



ЕТАПНІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТЕХНОГЕННО-ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

Лектор: д. с.-г. н., проф. Забалуєв В.О.

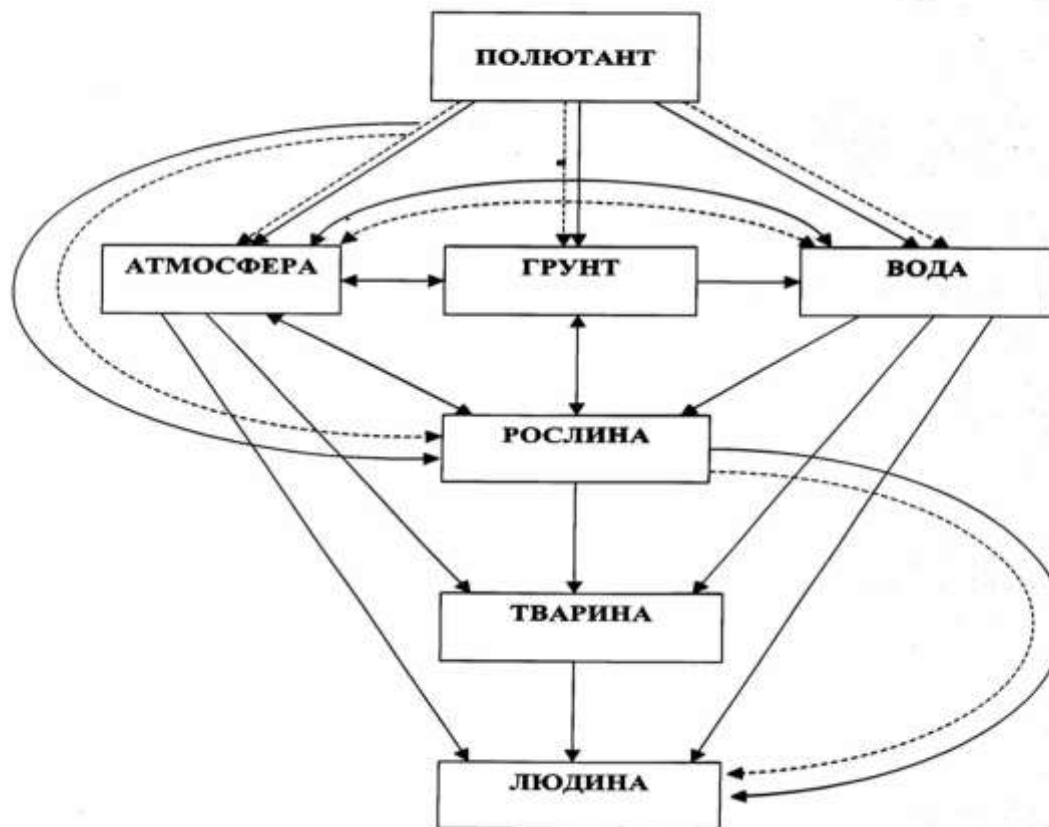


ПЛАН ЛЕКЦІЇ №4

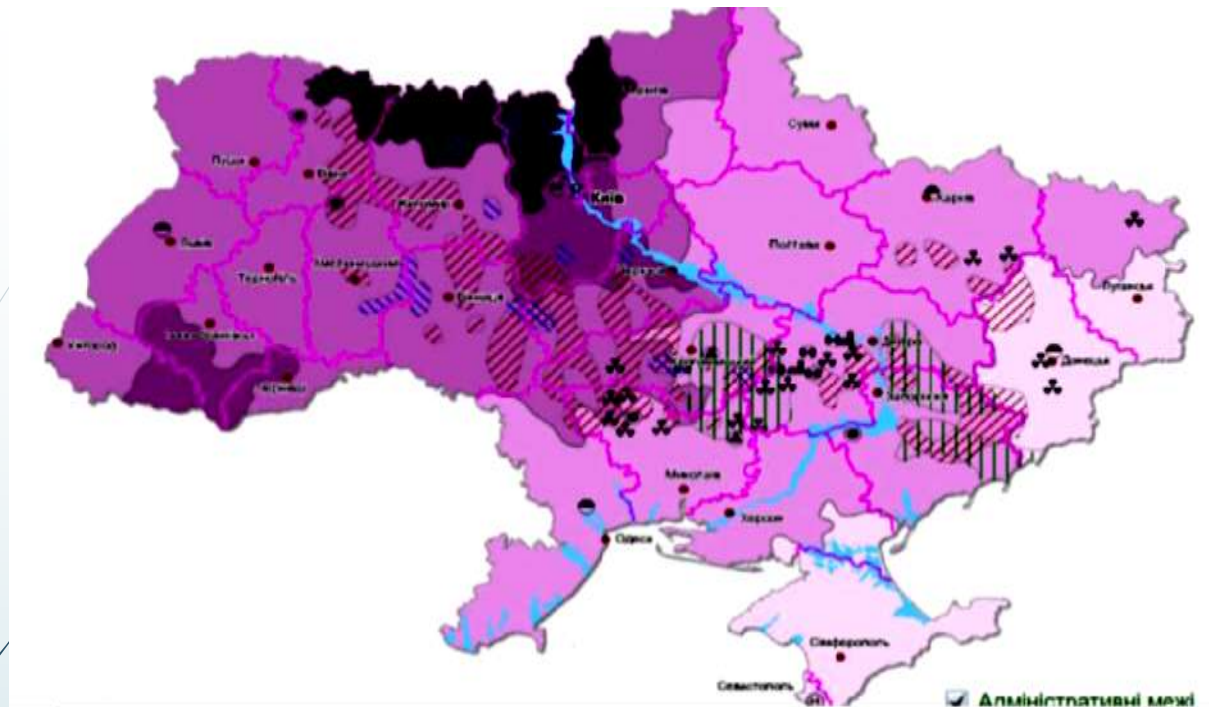
1. Рекультивація радіаційно-дегресивних земель.
2. Рекультивація нафто забруднених земель.
3. Поняття про біологічні-тест системи стану ґрунту.
4. Системи біоіндикації ґрунтів та земель.

1. *Рекультивація радіаційно-дегресивних земель.*

Радіоактивне забруднення ґрунту – це перевищення в ній концентрації радіонуклідів (Цезій-137, Стронцій-90, Калій-40) над показниками гранично допустимої норми внаслідок антропогенної діяльності. Забрудненими вважаються території, у яких значне перевищення доз зовнішнього і внутрішнього опромінення. Безпечною нормою Міжнародною комісією Радіаційної захисту (МКРЗ) було введено середньорічну дозу радіації, яка для ґрунтів і гірських порід складає 0, 25-0, 5 мікрозівертів на рік ($\text{м}^3\text{в/г}$). Цей норматив визначає безпечну для здоров'я людини кількість радіації і є суттєво низькою величиною, яка може привести до загибелі живого організму протягом подальших 30 днів.



Кругообіг поллютантів в агроландшафтах (суцільні стрілки – стійкі сполуки та речовини, преривисті – нестійкі)



практично відсутній (від $1 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-5}$)
 мінімальний (від $5,1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$)
 допустимий (від $1,1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$)

незначний (від $5,1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$)
 підвищений (від $1,1 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$)

Радіаційно-небезпечні об'єкти

- ☼ уранові родовища
- ☼ хвостосховища
- ☼ науково-дослідні реактори
- ☼ пункти захоронення радіоактивних відходів

- ☼ гідрометалургійні заводи
- ☼ відвали пустих порід
- ☼ атомні електростанції

Радіогеохімічні особливості

- ☼ Аномальна концентрація родону в ґрунтових водах (100 еман , 37000 Бк/м^3 і в ґрунтовому повітрі)
- ☼ Аномальна концентрація урану у підземних водах
- ☼ Аномалії торію у кристалічних породах

Імовірна оцінка антропоєкологічного ризику за сумарною щільністю радіаційної забрудненості території (умовні одиниці).



Забруднення ґрунту несе за собою ряд негативних наслідків, які умовно можна поділити як:

- безпосередній негативний вплив радіоактивних речовин на тварин, рослинність і людей;
- суттєве обмеження використовувати ґрунтові ресурси в сільськогосподарських цілях, так як продукція, яку отримують з такої земельної ділянки, перевищує норму рівня концентрації радіоактивних речовин внаслідок забруднення відкритих водойм і ґрунтових вод, куди з ґрунту вимиваються шкідливі сполуки і стає непридатною для споживання.



Вертикальна міграція по профілю ґрунту



Щоб спрогнозувати можливі наслідки радіоактивного забруднення ґрунту необхідно враховувати особливості міграції радіонуклідів.

Перерозподіл радіонуклідів у ґрунті проходить як у горизонтальному, так і вертикальному напрямках природним шляхом і під впливом антропогенної діяльності.

Горизонтальна міграція проходить внаслідок еолового перенесення; розливу паводкових вод, які є причиною інтенсивного забруднення заболочених місцевостей та низин; життєдіяльності тварин (переважно тих, які риють землю); руху транспорту; заготівлі зелених кормів на забруднених луках; лісових пожеж.

Мінімальна горизонтальна міграція відбувається в лісових ценозах, а максимальна – в агроценозах з легкими ґрунтами.

Система захисних заходів, що застосовуються в умовах радіоактивного забруднення територій

Захисні заходи	Зміст захисних заходів
Організаційні	- інвентаризація угідь за щільністю забруднення радіонуклідами та складання карт; - прогноз вмісту радіонуклідів у продукції рослинництва, <u>кормовиробництва</u> та тваринництва; - інвентаризація угідь відповідно до результатів прогнозу та визначення угідь, на яких можливе вирощування культур для різних цілей: продовольчі, виробництво кормів, одержання насіннєвого матеріалу, технічна переробка; - зміна структури посівних площ і сівозмін; - <u>переспеціалізація</u> галузей тваринництва; - вилучення угідь із господарського користування; - організація радіаційного контролю продукції; - оцінка ефективності заходів
Агротехнічні	- докорінне і поверхнєве поліпшення сіножатей і пасовищ; - гідромеліорація (осушення та оптимізація водного режиму); - запобігання вторинному забрудненню
Агрохімічні	- вапнування кислих ґрунтів; - внесення органічних добрив; - внесення підвищених доз фосфорних і калійних добрив; - оптимізація азотного живлення рослин на основі ґрунтово-рослинної діагностики; - внесення мікродобрив; - <u>зниження пестицидного навантаження</u>
Технологічні	- промивання та первинне очищення зібраної плодоовочевої та технічної продукції; - переробка продукції з метою зниження в ній концентрації радіонуклідів
Санітарно-гігієнічні	- дотримання санітарно-гігієнічних та інших вимог, встановлених чинним законодавством; - забезпечення додатковим комплектом спецодягу
Інформаційні	- інформування населення, зацікавлених міністерств і відомств про результати радіаційного контролю та ефективності проведених захисних заходів; - інформування працівників і населення про нові ефективні заходи щодо зниження переходу радіонуклідів у оброблювані культури і готову продукцію; - наукові дослідження; - підготовка та підвищення кваліфікації фахівців сільського господарства; - наочні посібники, публікації, школи, навчання

Ефективність агротехнічних і агрохімічних прийомів, що забезпечують зниження накопичення радіонуклідів у продукції рослин

Технологічний прийом	Ступінь зниження
Обробіток ґрунту (глибока оранка з оборотом пласта)	Знижує накопичення в 1,5-2,0 рази
Вапнування (в дозі 1,5-2,0 Н _г)	Знижує накопичення в 2,0-4,0 рази
Застосування органічних добрив	Знижує накопичення в 1,5-2,0 рази
Застосування фосфорних добрив	Знижує накопичення для ¹³⁷ Cs в 1,0-1,5 рази; для ⁹⁰ Sr - в 1,2-3,5 рази
Застосування калійних добрив	Знижує накопичення для ¹³⁷ Cs в 1,5-3,5 рази; для ⁹⁰ Sr - в 1,2-1,5 рази
Оптимізація <u>примінення азотних добрив</u>	Перевищення оптимальних доз веде до зростання накопичення в рослинах у 1,2- 2,5 <u>раза</u>
Застосування природних сорбентів (цеоліти, глини і ін.)	Ефект нестабільний - як відсутність ефекту або зниження накопичення радіонуклідів у 1,2-3,0 рази
<u>Подбор видів и сортов культур с минимальными уровнями накопления</u>	Зменшення накопичення до 30 разів залежно від виду, до 7 разів залежно від сорту

2. Рекультивація нафтозабруднених земель.

Нафта і нафтопродукти як джерело забруднення земель. За щорічного світового видобутку нафти 2 млрд. 500 млн. т на рік втрачається близько 50 млн. т, або приблизно 2 %.

Під час видобутку, транспортування, переробки та зберігання нафти і нафтопродуктів, а також при розміщенні нафтовмісних відходів відбувається забруднення навколишнього природного середовища вуглеводнями нафти. Техногенні аномалії зосереджені навколо промислових об'єктів і вздовж автотрас. Однак найбільше забруднення довкілля характерне для районів нафтовидобутку.

Техногенні джерела забруднення земель нафтою і нафтопродуктами

Фактори забруднення	Забруднюючі речовини
Місця тривалого розміщення відходів (<u>нафтошламонакопичувачі</u> , ставки- відстійники, мулові майданчики, полігони ТПВ і ТБПВ, <u>біомодулі</u>)	Вуглеводні, біогаз, феноли, важкі метали, <u>водно-нафтові емульсії</u>
Виробничі об'єкти <u>нафтоперекачувальних</u> станцій, лінійних виробничо-диспетчерських станцій, нафтобаз, нафтозаводів, зокрема резервуарний парк, факельні установки, нафтовловлювачі, дренажні ємності, енергетичні та технологічні установки, автотранспорт тощо	Вуглеводні, сажа, солі, феноли, ПАВ, АСПО, СПАР, <u>Pb, Hg, Cd, As, Cr, Mo, Ni, Cu, Be, H₂S,</u> <u>CO, NO_x, SO₂</u>
Аварійні розливи нафти і нафтопродуктів	Алкани, <u>циклоалкани</u> , парафіни, смоли, асфальтени, сірка, сірчаноокислий газ, сульфіді, дисульфіді, <u>тіофени, тіофани</u> , ПАВ, <u>Pb,</u> <u>Cd, Cr, Mo, Ni, Cu, Zn, Mn</u>



Відомо, що трансформація нафти в ґрунті включає 3 етапи:

- 1) фізико-хімічне і частково мікробіологічне розкладання аліфатичних вуглеводнів;
- 2) мікробіологічне руйнування низькомолекулярних структур різних класів і новоутворення смолистих речовин;
- 3) трансформація високомолекулярних сполук (смол, асфальтенів, поліциклічних вуглеводнів).



Для земель сільськогосподарського призначення прийнято такий вміст нафтопродуктів у ґрунті, мг/кг:

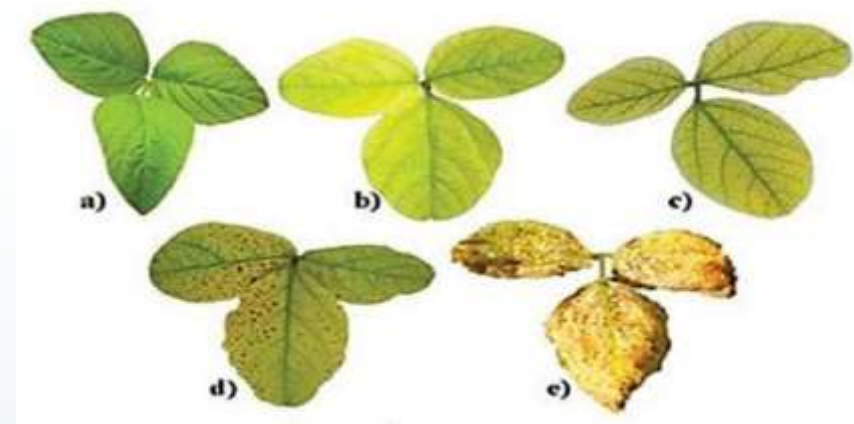
- 1-й рівень рекультивації (низький рівень забруднення нафтою і нафтопродуктами) - 300-1000;
- 2-й (середній і високий рівні забруднення) - 1000-5000;
- 3-й (дуже високий рівень забруднення) - понад 5000; для земель несільськогосподарського призначення:
 - 1-й рівень - 1000-5000;
 - 2-й рівень - 5000-10000;
 - 3-й рівень - понад 10000.

Симптоми токсичності рослин до надмірної кількості важких металів (металоїдів)

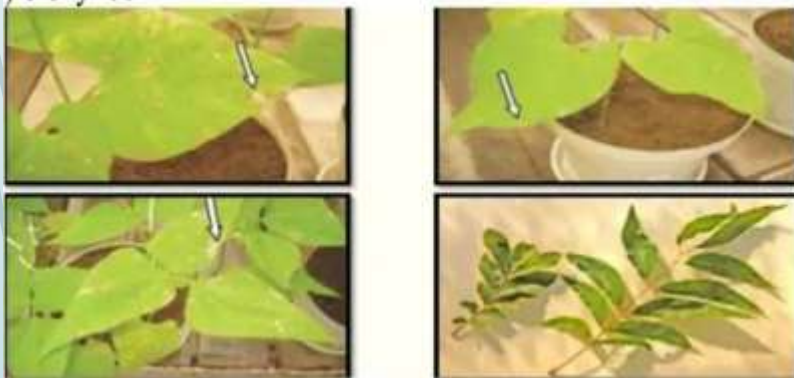
Метал	Ознаки фітотоксичності	Джерело вивчення і узагальнення
Cd	Хлороз, некроз, пригнічення росту та побуріння кінчиків коренів	Wan et al., 2012 ⁴²⁷
Pb	Зменшення подовження коренів і утворення біомаси, а також пригнічення фотосинтезу, біосинтезу хлорофілу та активності ферментів	Orcutt et al., 2000 ⁴²⁸
Cr	Пригнічення проростання насіння та подовження коренів, хлороз листя, в'янення та загибель рослин	Vernay et al., 2007 ⁴²⁹
Al	Пригнічення подовження коренів та поглинання поживних речовин, зменшення біомаси, хлороз листя, пожовтіння та висихання кінчиків листя та почервоніння листкової жилки	Santos et al., 2014 ⁴³⁰
Zn	Пригнічення росту і старіння рослин і хлороз листя	Garder-Torresdey et al., 2014 ⁴³¹
Ni	Хлороз, зниження росту та чергування фотосинтетичної та ферментативної активності	Pavli'kova et al., 2014 ⁴³¹
Hg	Зниження фотосинтетичної активності, антиоксидантних ферментів і поглинання води та порушення активності мітохондрій	Sridhar et al., 2007 ⁴³² ⁴³³ Han et al., 2004 ⁴³⁴
As	Пригнічення проростання насіння, росту рослин, зниження врожайності рослин	Rahman et al., 2007 ⁴³⁵
Cu	Хлороз, затримка росту, а також побуріння листя	Farooqui et al., 1995 ⁴³⁶



Зовнішні ознаки інтоксикації
рослин кадмієм



Зовнішні ознаки інтоксикації
рослин сої а – Zn, b – Mn, c – Cu, d –
Cd, e –
Hg



Ознаки токсичної дії нікелю



Ознаки токсичної дії міді



Рекультивацію земель, що відповідають рівню надзвичайної екологічної ситуації та екологічного лиха, проводять як систему заходів у складі інженерно-екологічної системи. Створення такої системи зумовлене високою рухливістю нафтопродуктів у компонентах геосистеми, особливо в разі тривалого забруднення ґрунтів, та утворенням великих ареалів вільних і зв'язаних нафтопродуктів на кордоні розділу зони аерації та підземних вод. Подібні антропогенні поклади нафтопродуктів формуються поблизу складів паливно-мастильних матеріалів, нафтобаз і нафтопереробних заводів, що спричиняє небезпеку забруднення ґрунтів не лише на суміжних з джерелом територіях, а й гідравлічно пов'язаних із ними підземних і поверхневих вод.

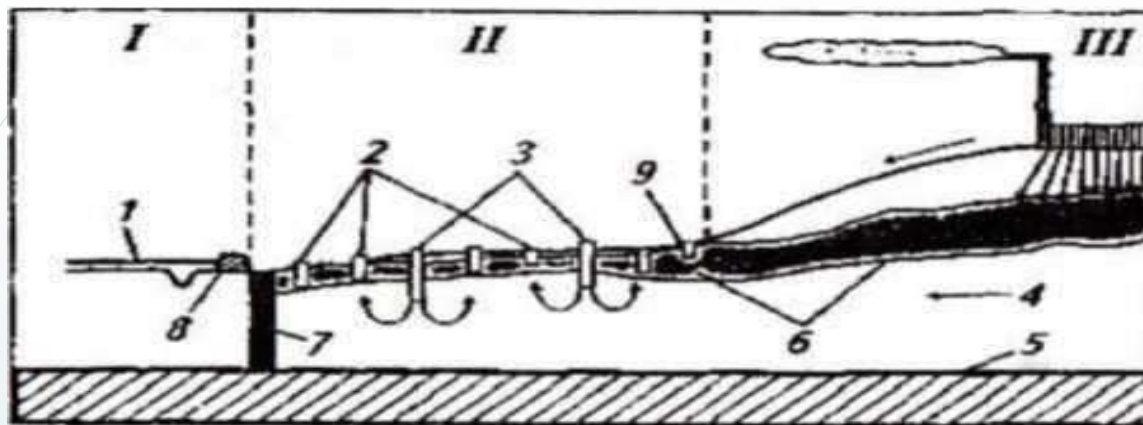


Схема керованої інженерно-екологічної системи з відновлення компонентів природного середовища в зоні дії підприємств нафтохімічної промисловості:

I - зона річки; II - зона рекультивації забруднених земель, локалізації та ліквідації забруднення від нафтопродуктів;

III - зона нафтохімічних підприємств; 1 - паводковий рівень води в річці; 2 - видобувні свердловини; 3 - свердловини для подачі води у водоносний пласт;

4 - приплив підземних вод; 5 - водоупор; 6 - забруднення нафтопродуктами; 7 - протифільтраційна завіса; 8 - огорожувальна дамба;

9 - нагінно-ловчий канал.

3. *Поняття про біологічні-тест системи стану ґрунту.*

Біоіндикація – метод виявлення й оцінки дії абіотичних і біотичних факторів за допомогою біологічних систем. Є два основних методи біоіндикації: пасивний і активний. **Пасивна біоіндикація** – дослідження у вільно живучих організмів видимих або непомітних ушкоджень і відхилення від норми, що є ознаками несприятливого впливу. **Активна індикація**, або, біотестування – дослідження тих же впливів у стандартних умовах на найбільш чутливих до цього фактору істотах – тест-організмах.

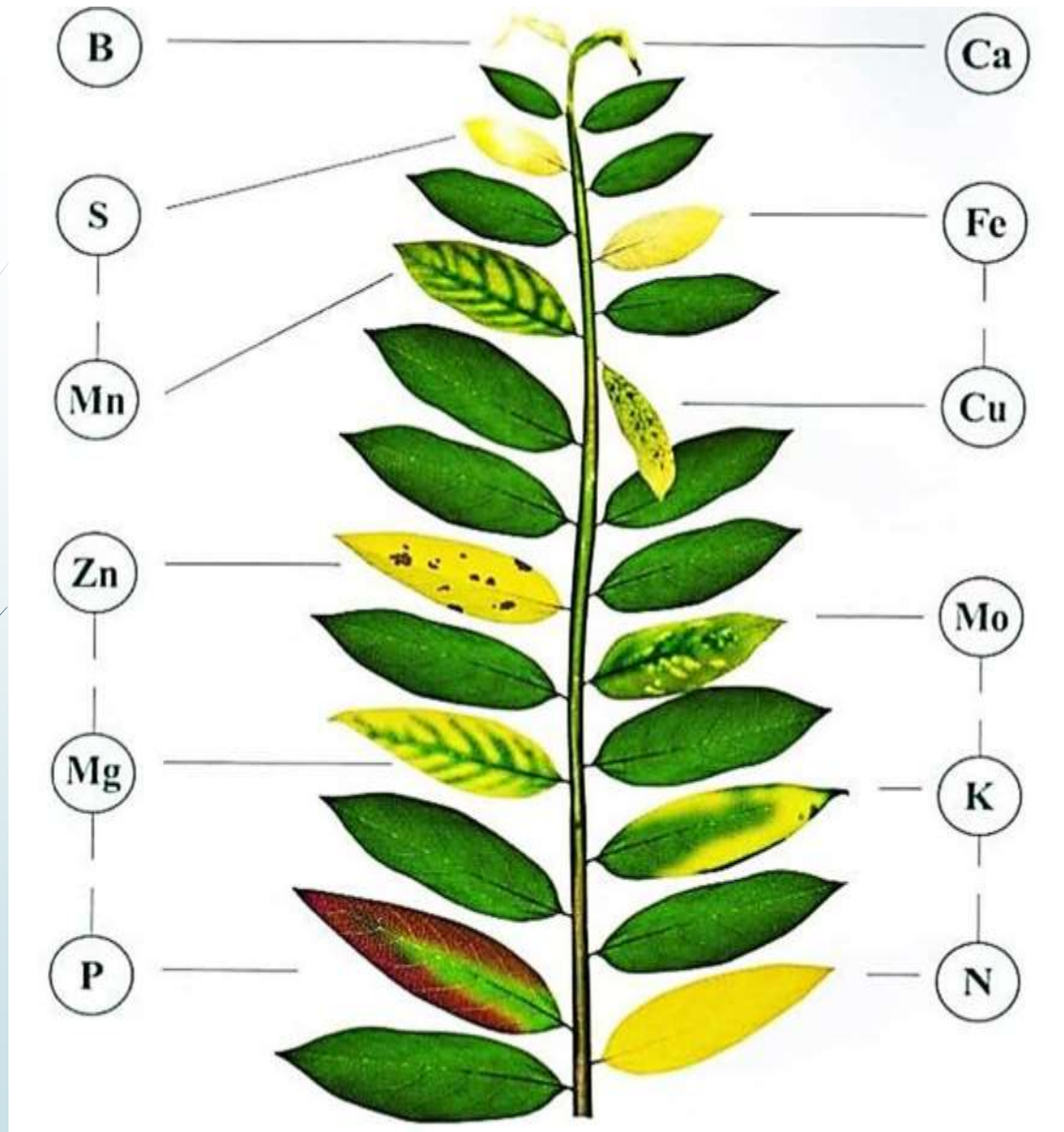
Біоіндикатори, біологічні індикатори – організми, присутність (наявність), кількість або інтенсивний розвиток яких є показником природних процесів або умов зовнішнього середовища. Так, скупчення рибоїдних птахів є показником біоіндикації місць, де водиться риба, за складом планктону можна передбачити, який буде вилов риби. За складом флори і фауни вод можна визначити придатність води для пиття та з'ясувати ефективність роботи очисних споруд. За допомогою індикаторних рослин та мікроорганізмів можна дати орієнтовну оцінку якості ґрунту. Тварин, рослини, мікроорганізми, використовують при космічних дослідженнях як біоіндикатори для з'ясування впливу факторів космічного простору на організми.

Переваги методів біоіндикації:

- мають інтегральний характер;
- Підсумовують усі без винятку біологічно важливі параметри навколишнього середовища і відбивають його стан загалом;
- виявляють наявність у навколишньому природному середовищі комплексу забруднювачів;
- дають змогу оцінити ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи й людини;
- дають можливість контролювати дію багатьох синтезованих людиною сполук;
- в умовах хронічного антропогенного навантаження біоіндикатори можуть реагувати на дуже слабкі впливи через акумуляцію дози;
- фіксують швидкість змін, що відбуваються в довкіллі;
- показують шляхи й місця скупчень різного роду забруднень в екологічних системах і можливі шляхи попадання цих речовин в організм людини;
- допомагають нормувати припустиме навантаження на різні за стійкістю до антропогенного впливу екосистеми, коли однаковий склад і обсяг забруднень може призвести до неоднакових реакцій природних систем у різних географічних зонах;
- роблять необов'язковим застосування дорогих трудомістких фізичних і хімічних методів для виміру біологічних параметрів;
- живі організми постійно присутні в навколишньому середовищі й реагують на короткочасні й залпові викиди токсикантів, що може не зареєструвати автоматизована система контролю з періодичним добором проб на аналізи.

Принципи вибору тест-культури.

1. Простота. Індикатори повинні бути доволі прості й представлені у зрозумілий спосіб, інакше біоіндикація втрачає сенс.
2. Наукова ймовірність. Дані, отримані під час використання індикаторів, мають бути доступними для детального розгляду і забезпечувати можливість подальшої інтеграції та екстраполяції. Результати повинні бути можливими для їх наукового доведення.
3. Технічна досяжність. Індикатор має бути отриманий на основі показників, ознак, які б відповідали вимогам моніторингу, адже вимоги часу і вартості не дають можливості накопичувати необмежену базу даних.
4. Попереджувальна здатність. Індикатор має забезпечити картину не лише наявних умов в екосистемі і тенденції зміни таких умов, а й вказати на можливість деградації до того, як виникне загроза.
5. Просторове висвітлення. Інтерпретаційні обмеження індикаторів мають бути зрозумілими. Індикатори, які виконують функцію забезпечення інформацією на глобальному рівні, не можна безпосередньо використовувати на регіональному чи локальному рівні.
6. Гнучкість. Це торкається таких аспектів, як можливе розширення меж дії індикатора, інтерпретації часових змін, оцінки інших опосередкованих факторів, отримання певної додаткової інформації тощо.



Фітоіндикація нестачі макро- і мікроелементів за станом листків



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту азоту



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту фосфору



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту калію.



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту кальцію



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту магнію



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту сірки



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту бору



Фітоіндикаційні ознаки дефіциту заліза

Мінеральні речовини	Назва рослин
Недолік азоту	Конюшина, дрік фарбувальний, люцерна, астрагал.
Надлишок азоту	Мокриця, калюжниця, кропива дводомна, недоторка, паслін солодко-гіркий, хміль, лопух, лобода біла, пирій, спориш, (горця пташиного).
Надлишок калію	Конюшина
Надлишок фосфору	Портулак, гірчиця
Недолік заліза	В'юнок, подорожник, кульбаба, тисячолістник.
Надлишок кальцію	Багато бобових (наприклад люцерна серповидна),
Недолік кальцію	Щучка (луговик дернистий), квас, сфагнум та ін.

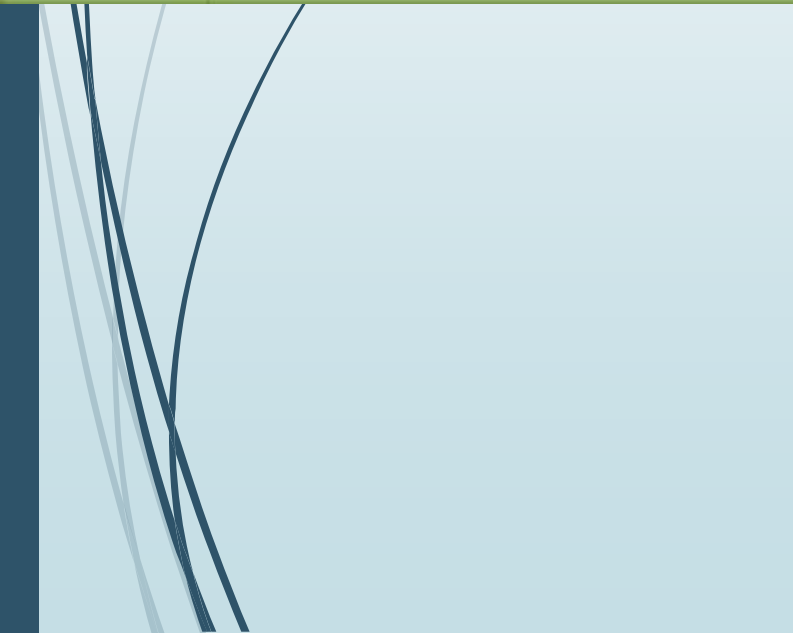
Групування рослин-індикаторів з
рядом тестових показників едафічних
умов

Родючість грунту	Назва рослин
Рослини-евтрофи	
Висока	Кропива, іван-чай, таволга, сніть, чистотіл, копитняк, кислиця, валеріана, чина лугова, лобода біла, мокричник, білокудренник, мокриця.
Рослини-мезатрофи	
Помірна	Майнік дволистий, медунка, дудник, грушанка, гравілат річковий, костриця лучна, купальниця, вероніка довголиста, портулак, берізка польова, кульбаба звичайна.
Рослини-оліготрофи	
Низька	Сфагнові (торф'яні) мохи, наземні лишайники, котяча лапка, журавлина, білоус, ситник ниткоподібний, запашний колосок, коров'як, полин, дика морква, дикий пастернак.
Рослини-еврітрофи	
Байдужі до родючості	Лютик їдкий, гришки, тонконіг лучний.

Група	Назва рослин	рН грунту
Нейтрофіли рослини нейтральних ґрунтів.		
Окололінійні	Снитть європейська, полуниця зелена, лисохвіст луговий, конюшина гірська, конюшина лугова, мильнянка лікарська, аїстнік цікютни, цикорій, м'ят лік луговий.	6,7-7,0
Нейтрально-базифільні	Мати-й-мачуха, пупавка красильна, серповидна, келерія, осока волохата, лядвенець рогатий, гусяча лапка.	7,0-7,8
Базифіли рослини лужних ґрунтів.		
Базифільні	Волошка, гірчак, кермеки, підмаренник, селітряна, бересклет бородавчастий, осот.	7,8-9,0

Групування рослин-індикаторів з
рядом тестових показників едафічних
умов

Назва рослин	Глибина ґрунтових вод
Осока дерниста, осока пухирчаста	0-10 см
Осока лисяча, осока гостра, куничник Лангсдорфа, хвощ болотний, калюжниця болотна	10-50 см
Гадючник в'язолистий, зірочник середній	50-100 см
Мітлиця біла, костриця лучна, горошок мишачий	100-150 см
Конюшина лучна, подорожник великий, пирій повзучий	Понад 150 см



Тип ґрунтів	Назва рослин
Гігрофіти	
Вологі (заболочені)	Морошка, білозір, калюжниця, герань лучна, очерет лісовий, вовче тіло, гірчак зміїний, м'ята польова, чистець болотний.
Мезофіти	
Помірно вологі	Тимофійка лучна, лисохвіст луговий, конюшина лучна, мокриця, портулак, горошок мишачий, волошка фрігійська, копитняк, золота різка, плауни.
Ксерофіти	
Сухі (посушливі)	Котячі лапки, нечуйвітер волохатенький, ковила пірчаста, мучниця, мітлиця біла, наземні лишайники.

Групування рослин-індикаторів за рядом тестових показників едафічних умов



Група	Назва рослин	pH ґрунту
Ацидофіли рослини кислих ґрунтів		
Крайні ацидофіли	Сфагнум, зелені мохи – гілокоміум, дікранум, щавель кінський, молочай, волошка польова, підмаренник чіпкий, білоус, котячі лапки, цетрарія, м'ята, подорожник, горець почечуйний, колосок, іван-да-маря, польовий хвощ, перстач, повзучий жовтець, маргаритка, верес, вероніка дібровна, пікульник.	2,4-4,5
Помірні ацидофіли	Калюжниця болотна, сухоцвіт, жовтець отруйний, мучниця, седмичник, братки, полин, європейський, білозір болотний, сердечник луговий, пікульник, конюшина, живокіст польова, підмаренник чіпкий, їжовник звичайний, кульбаба, пташиний горець, люцерна, мати-й-мачуха, мокриця, осот, нівняк, шипшина, реп'ях, ромашка, пирій.	4,5-6,2
Слабкі ацидофіли	Сфагнум гіркензона, папороть чоловічий, бор розлогий, анемона лютикова, зеленч, дзвіночки широколистий і кропиволистний, купина багатоквіткова, медунка темна, костриця висока, осоки волосиста і рання, горець, пирій повзучий, лобода біла.	6,3-6,5
Ацидофільно-нейтральні	Зелені мохи – гілокоміум, плеврозіум, верба козяча, аїстник цікутний, гришки.	6,5-6,6

4. Системи біоіндикації ґрунтів та земель.

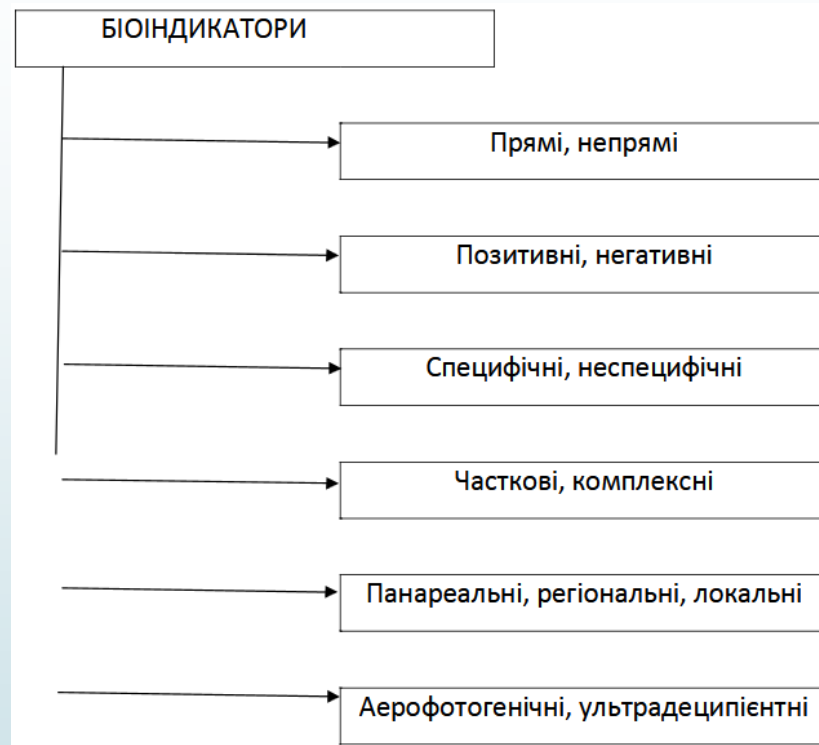
Біоіндикація (грец. *bios* – життя, лат. *indico* – вказую) – це визначення біологічно значущих навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань. Повною мірою це стосується всіх видів антропогенних забруднень.

Головна мета біоіндикації – діагностика стану навколишнього середовища через встановлення здатності організмів до адаптації у відповідних умовах довкілля.

Основні завдання біоіндикації – виявлення організмів та груп організмів- біоіндикаторів, які найбільш чутливі до змін у навколишньому середовищі, які виникли під дією природних і антропогенних факторів, і добір видів-індикаторів із високим порогом чутливості до антропогенних змін.

Перевагою методів біоіндикації перед фізико-хімічними методами є інтегральний характер відповідних реакцій організмів, що:

- підсумовують усі без винятку біологічно важливі відомості про навколишнє середовище і відбивають її стан загалом;
- виявляють наявність у навколишньому природному середовищі комплексу забруднювачів;
- дають змогу визначити ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи й людини;
- дають можливість контролювати дію багатьох синтезованих людиною сполук;
- в умовах хронічного антропогенного навантаження біоіндикатори можуть реагувати на дуже слабкі впливи через акумуляції дози;
- фіксують швидкість змін, що відбуваються в навколишньому середовищі;
- вказують шляхи й місця скупчень різного роду забруднень в екологічних системах і можливі шляхи потрапляння цих речовин в організм людини;
- допомагають нормувати припустиме навантаження на екосистеми, які розрізняються по своїй стійкості до антропогенного впливу;
- роблять необов'язковим застосування дорогих трудомістких фізичних і хімічних методів для виміру біологічних параметрів;
- живі організми постійно присутні в навколишньому середовищі й реагують на короточасні й залпові викиди токсикантів, що може не зареєструвати автоматизована система контролю з періодичним добorem проб на аналізи.



Класифікація біоіндикаторів.

Шкала вірогідності індикатора

Число випадків, у % від загальної кількості		Ступінь вірогідності
індикатор, що виявлений на об'єкті індикації	індикатор, що виявлений поза об'єктом індикації	
100	0	Найвища (абсолютний індикатор)
90	10	Висока (надійний індикатор)
75-89	11-25	Достатня (задовільний індикатор)
61-74	26-39	Низька (сумнівний індикатор)
60	40	Незначна (індикація не можлива)

Для оцінки індикаторної значимості визначають частоту зустрічальності індикатора у відсотках, по величині якої Б. В. Віноградов (1964) запропонував виділяти такі індикатори:

Фонові – зустрічаються на 80-100 % майданчиків об'єкта індикації.

Рясні – зустрічаються на 60-80 % майданчиків об'єкта індикації. **Спорадичні** – зустрічаються на 40-60 % майданчиків об'єкта індикації. **Рідкісні** – зустрічаються на 20-40 % майданчиків об'єкта індикації.

Одиничні – зустрічаються на 5-20 % майданчиків на об'єкта індикації.

Індикатори можуть мати різні спряженість і зустрічальність. З огляду на співвідношення спряженості й зустрічальності, виділяються такі біоіндикатори:

Абсолютні – мають найбільше індикаторне значення. Вони характеризуються високою спряженістю і високої зустрічальністю.

Унікальні – мають високу спряженість і знижену зустрічальність на об'єкті індикації.

Вульгарні – мають низьку спряженість, але високу зустрічальність на об'єкті індикації.



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!