

Біоіндикація ґрунтів

План

1. Рослинні та тваринні організми – індикатори хімічного складу ґрунту (кислотності, засоленості, вмісту органічних речовин, наявності кальцію, міді та інших елементів) та його фізичних характеристик.
2. Геологічна біоіндикація.
3. Рослини та тварини – індикатори глибини залягання ґрунтових вод.
4. Використання рослин для пошуку нафти, покладів рудних та нерудних корисних копалин.

Ґрунт – це єдиний компонент ландшафту, який виникає в результаті взаємодії всіх інших його компонентів: гірських порід, клімату, природних вод, рослинності, мікроорганізмів і тварин.



Будучи основним депонуючим середовищем, ґрунти самі можуть розглядатися як інтегральний індикатор забруднення природно-територіального комплексу.

Забруднені ґрунти є джерелами вторинного забруднення приземного шару повітря, поверхневих і ґрунтових вод; з ґрунтів рослини поглинають мінеральні речовини, залучаючи їх у біологічний круговорот.

Таким чином, **ґрунтовий покрив визначає** міграцію хімічних елементів по ланцюгу харчування, тому вивчення його стану є істотною частиною робіт по оцінці впливу антропогенних чинників на природне середовище.



Основні характеристики ґрунтів, які є об'єктом біоіндикації, – кислотність, механічний склад, вологість, вміст поживних речовин. За ступенем накопичення деяких токсичних речовин в рослинах (акумулятивна біоіндикація) судять про ступінь забруднення ними ґрунту.



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).



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 (Н) вміст НП у ґрунті **1 – 3 г/кг**; початок серйозної екологічної шкоди (К) – 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;
- ❖ слабе 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 – ризику (Р), 13-15 г/кг – кризи (К) і більш 25 г/кг – зоні лиха (Л).



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 продири листків і включення їх у метаболізм);
- ❖ **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.

Фізіологобіохімічні та цитогенетичні параметри рослинних тест- систем є придатними для кількісної оцінки дії факторів в умовах техногенного забруднення. **Біоіндикацію нафтозабруднених ґрунтів у агроєкосистемах** проводять на основі реакцій сільськогосподарських рослин із різною чутливістю до даного фактора.

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

- ✓ **пушення 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 продихів** (злиття двох-трьох продихів). За дії нафтового забруднення ґрунту (50 г/кг) збільшувалася кількість продихів на листковій 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 продихів на одиницю площі листка: у *V. faba* на 18%, у *C. hirta* – на 15% щодо контролю.

Тест-реакції фіторемедіантів 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

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"> • біомаса рослин; • виживаність рослин у польових та лабораторних умовах |
| Вегетативні органи рослин | <ul style="list-style-type: none"> • довжина кореневищ <i>C. hirta</i>; • висота пагонів рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i> |
| Листки рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i> | <ul style="list-style-type: none"> • довжина і ширина листкової пластинки; • кількість продихів на одиницю поверхні листка; • вміст фотосинтетичних пігментів; • наявність хлорозів, некрозів тощо; • характер опушення листкової пластинки <i>C. hirta</i> |

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



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.



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.



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: **дошові черв'яки, ковалики та їх личинки, великі хижі туруни, деякі види мокриць і диплоподів**.

Високий ступінь осілости цих груп, широка харчова база, достатня вивченість особливостей екології, розподілу, розміри ареалів, висока чисельність у різних місцях уможливлують 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.

Однак багато особливостей ґрунту, в тому числі і **родючість**, можна визначити за рослинами-індикаторами, які його ростуть в ньому.

Про **високу родючість** свідчать такі рослини: малина, кропива, іван-чай, таволга, снить, 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



Про високий **вміст азоту** свідчать **рослини-нітрофіли** – іван-чай, 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.



Зовнішні ознаки хвороб рослин при нестачі або надлишку поживних речовин

| Речовина | Недостача | Надлишок |
|----------|---|---|
| Азот | Уповільнення росту. Пожовтіння, побуріння й засихання листя. Одеревіня стебла. Зменшення розміру квіток | Побуріння листя (обпалені краї) і їх загибель. Скорочення періоду вегетації |
| Калій | Поява «крайового опіку» нижнього листя. Ослаблення рослин. Блакитно-зелене листя плодових і ягідних культур | Утворення на плодах гіркокого слизу |
| Фосфор | Бурі плями між жилками листя. Засихання листя. Ослаблення росту. Фіолетово-червоне забарвлення стебла, гілок і нижньої сторони листя. Загинання листя вгору, квіткі дрібні опадаючі | Зменшення вегетаційного періоду. Зниження врожаю |
| Кальцій | Припинення росту й розвитку коріння. Верхне листя білясте, нижнє – зелене. Відмирання вегетаційних точок росту. | Стимуляція розвитку не тільки корисних, але й шкідливих мікроорганізмів |

Зовнішні ознаки хвороб рослин при нестачі або надлишку поживних речовин

| Речовина | Недостача | Надлишок |
|----------|-----------|---|
| Магній | | Листя зелене темніше і трохи зменшується, іноді спостерігається згортання й зморщування молодих листочків, на пізніх стадіях росту кінці їх витягуються і відмирають, особливо при ясній погоді |
| Хлор | | Загальне огрубіння рослин, листя маленьке, тьмяно-зелене, стебла тверді, у деяких рослин на більш старому листі з'являються пурпурно-коричневі плями, що викликає його опадіння |
| Сірка | | Загальне огрубіння рослин, листя маленьке, тьмяно-зелене, стебла тверді, пізніше листя може скручуватися всередину й покривається наростами, краї його стають коричневими, потім блідо-жовтими |

Зовнішні ознаки хвороб рослин при надлишку мікроелементів

| Мікроелемент | Зовнішні ознаки хвороб рослин |
|--------------|--|
| Залізо | Тканина без некрозів, хлороз розвивається між жилками молодих листочків, жилки залишаються зеленими, пізніше весь листок стає жовтим або білуватим, що подібно з голодуванням. |
| Марганець | Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, ураження місцеве. Тканина некротична, хлороз розвивається між жилками молодих листочків, перетворюючих їх у жовті або білуваті з темно-коричневими або майже білими некротичними плямами, листя викривляється і зморщується (у цьому основна відмінність від голодування). |
| Кобальт | У деяких рослин вздовж основних жилок листя з'являються прозорі, наповнені водою ділянки, між жилками розвивається некроз, пізніше листя стає коричневим і опадає. |

Зовнішні ознаки хвороб рослин при надлишку мікроелементів

| Мікроелемент | Зовнішні ознаки хвороб рослин |
|--------------|---|
| Цинк | Тканина некротична, хлороз листя, молоді листочки жовтіють, верхівкові бруньки відмирають, більш старе листя може опадати без зів'янення, жилки знебарвлюються в червоний або чорний кольори, (на раніх стадіях ушкодження подібно з дефіцитом заліза). Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, при цьому уражається вся рослина. |
| Мідь | Слабкий розвиток коріння, хлороз солодого листя, жилки залишаються зеленими |
| Бор | Хлороз кінців і країв листя, що поширюються в середину, особливо між жилками, поки все листя не стає блідо-жовтим або білуватим, опіки країв листя і некроз із закручуванням країв, опадання листя. |

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

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



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



Біоіндикатори вологості ґрунтів

| Місцеперебування | Біоіндикатори |
|--|--|
| Сухе місце існування | Ксерофіти (сухолюбові) котяча лапка, ястребинка волосиста, очиток, метеринка, 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 лугових, 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. |

Встановлення показників глибини залягання **грунтових 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**.

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. Хвоц 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.



Глибина ґрунтових вод:

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



Глибина ґрунтових вод:

Ш. Таволга в'язолисна, канаркова трава - **50-100 см.**



Глибина ґрунтових вод:

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



Глибина ґрунтових вод:

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



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 насіннєвого розмноження, а іноді викликають загибель рослин. **Підвищена кислотність ґрунтів** пригнічує життєдіяльність ґрунтових 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, **базіфіли** - ростуть на лужних ґрунтах. Знаючи рослини кожної групи, в польових умовах можна приблизно визначити кислотність ґрунту

Виражені ацидофіли: сфагнум, зелені мохи — гілокоміум, дикранум, плавун булавовидний, плавун річний, плавун сплюснутий, пухівка піхвова, підбіл багатолистий (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.



Базіфільні: 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 засолених ґрунтів (за перевагою аніонів розрізняють галофіти хлоридного типу, або власно 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 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;
- ✓ **гігрофіти** - рослини-індикатори надлишкового зволоження;
- ✓ **гідрофіти** - рослини мілководь та прибережних смуг водойм, мають темно-зелене листя та товсті соковиті стебла.

1. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук : Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. – 76 с.
2. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с.