можуть також індикувати швидкості течії.

Так, в умовах повільної течії (0,05-0,07 м/с переважають *Typha latifolia*, *Nuphar luteum* і *Miriophyllum spicatum*, а в умовах швидкої течії *Phragmites communis*, *Potamogeton fluitans* і *Calla palustris*. Наявність заростей прибережно-водної рослинності значно послаблює вплив хвиль на берег. Так, очерет гасить хвилі на 4...7 %, а за підвищеної щільності навіть до 20 %. Зарості зануреної рослинності зменшують течію в руслі на 25 %, а іноді й більше.

Індикаторами змін гідрологічного режиму є зміни співвідношення мезофільної та гідрофільної рослинності.

Розподіл снігового покриву тісно пов'язаний з характером рослинності, яка впливає на його розподіл, інтенсивність снігонакопичення та умови сніготанення. Сніговий покрив забезпечує тепловий захист рослинам від холоду і вітру, збільшує вологість ґрунту, впливає на строки розвитку рослинності. В умовах степу і лісостепу величина снігонакопичення прямо пропорційна висоті та щільності рослинності. В очеретяних заростях снігу, як правило, в 1,5-2 рази більше, ніж на цілинних плакорах.

Значна роль належить сніговому покриву в розподілі рослинності тундри. Так, на ділянках, що не мають снігу взимку, рослинність відсутня. На ділянках з незначним (до 10 см) і непостійним сніговим покривом ростуть лише лишайники. Ділянки, вкриті снігом до 60 см, займають лишайниково-чагарничкові угруповання, а на засніжених до 1 м ділянках росте багато видів багаторічних рослин.

Склад, будова та розподіл рослинності є індикатором рухомості снігу на схилах і однією з основних ознак під час визначення лавинонебезпечності. В місцях зсуву лавин берези мають викривлені стебла, відсутні ялинки, з'являються просіки порослі молодими березами.

Рослини індикують також ґрунтові води. За характером взаємозв'язку з ґрунтовими водами виділяють:

- постійні гідроіндикатори - рослини, пов'язані з наявністю ґрунтових вод: гідрофіти індикують наявність близьких ґрунтових вод, а фреатофіти мають розвинену кореневу систему і використовують воду глибинних горизонтів. Постійні гідроіндикатори поділяють на глікофільні, які ростуть на ґрунтах з промивним водним режимом, та галофільні, що ростуть на ґрунтах з випаровувальним режимом;

- перемінні гідроіндикатори — рослини територій з непостійним ґрунтовим зволоженням. Це може бути міжпластове зволоження, капілярна кайма,

конденсація атмосферної та ґрунтової вологи, внутрішньогрунтове випаровування або глибинні лінзи;

- негативні гідроіндикатори — рослини, які використовують дуже малі запаси гігроскопічної вологи і потребують гарної аерації ґрунту. При наявності близьких ґрунтових вод ці рослини відсутні;

- індіферентні види — це ті, що мають широку екологічну амплітуду відносно вологи.

До фізіологічних індикаторних ознак гідрогеологічних умов належать:

- показники водного режиму, такі, наприклад, як інтенсивність транспірації, що має високі значення у мезофітів, фреатофітів і гігрофітів та низькі у галофітів і ксерофітів;

- пігментація, або забарвлення, рослин. Наприклад, сукуленти при наявності близьких ґрунтових вод мають інтенсивне темно-зелене забарвлення, а при глибині більше 1-1.5 м — жовто-червоне;

- вміст солей у вегетативних органах. З'ясовано, що фреатофіти мають більш виражену кореляцію між вмістом солей в рослині та мінералізацією ґрунтових вод. Наприклад, у сарзана вміст солей в тканинах підвищується від 35 до 45 % сухої ваги зі збільшенням мінералізації ґрунтових вод від 7 до 85 г/л. Ксерофіти мають незначну залежність між збільшенням солевмісту рослин і мінералізацією води більше ніж 8-10 г/л. Ймовірно, що ці рослини мають кореляцію між вмістом і мінералізацією вод тільки за невеликих її значень (до 10 г/л);

- анатомо-морфологічні ознаки — це розміри рослин, пагонів, форми росту, характер розгалуження, зміни анатомічної будови тканин тощо.

Отже, фітоіндикація як важливий розділ екології рослин дає змогу розкрити специфічні особливості взаємовідносин організмів із довкіллям, унеможливити їх знищення під час дослідження екологічного стану місцезростання та прищепити майбутнім спеціалістам норми біоетики.

Однак при всьому різноманітті фітоіндикації можливості її певним чином обмежені. Пояснюється це тим, що в різних природно-географічних зонах індикаторна значимість одного й того самого виду може бути неоднаковою як у результаті виділення місцевих форм з особливими екологічними вимогами, так і через часткову взаємозаміну екологічних факторів. Можливості фітоіндикації значно обмежуються також у результаті антропогенних змін рослинного покриву, які змінюють природні взаємозв'язки та зумовлюють пригнічення індикаторних видів навіть в оптимальних для них місцях. У зв'язку з цим фітоіндикаційні польові спостереження необхідно доповнювати додатковими експериментальними дослідженнями для визначення конкретних екологічних оптимумів.

#### **Запитання для контролю та самоконтролю:**

1. Що вивчає такий розділ, як індикація структури екосистем?
2. Які екологічні параметри використовують на різних рівнях фітоіндикаційних досліджень?
3. Яке значення мають індикаційні дослідження ґрунтів?

4. Схарактеризуйте терміни ґрунтового зволоження: фреатофіти, омброфіти, трихогідрофіти, псамофіти, пелітофіти.

5. Схарактеризуйте кліматичні, ландшафтні та гідроіндикації.

### Література:

1. Береговий П. М. Ботанічна географія [підручник] / П. Береговий, М. Прахов. - К., Вища школа, 1969. - 341 с.
2. Мусієнко М. М. Екологія рослин [підручник] / Микола Миколайович Мусієнко. - К.: Либідь, 2006. - 432 с. +8 кол.вкл.