

## Лекція 8

### Біоіндикація стану ґрунтів

#### План

Зміна кислотності ґрунтів, рослини-індикатори кислотності і багатства ґрунтів.  
 Механічний склад ґрунтів, літоіндикатори.  
 Показники та індикатори ґрунтової родючості.  
 Індикація засоленості ґрунтів.  
 Індикація типів ґрунтів.

**Ґрунт** – це особливе органо-мінеральне природне утворення, яке виникло як внаслідок пливу живих організмів на мінеральний субстрат і розкладу мертвих організмів, так і за рахунок впливу природних вод і атмосферного повітря на поверхневі горизонти гірських порід у різних умовах клімату і рельєфу в гравітаційному полі Землі.

З іншого боку, ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунті протікає відносно повільно. Як наслідок цього, високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду у зовнішнє середовище.

Окрім того, можлива поступова зміна хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів.

Найбільш інтенсивним шляхом переносу забруднень, які потрапляють на ґрунт, може бути перенесення з атмосферним повітрям у випадку потрапляння забруднень з ґрунту в атмосферу через випаровування або разом з пилом. Іншим відносно швидким шляхом розповсюдження забруднювачів є змив їх стічними водами. Але далеко не всі ці механізми переносу грають суттєву роль у забрудненні ґрунтів. Під впливом фізико-хімічних факторів і, головним чином, в результаті діяльності мікроорганізмів, відбувається розкладання забруднювальних речовин органічного складу. У ряді випадків (забруднення ґрунтів бенз(а)піреном, пестицидами та іншими речовинами) можливе навіть встановлення рівноваги між надходженням на ґрунт та їх розкладанням у ґрунті.

Загальне **оцінювання ступеня забруднення** ґрунтового покриву можна проводити за критеріями, які виділяють *слабко-*, *середньо-* і *сильно* забруднені ґрунти.

У *слабкозабруднених ґрунтах* вміст забруднюючих речовин (ЗР) не перевищує ГДК або фонове значення. У *середньозабруднених* – перевищення ГДК (фону) незначне і не призводить до істотних змін властивостей ґрунтів. У *сильно забруднених ґрунтах* вміст ЗР у кілька разів перевищує ГДК (фон), що істотно позначається як на властивостях ґрунтів, так і на якості сільськогосподарської продукції.

Іноді проводять оцінювання за ступенем забруднення окремими ЗР (важкими металами, нафтою і нафтопродуктами, бенз(а)піреном тощо).

**Нафтопродукти.** Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація нафтопродуктів (НП) у них досягає такої величини, при якій починаються негативні екологічні зміни в НПС: порушується екологічна рівновага в ґрунті, гине ґрунтова біота, падає продуктивність чи настає загибель рослин, відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, падає їх родючість, створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод. Небезпечним рівнем забруднення ґрунту вважається рівень, що перевищує межу **потенціалу самоочищення**.

У деяких країнах прийнято вважати верхнім безпечним рівнем (*H*) вміст НП у ґрунті 1 – 3 г/кг; початок серйозної екологічної шкоди (*K*) – при вмісті 20 г/кг і вище.

З огляду на фізико-географічні умови України (а також характер землекористування), що впливають на процеси самоочищення при забрудненні природного середовища НП, для

практики проведення робіт з детоксикації НП у ґрунті доцільно прийняти такі ступені градації забруднення ґрунтів НП (з урахуванням кларку):

- *незабруднені ґрунти* – до 1,5 г/кг;
- *слабке* забруднення – від 1,5 до 5 г/кг;
- *середнє* забруднення – від 5 до 13 г/кг;
- *сильне* забруднення – від 13 до 25 г/кг;
- *дуже сильне* забруднення – більше 25 г/кг.

Слабке забруднення може бути ліквідоване в процесі самоочищення ґрунту в найближчі 2-3 роки, середнє – протягом 4-5 років. Початком серйозної екологічної шкоди є забруднення ґрунту НП у концентраціях, що перевищують 13 г/кг, при цих концентраціях починається міграція НП у підґрунтові води, істотно порушується екологічна рівновага в ґрунтовому біоценозі. Вважається, що концентрації, менші 5 г/кг, відповідають зоні *екологічної норми (Н)*, 5-13 г/кг – *ризик (Р)*, 13-15 г/кг – *кризи (К)* і більш 25 г/кг – зоні *лиха (Л)*.

Слід зазначити, що ступінь забруднення ґрунтового покриву НП не завжди відбивається на їх транслокації (відповідно і на якості сільськогосподарської продукції), що, очевидно, пов'язано з гідрофобністю більшості вуглеводних і неуглеводних фракцій.

**Рослинні тест-системи (Н.Р. Джура, 2011)** є досить надійними та зручними у встановленні ступеня токсичності певних забруднювачів, також вони дають змогу оцінити сумарний ефект дії різних видів забруднювачів, у тому числі для оцінки ступеня деградації ґрунтових екосистем, що зазнають різнопланово антропогенного впливу. Найбільш інформативними даними щодо екологічної небезпеки **нафтопродуктів** для ґрунтової екосистеми є визначення **фітотоксичності** – здатності ґрунту чинити пригнічувальний вплив на рослини, що призводить до порушення фізіологічних процесів, погіршення якості рослинної продукції.

Вплив нафтового забруднення на рослинні організми відбувається двома шляхами: безпосередньо (внаслідок проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продиhi листків і включення їх у метаболізм) і опосередковано (через зміни фізико-хімічного складу ґрунту та порушення його біотичних властивостей).

Безпосередній вплив нафти на рослинний покрив виявляється в тому, що сповільнюється ріст рослин, порушуються функції фотосинтезу і дихання, відзначаються різні морфологічні порушення, сильно страждають коренева система, листки, стебла та репродуктивні органи.

Для діагностування й оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів зазвичай враховуються такі показники, як висота рослин, кількість, довжина і ширина листків, довжина черешків, кількість і довжина пагонів, кількість квіток, розміри частин оцвітини, кількість плодів і насінин у плоді, загальна маса рослини і маса окремих її частин тощо. Фізіолого-біохімічні та цитогенетичні параметри рослинних тест-систем є придатними для кількісної оцінки дії факторів в умовах техногенного забруднення. Біоіндикацію нафтозабруднених ґрунтів у агроекосистемах проводять на основі реакцій сільськогосподарських рослин із різною чутливістю до даного фактора.

Наприклад, стійкими до забруднення ґрунту нафтою є осока шорстковолосиста (*Carex hirta*) та біб кінський або біб звичайний (*Faba bona* або *Vicia faba* L.). Дослідженнями виявлено вплив нафти на характер опушення верхньої частини листків *C. hirta*: на забруднених нафтою площах спостерігали форми з гладенькими неопушеними листками та блискучою поверхнею, а на контрольних ділянках – листки опушені, мали матову поверхню; у дослідних рослин *C. hirta* спостерігали аномалії при утворенні продиhив (злиття двох-трьох продиhив). За дії нафтового забруднення ґрунту (50 г/кг) збільшувалася кількість продиhив на листовій поверхні дослідних рослин, зокрема у *V. faba* майже на 43%, у *C. hirta* – на 13% щодо контролю. Проте за дії сильного нафтового забруднення (100 г/кг ґрунту) спостерігали зменшення кількості продиhив на одиницю площі листка: у *V. faba* на 18%, у *C. hirta* – на 15% щодо контролю.

Тест-реакції фіторемедіантів (табл. 1) є чутливими до дії нафти, тому їх доцільно використовувати як тест-системи при фітоіндикації нафтозабруднених територій, а рослини *C. hirta* і *V. faba* – для відновлення нафтозабруднених ґрунтів.

Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту можна отримати, використовуючи як тест-об'єкти насіння та проростки рослин. Тест-функції, що використовують у біотестуванні, досить різноманітні: динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, довжина пагона тощо. На їх основі визначають *фітотоксичний ефект* ґрунту.

Для порівняння токсичності за ростовим тестом фітоіндикатора розроблена шкала рівнів токсичності ґрунтів (табл. 2).

**Таблиця 1. Рослинні тест-системи *Carex hirta* L. та *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.) в умовах забруднення ґрунту нафтою**

Тест-системи	Морфологічні та біометричні параметри
Насіння <i>V. faba</i>	Схожість насіння за дії різних концентрацій нафти і нафтопродуктів
Цілісна рослина <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• біомаса рослин;</li> <li>• виживаність рослин у польових та лабораторних умовах</li> </ul>
Веgetативні органи рослин	<ul style="list-style-type: none"> <li>• довжина кореневищ <i>C. hirta</i>;</li> <li>• висота пагонів рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i></li> </ul>
Листки рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• довжина і ширина листкової пластинки;</li> <li>• кількість продохів на одиницю поверхні листка;</li> <li>• вміст фотосинтетичних пігментів;</li> <li>• наявність хлорозів, некрозів тощо;</li> <li>• характер опушення листкової пластинки <i>C. hirta</i></li> </ul>

**Таблиця 2. Шкала рівнів токсичності ґрунтів**

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень токсичності
20,1–40	Середній рівень
40,1–60	Вище середнього рівня
60,1–80	Високий рівень
80,1–100	Максимальний рівень

У біотестуванні основним параметром оцінки забруднення виступає не концентрація поллютанта, а реакція та відповідь живого організму. Перевагою біотестування токсичності забрудненого середовища є врахування впливу антагоністичних і синергічних взаємодій поллютантів, оцінка сумісної біологічної активності впливу фізико-хімічних факторів на біоту.

Проведено оцінку токсичності нафтозабруднених ґрунтів методами фітотестування. Встановлено залежність „концентрація-ефект” між пригніченням росту коренів і пагонів досліджуваних фітотестів – льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.) і соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) та ступенем нафтового забруднення на проміжку 5–15% нафти (рис. 1). Виявлено специфічність і чутливість даних фітотестів, що вказує на можливість їх використання для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів.

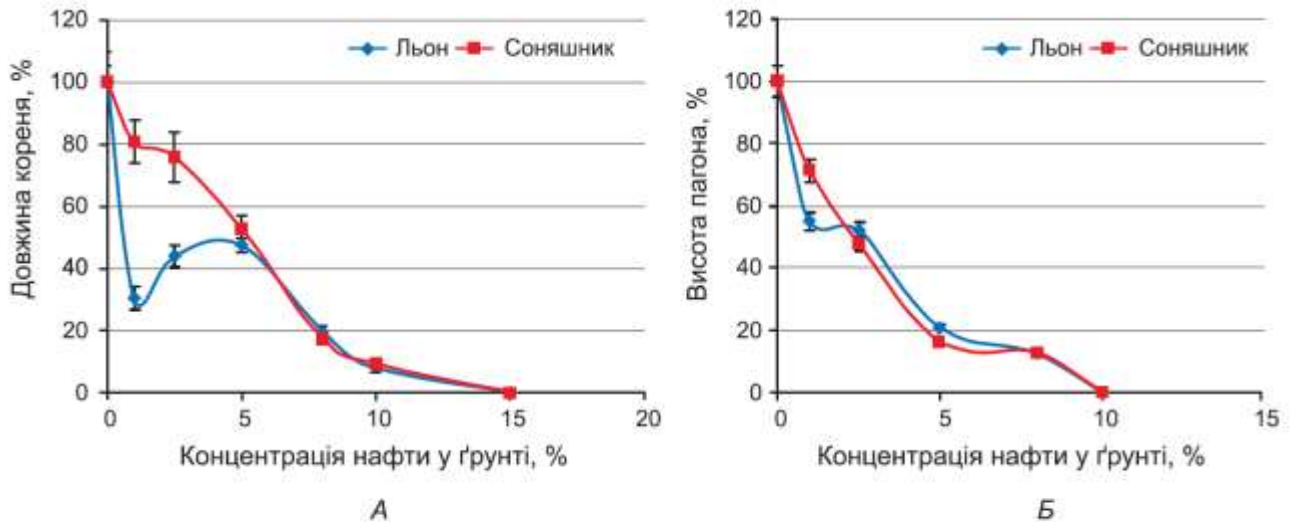


Рис. 1. Залежність довжини коренів (А) і висоти пагонів (Б) *Linum usitatissimum* L. та *Helianthus annuus* L. від концентрації нафти у ґрунті [11]

### Біомоніторинг ґрунтів

На основі екологічної характеристики організмів, тобто їх реакцій на вплив факторів середовища, виокремлюють **еврибіонти** - види з широкою адаптаційною здатністю, які можуть жити при різних значеннях фактору, і **стенобіонти** - види з низькою адаптаційною здатністю, життєдіяльність яких обмежена вузьким діапазоном змін певного фактора. Саме стенобіонти (організми або їх угруповання), життєві функції яких тісно корелюють з певними чинниками середовища використовують для біоіндикації ґрунту.

На основі дослідження рослинного покриву можна визначити основні складові ґрунтів (рухомі сполуки основних елементів живлення рослин Ca, N, P, S, K, Mg), оскільки певні види рослин домінують у місцевостях з відповідним складом ґрунту. Наприклад, **нітрофіти** (азотолюби) можна вважати надійними індикаторами ґрунту, збагаченого азотом, до них відносять берест, черемху, бузину, бруслину європейську. Найбільше їх росте на землях з підвищеним вмістом нітратів, дуже рідко вони трапляються на бідних азотом землях. Домінування різних **рослин-галофітів** (солестійких) пов'язано з засоленістю ґрунтів різними йонами. Певні види рослин відображають якісний склад катіонів у поглинаючому комплексі ґрунту.

Фітоіндикацію широко застосовують при визначенні кислотності ґрунтів. Так, на дуже кислих ґрунтах (рН = 3- 4,5) ростуть крайні ацидофіли (надають перевагу кислим ґрунтам), до яких належать сфагнум, плавун булавовидний; на кислих ґрунтах (рН 4,5-6,0) - помірні ацидофіли (калюжниця болотна, їдкий і повзучий жовтець); на слабо кислих ґрунтах (рН 5,0-6,7) - слабкі ацидофіли (медунка, купина багатоквіткова, анемона жовтецева).

Теоретичною передумовою застосування ґрунтов-зоологічного методу з метою діагностики ґрунтів сформульоване М.С. Гиляровим у 1949 р.

### Тварини – індикатори забруднення ґрунту

Популяції та комплекси видів ґрунтових тварин відзначаються стабільністю і стійкістю навіть за дуже несприятливих змін в екосистемі, тому на землях, активно використовуваних людиною, ґрунтові тварини лишаються останньою групою, за якою оцінюють ступінь впливу людини на біоту. Цьому сприяють особливості ґрунту як середовища існування.

Різноманіття ґрунтових тварин дуже велике, тому вибір об'єктів серед них повинен бути обмеженим. Якщо це стосується видів, то до них ставиться цілий ряд вимог. Перевага віддається

великим ґрунтовим безхребетним, багато з яких мешкає в досить широкому діапазоні екологічних умов. Середовище існування представників цієї групи - не найменше скупчення ґрунтової вологи, не порожнини і ходи в ґрунті, а весь ґрунт як середовище. Тому зв'язок зі змінами ґрунтових умов, хімізму ґрунтових розчинів, гумусу у великих ґрунтових тварин набагато тісніший, ніж у дрібних. Ареали багатьох видів добре відомі, і їх популяції на протязі всього ареалу мають досить високу чисельність. Важливе й те, що серед великих безхребетних багато видів-поліфагів, слабо пов'язаних із певною групою рослин чи тварин у своєму живленні. Серед них для моніторингу найбільш зручні представники таких груп: дощові черв'яки, ковалики та їх личинки, великі хижі туруни, деякі види мокриць і диплоподів.

Високий ступінь осілості цих груп, широка харчова база, достатня вивченість особливостей екології, розподілу, розміри ареалів, висока чисельність у різних місцях уможливають використання видів із цих груп як основних об'єктів екологічного моніторингу.

Популяції ґрунтових тварин чутливі до змін, які відбуваються в екосистемах і ґрунтовій біоті, і реагують в основному зменшенням кількості видів, чисельності та біомаси популяцій, зникненням характерних для екосистем видів і появою еврибіонтних форм. У сильно пошкоджених екосистемах популяції ґрунтових тварин, у першу чергу мікроартроподів, залишаються останнім «уламком» тваринного світу, що колись існував. Водночас у результаті господарської діяльності людини виникає велика кількість екосистем, у яких немає багатьох груп ґрунтової фауни, головним чином ґрунтоутворювачів, таких як дощові черв'яки, ківсяки, мокриці. Такі зміни в комплексах помітні на ділянках, що на них людина безпосередньо здійснює господарську діяльність.

### Рослини – індикатори родючості ґрунтів

Повний аналіз ґрунту вимагає багато часу та праці. Однак багато особливостей ґрунту, в тому числі і родючість, можна визначити за рослинами-індикаторами, які його ростуть в ньому. Так наприклад, про високу родючість свідчать такі рослини: малина, кропива, іван-чай, таволга, снитть, чистотіл, копитняк, кислиця, валеріана.

Індикатори помірної (середньої) родючості: медунка, дудник, грушанка, гравілат річковий, вівсяниця лугова, купальниця, вероніка довголиста. Про низьку родючість свідчать сфагнові (торф'яні) мохи, наземні лишайники, котяча лапка, брусниця, журавлина, ситник ниткоподібний, запашний колосок. Байдужі до ґрунтової родючості жовтець їдкий, пастуша сумка. Маловимоглива до ґрунтової родючості сосна звичайна.

Таблиця 3.7. - Біоіндикатори родючості ґрунтів

рівень родючості	Біоіндикатори	
	на луках	в лісах
Дуже високий	Чина лучна, стоколос безостий, таволга, осока лисяча	Малина, кропива, іван-чай, таволга, чистотіл, копитняк, кислиця, валеріана
Помірний (середній)	Костриця лучна, лисохвіст луговий, щучка дерниста, купальниця, вероніка довголиста	Майник дволистий, медунка, дудник, грушанка, купальниця, гравілат річковий
Низький	Білоус, ситник нитковидний, запашний колосок, котяча лапка	Сфагнові мохи, наземні лишайники, чорниця, брусниця, журавлина

**Рослини – індикатори забезпеченості ґрунту певними елементами**

Про високий вміст азоту свідчать рослини-нітрофіли - іванчай, малина, кропива; на луках і ріллі - розростання пирію, споришу (горця пташиного). При хорошому забезпеченні азотом рослини мають інтенсивно-зелене забарвлення.

Навпаки, нестача азоту проявляється блідо-зеленим забарвленням рослин, зменшенням гіллястості і числа листя. Високу забезпеченість кальцієм показують кальцієфіли: багато бобових (наприклад люцерна серповидна), модрина сибірська. При нестачі кальцію панують кальцієфоби - рослини кислих ґрунтів: щучка (луговик дернистий), квас, сфагнум та ін. Ці рослини стійкі до шкідливої дії іонів заліза, марганцю, алюмінію.

*Таблиця 3.2. - Зовнішні ознаки хвороб рослин при нестачі або надлишку поживних речовин*

Речовин	Недостача	Надлишок
Азот (N)	Уповільнення росту. Пожовтіння, побуріння й засихання листя. Одеревіння стебел. Зменшення розміру квіток.	Побуріння листя (обпалені краї) і їх загибель Скорочення періоду вегетації
Калій (K)	Поява «крайового опіку» нижнього листя. Ослаблення рослин. Блакитно-зелене листя плодівих і ягідних культур	Утворення на плодах гіркокого слизу
Фосфор (P)	Бурі плями між жилками листя. Засихання листя. Ослаблення росту. Фіолетово-червоне забарвлення стебла, гілок і нижньої сторони листя. Загинання листя вгору. Квітки дрібні, опадаючі	Зменшення вегетаційного періоду Зниження врожаю
Кальцій (Ca)	Припинення росту й розвитку коріння. Верхнє листя білясте, нижнє - зелене. Відмирання вегетаційних точок росту.	Стимуляція розвитку не тільки корисних, але й шкідливих мікроорганізмів
Магній (Mg)		Листя злегка темніє і трохи зменшується; іноді спостерігається згортання й зморщування молодих листочків, на пізніх стадіях росту кінці їх втягуються і відмирають, особливо при ясній погоді
Хлор (Cl <sub>2</sub> )	.	Загальне огрубіння рослин, листя маленьке, тьмяно-зелене, стебла тверді, у деяких рослин на більш старому листі з'являються пурпурно-коричневі плями, що викликає його опадання
Сірка(S)		Загальне огрубіння рослин, листя маленьке, тьмяно-зелене, стебла тверді, пізніше листя може скручуватися всередину й покривається наростами, краї його стають коричневими, потім блідо-жовтими



Таблиця 3.1. - Зовнішні ознаки хвороб рослин при надлишку мікроелементів

М/елемент	Зовнішні ознаки хвороб рослин
Залізо (Fe)	Тканина без некрозів; хлороз розвивається між жилками молодих листочків, жилки залишаються зеленими, пізніше весь листок стає жовтим або білуватим, що подібно з голодуванням
Марганець (Mn)	Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, ураження місцеве. Тканина некротична, хлороз розвивається між жилками молодих листочків, перетворюючи їх у жовті або білуваті з темно-коричневими або майже білими некротичними плямами, листя викривляється й зморщується (у цьому основна відмінність від голодування)
Кобальт (Co)	У деяких рослин уздовж основних жилок листя з'являються прозорі, наповнені водою ділянки; між жилками розвивається некроз; пізніше листя стає коричневим й обпадає
Цинк (Zn)	Тканина некротична, хлороз листя, молоді листочки жовтіють; верхівкові бруньки відмирають, більш старе листя може обпадати без зів'янення, жилки знебарвлюються в червоний або чорний кольори (на ранніх стадіях ушкодження подібно з дефіцитом заліза). Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, при цьому уражується вся рослина
Мідь (Cu)	Слабкий розвиток коріння, хлороз молодого листя, жилки залишаються зеленими
Бор (B)	Хлороз кінців і країв листя, що поширюється всередину, особливо між жилками, поки все листя не стає блідо-жовтим або білуватим; опіки країв листя і некроз із закручуванням країв, опадання листя

### Рослини – індикатори водного режиму ґрунтів

Індикаторами різного водного режиму ґрунтів є рослини-гігрофіти, мезофіти, ксерофіти.

Вологолюбні рослини (гігрофіти) - мешканці вологих, іноді заболочених ґрунтів: лохина, багно, морощка, білозір, калюжниця, герань лугова, очерет лісовий, шабельник болотний, горець зміїний, м'ята польова, чистець болотний.

Таблиця 3.4. - Біоіндикатори вологості ґрунтів

Місцеперебування	Біоіндикатори
Сухе місце існування	Ксерофіти (сухололюбиві) котяча лапка, ястребинка волосиста, очиток, материнка, рокитник, сон-трава, мучниця, наземні лишайники, мітлиця біла
Забезпечені вологою місця, але не сирі і не заболочені	Мезофіти - велика частина лугових трав: тимофіївка, лисохвіст луговий, пирій повзучий, конюшина лугова, копитняк, плаун, дрібні зелені мохи, кислиця, золота різка, брусниця, костяниця
Вологі, іноді сирі та заболочені ґрунти	Гігрофіти (вологолюбиві) - білозір, калюжниця, комиш лісовий, шабельник болотний, м'ята польова, чистець болотний, багно, лохина, росичка, сфагнум, очерет

Рослини досить забезпечених вологою місць, але не сирих і не заболочених - мезофіти. Це велика частина лугових трав: тимофіївка, лисохвіст луговий, пирій повзучий, конюшина лучна, горошок мишачий, волошка фрігійська. У лісі це брусниця, костяниця, копитняк, золота різка, плауни.

Рослини сухих середовищ (ксерофіти): котяча лапка, нечуйвітер волосистий, ковила пірчаста, мучниця, мітлиця біла, наземні лишайники.

### Рослини – індикатори глибини залягання ґрунтових вод

Встановлення показників глибини залягання ґрунтових вод має значення для уточнення властивостей ґрунтів і для вироблення рекомендацій щодо їх меліорації. Для індикації глибини залягання ґрунтових вод можна використовувати групи видів трав'янистих рослин (індикаторні групи). Для лугових ґрунтів виділяється 5 груп індикаторних видів.

Крім названих груп рослин, є перехідні види, які можуть виконувати індикаторні функції, наприклад мятлик луговий може бути включений як в першу, так і в другу групи. Він вказує залягання води на глибині від 100 до понад 150 см. Хвощ болотний - від 10 до 100 см і калюжниця болотна - від 0 до 50 см.

Глибина ґрунтових вод:

I. Конюшина лучна, подорожник великий, пирій повзучий - більше 150 см.

II. Мітлиця біла, костриця лучна, горошок мишачий - 100-150 см.

III. Таволга в'язолиста, канаркова трава - 50-100 см.

IV. Осока лисяча, осока гостра, куничник Лангсдорфа - 10-50 см;

V. Осока дерниста, осока пухирчаста - 0-10 см.

Таблиця 3.5. - Біоіндикатори глибини залягання ґрунтових вод

Глибина ґрунтових вод, см	Біоіндикатори
010	Осока дерниста, осока пухирчаста, очерет
1050	Осока лисяча, осока гостра, куничник Лангсдорфа
50100	Таволга в'язолиста, канаркові трави
100150	Мітлиця біла, костриця лучна, горошок мишачий, чина лугова
Більше 150	Стоколос безостий, конюшина лугова, подорожник великий, пирій повзучий

### Рослини – індикатори кислотності ґрунтів

Таблиця 3.6. - Біоіндикатори кислотності ґрунтів

ґрунти	Біоіндикатор
Кислі (рН менше 5,0)	Білоус, запашний колосок, щавель малий, хвощ, журавлина, лохина, сфагнум, верес, зелені мохи, сфагнум плаун
Слабокислі (рН 5,1-5,5)	Ромашка непахуча, манжетка, метлиця польова, куничник ланцетний, шучка, жовтець їдкий
Нейтральні, близькі до нейтральних (рН 5,5-7,0)	Лисохвіст луговий, цикорій, костриця лугова, тонконіг луговий, борщівник сибірський, тимофіївка лучна, конюшина лугова, яглиця європейська, мильнянка лікарська
Лужні (рН більше 7,0)	Бересклет бородавчастий, бузина сибірська, піщанка, мати-й-мачуха, очиток їдкий, гірчиця

**Кислотність** – одна з характерних властивостей ґрунту лісової зони. Підвищена кислотність негативно позначається на рості і розвитку ряду видів рослин. Це відбувається через появу в кислих ґрунтах шкідливих для рослин речовин, наприклад розчинного алюмінію або надлишку марганцю. Вони порушують вуглеводний і білковий обмін в рослинах, затримують утворення генеративних органів і призводять до порушення насінневого розмноження, а іноді викликають загибель рослин. Підвищена кислотність ґрунтів пригнічує життєдіяльність



грунтових бактерій, що беруть участь в розкладанні органіки і вивільнення поживних речовин, необхідних рослинам.

У лабораторних умовах кислотність ґрунтів можна визначити універсальним індикаторним папером, набором Алямовського, рН-метром, а в польових умовах - за допомогою рослин-індикаторів. У процесі еволюції сформувалися три групи рослин: ацидофіли - рослини кислих ґрунтів, нейтрофіли - мешканці нейтральних ґрунтів, базифіли - ростуть на лужних ґрунтах. Знаючи рослини кожної групи, в польових умовах можна приблизно визначити кислотність ґрунту.

### Група біоіндикаторів рН ґрунту

Виражені ацидофіли: сфагнум, зелені мохи – гілокоміум, дікранум, плавун булавовидний, плавун річний, плавун сплюснутий, пухівка піхвова, підбіл багатолістий (андромеда), котяча лапка, касандра, цетрарія, щучка дерниста, хвощ польовий, квас малий – рН 3,0-4,5.

Помірні ацидофіли: чорниця, брусниця, багно, калюжниця болотна, сухоцвіт, жовтець отруйний, мучниця, білозір болотний, фіалка собача, сердечник луговий, куничник наземний – рН 4,5-6,0.

Слабкі ацидофіли: папороть чоловічий, медунка неясна, зеленчук, дзвіночок кропиволистий, дзвіночок широколистий, бор розлогий, осока волосиста, осока рання, малина, смородина чорна, вероніка довголиста, горець зміїний, орляк, кисличка заяча – рН 5,0-6, 7.

Ацидофільно-нейтральні: зелені мохи – гілокоміум, плеврозіум, верба козяча – рН 4,5-7,0.

Нейтрофільні: яглиця європейська, полуниця зелена, лисохвіст луговий, конюшина гірська, конюшина лучна, мильнянка лікарська, борщівник сибірський, цикорій – рН 6,0-7,3.

Нейтрально-базифільні: мати-й-мачуха, люцерна серповидна, келерія, осока волохата, лядвенець рогатий, гусяча лапка – рН 6,7-7,8.

Базифільні: бузина сибірська, в'яз шорсткий – рН 7,8-9,0.

Існує класифікація певних груп рослин-індикаторів по відношенню до ґрунтового зволоження:

1. Фреатофіти - рослини, пов'язані з водоносними горизонтами у яких добре розвинена коренева система (до 5-30 м). Наприклад, середньоазіатські тамариски мають кореневу систему до 7 м, а чорний саксаул - 25 м.

2. Омброфіти - рослини, що існують за рахунок атмосферних опадів. Вони мають сильно розгалужену систему поверхневих коренів, які здатні швидко всмоктувати вологу під час опадів.

3. Трихогідрофіти - життя цих рослин, насамперед, пов'язане з капілярною вологою ґрунтових вод. Вони часто поєднують риси фреатофітів і омброфітів і мають кореневі системи універсального типу.

По відношенню до механічного складу ґрунтів і материнських порід рослини поділяють на:

1. Псамофіти - ростуть на пісках.
2. Пелитофіти - на глині.
3. Алевритофіти - на суглинистих або супісчаних ґрунтах.
4. Хасмофіти - на кам'янистих ґрунтах.
5. Петрофіти або літофіти - на скалах.

По відношенню до засолення ґрунту, досить умовно, виділяють дві великі групи рослин-індикаторів:

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

За пристосуванням до надлишкового вмісту солей рослини поділяють на:

- еугалофіти, або власно галофіти, які накопичують солі у великих кількостях в тканинах рослини і мають соковиті і м'ясисті стебла;

- кріногалофіти - рослини які здатні виділяти надлишок солей у вигляді краплин розсолу крізь особливі залози (їх іноді 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 тканин рослини.

По відношенню до умов зволоження ґрунтів виділяють рослини:

- ксерофіти - види посушливих місцезростань, для них характерні вузколистість, опушення листків, жорсткі стебла та видозміни листків (колючки);

- мезофіти - рослини помірно зволжених районів;

- гідрофіти - рослини-індикатори надлишкового зволоження;

- гідрофіти - рослини мілководь та прибережних смуг водойм, 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 та ін.) та базифіли, або ацидофоби - рослини лужних ґрунтів (бузина, крушина, бересклет та ін.).

Ще В.Л. Комаров писав "Потрібно добитися того, щоб за змінами рослинного покриву можна було б безпомилково судити про ґрунт". Сьогодні знання про індикацію ґрунтів значно розширилися. Існує багато рослин, за показниками яких можна безпомилково визначити механічний, хімічний, сольовий, водний та інші показники ґрунтів.