

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою  
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства

**05-01-226М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять та самостійної роботи з навчальної  
дисципліни «Біомоніторинг ґрунтів» для здобувачів вищої  
освіти третього рівня за освітньо-професійною програмою  
«Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія»  
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННІАЗ  
Протокол №2 від 12.10. .2021 р

Рівне – 2021

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Біомоніторинг ґрунтів» для здобувачів вищої освіти третього рівня за освітньо-професійною програмою «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» денної і заочної форм навчання [Електронне видання] / Колесник Т. М., Солодка Т. М. – Рівне : НУВГП, 2021. – 38 с.

Укладач: Колесник Т. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства; Солодка Т. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Відповідальний за випуск: Колесник Т. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувачка кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 201 «Агрономія» Климченко М. О.

## ЗМІСТ

1. Загальні положення .....	3
2. Тематичний зміст навчальної дисципліни.....	5
3. Рекомендації до виконання практичних завдань..	6
4. Рекомендації для виконання самостійної работ.	35
5. Рекомендована література.....	37

© Колесник Т. М.,  
Солодка Т. М., 2021  
© НУВГП, 2021

## 1.ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

**Метою** дисципліни «Біомоніторинг ґрунтів» є надання майбутнім фахівцям знань у галузі вивчення біотестування та біоіндикації – методичних прийомів, заснованого на використанні біологічних тест-об'єктів для визначення характеристик ґрунтів, шляхом реєстрації зміни відповідних показників їх життєдіяльності під впливом використання їх в сільському господарстві.

**Основним завданням** вивчення дисципліни «Біомоніторинг ґрунтів» є ознайомлення з різними підходами до організації біологічного моніторингу, принципами та методами біоіндикації та біотестування, використанням тест-систем в різних умовах антропогенних впливів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни слухачі повинні **знати**:

- особливості біоіндикації та біотестування на різних рівнях організації живої матерії;
- новітні розробки в області біоіндикації та біотестування і перспективні методи біотестування;
- методики проведення моніторингу навколишнього середовища за допомогою біоіндикаторів та формувати системний підхід до оцінки ґрунтових умов на процеси росту та розвитку рослин, гібридів та сортів сільськогосподарських культур.

### **уміти**

- використовувати фундаментальні біологічні закономірності у професійній діяльності.
- використовувати сучасні методи обробки і інтерпретації інформації при проведенні ґрунтових досліджень
- самостійно планувати виконання дослідницького та інноваційного завдання та формулювати висновки за його результатами.

Результатом вивчення навчальної дисципліни є набуття спеціальних професійних компетенцій із запровадження систем біологічного моніторингу ґрунту у виробництво. Загалом набуті слухачами знання мають базуватись на системних підходах, які поєднуються із визначенням біологічно значимих антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань з метою збереження або досягнення оптимального стану за зміни зовнішніх умов. Системи моніторингу, побудовані на основі дослідження поведінки рослин і тварин, дають змогу оцінити біологічні ефекти від впливу антропогенних факторів. У деяких видів рослин і тварин змінюються особливості розвитку (швидкість росту, процес цвітіння, утворення плодів, інтенсивність забарвлення та ін.) у відповідь на різні подразнюючі фактори. Ці властивості людство помітило уже давно і використовувало для практичних потреб. У зв'язку з загальною екологізацією різних наукових напрямів, людського мислення загалом методи біоіндикації усе частіше використовують сучасні науковці, зокрема і в моніторингу навколишнього середовища. Біоіндикація дедалі поширюється, оскільки рослини - індикатори мають такі переваги:

- підсумовують біологічно важливі дані щодо навколишнього середовища;
- здатні реагувати на короточасні й залпові зміни;
- реагують на швидкість змін, що відбуваються в довкіллі;

Біоіндикація використовується як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. Метод біоіндикаторів заснований на дослідженні впливу факторів, що змінюються, на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. У якості біоіндикаторів вибирають найбільш чутливі до досліджуваних факторів

біологічні системи або організми. Зміни в поводженні тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за еталон. Ряд рослин-індикаторів реагує на підвищені або знижені концентрації мікро- і макроелементів у ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць пошуку корисних копалин. Живі індикатори не повинні бути занадто чутливими і занадто стійкими до забруднення. Необхідно, щоб у них був досить тривалий життєвий цикл. Важливо, щоб такі організми були широко поширені по планеті, причому кожен вид повинний бути присвячений до визначеного місцеперебування.

Біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу.

## **2.ТЕМАТИЧНИЙ ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### *Змістовий модуль 1. Наукові основи біологічного моніторингу ґрунтів*

**Тема 1. Вступ. Стан ґрунтового покриву Землі і антропогенний вплив на нього.** Ґрунт як природне утворення. Склад та структура ґрунту. Типологія ґрунтів. Основні форми та показники природних й антропогенних порушень ґрунтів. Стан ґрунтового покриву Землі і антропогенний вплив на нього.. **Тема 2. Основні форми та показники природних й антропогенних порушень ґрунтів.** Проблеми ерозії, опустелювання, засолення, хімічного та радіоактивного забруднення ґрунтів. Шляхи надходження та міграції забруднюючих речовин у ґрунті.

**Тема 3. Особливості екологічних проблем ґрунтового покриву в Україні.** Науково-методичні та нормативно-правові засади моніторингу ґрунтів. Критерії оцінювання моніторингу ґрунтів. Показники та види ґрунтового моніторингу.

**Тема 4. Принципи організації моніторингу ґрунтів** Відбір проб ґрунту. Методики аналізу ґрунту..

*Змістовий модуль 2. Основні індикатори при оцінці ґрунтів*

**Тема 5. Царство бактерії.** Їх використання у біоіндикації. Бактерії-автотрофи. Бактерії-гетеротрофи. Вплив фізичних чинників на мікроорганізми. Вплив хімічних факторів на мікроорганізми.

**Тема 6. Рослини, як індикатори ґрунтів.** Рослини, екологічні групи. Вплив фізичних чинників на рослини. Вплив хімічних факторів на рослини.

**Тема 7. Тварини, як індикатори ґрунтів.** Індикативні групи тварин. Вплив фізичних чинників на рослини. Вплив хімічних факторів на рослини.

**Тема 8. Лишайники.** Їх використання у біоіндикації. Лишайники, біологічна характеристика. Вплив фізичних чинників. Вплив хімічних факторів

### **3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ**

Мета виконання практичних завдань – освоєння здобувачами сучасних підходів до ведення землеробства з врахуванням регіональних кліматичних особливостей та специфіки ґрунтового покриву при використанні сучасних методів оцінки ґрунту для забезпечення високої рентабельності виробництва при збереженні родючості ґрунтів.

Практичні завдання спрямовані на засвоєння здобувачами навичок самостійного обґрунтування комплексу заходів з розробки оптимальної системи моніторингу ґрунтів, яка забезпечить повну реалізацію біологічного потенціалу рослин та ґрунтового покриву, збереження, ефективного відтворення родючості ґрунтів для конкретних регіональних ґрунтово-кліматичних умов з врахуванням спеціалізації конкретного господарства.

### *Практичне заняття 1.*

#### **ВИВЧЕННЯ ОСНОВ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТУ**

**Метою** практичного заняття є вивчити особливості відбору зразків об'єктів навколишнього природного середовища для біоіндикаційних досліджень.

#### **Теоретична частина**

Вибір тест-полігонів. Для проведення біологічного моніторингу довкілля на досліджуваній території повинні бути виділені тест-полігони. Тест-полігони вибираються таким чином, щоб першочергово були досліджені найбільш небезпечні та техногенно-навантажені райони. Відбір проб проводять як в промислових зонах, так і в житлових масивах, віддалених від підприємств.

Загальні вимоги до відбору проб ґрунтів. Відбір проб здійснюється згідно «ГОСТ 17.4.3.01–83. Ґрунти. Відбір проб». Такі методи відбору проб ґрунту застосовуються для оцінки загального та локального забруднення навколо підприємств, поблизу автомобільних трас та ін. При загальному забрудненні ґрунтів ділянки для відбору зразків вибирають у відповідності з координатною сіткою (вказують номер і координати). При локальному забрудненні ґрунтів для визначення пробних ділянок використовують систему концентричних кіл, розташованих на диференційованих відстанях від джерела забруднення (вказують номери кіл і азимут місця відбору

зразків). При дослідженні забруднень ґрунтів проби відбирають пошарово з глибини 0–5; 5–20; 21–40; 41–60 см, в залежності від мети дослідження. Крім того визначається необхідний розмір досліджуваної ділянки, кількість і вид проби.

Максимально допустимі розміри ділянок визначають в залежності від економічних районів країни: в Поліссі – 8 га, Лісостеповій зоні – 25 га, в Степовій – 40 га. В середньому розмір ділянки в Україні дорівнює приблизно 25 га. Для визначення у ґрунтах хімічних речовин розмір ділянки для відбору зразків коливається від 1 до 5 га, де відбирають не менш однієї об'єднаної проби масою не менше 400 г.

Обстеження земель навколо підприємств-забруднювачів та поблизу автомобільних трас. Навколо підприємств-забруднювачів обстеження земель проводиться за системою концентричних кіл, розташованих на відстані 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5; 10 км від джерела забруднення, з урахуванням пануючих вітрів (рис. 1). При відборі проб ґрунту з ділянок уздовж дорожніх смуг враховується те, що газопиловий струмінь автотранспорту викидається в повітря невисоко над ґрунтом, а відстань переносу викидних газів (в тому числі і аерозолів важких металів, сажі та інших речовин) не перевищує 100 м в напрямку пануючих вітрів. Ділянки для відбору зразків довжиною 200–500 м розмічають на відстанях 0–10, 10–50 і 50–100 м від полотна дороги, враховуючи рельєф, ґрунтовий і рослинний покрив, гідрологічні умови місцевості. На кожній з них відбирають 20–25 індивідуальних проб ґрунту для отримання змішаного (середнього) зразка.

Відбір проб ґрунтів для біоіндикаційних досліджень. На першому етапі комплексного моніторингу навколишнього природного середовища із застосуванням



біологічних методів оцінки рекомендується проводити великомасштабні рекогносцирувальні дослідження. Вони повинні бути прив'язані до стаціонарних постів спостереження Держкомгідромету та санітарно-епідеміологічної служби, а також включати найбільш екологічно небезпечні і умовно чисті контрольні території (за рекомендаціями обласних управлінь Міністерства екології та природних ресурсів України, санітарноепідеміологічної служби тощо).

Далі переходять до середньо- та маломасштабних досліджень відносно оцінки стану ґрунтів та інших об'єктів навколишнього середовища за сумарним токсикомутагенним фоном. Такі дослідження, як правило, завершуються картографуванням території за даною ознакою.

Великомасштабне картографування дозволяє встановити орієнтовані рівні мутагенного фону, а середньо- та маломасштабне картографування – диференціювати райони всередині окремих регіонів за ступенем мутагенного впливу та виявити джерела впливу на одиницю площі. При великомасштабному картографуванні за одиницю площі рекомендується приймати ділянку розміром 10000 км<sup>2</sup>, при середньо- та маломасштабному – 1000 і 100 км<sup>2</sup>, відповідно. На кожній одиниці площі повинно бути не менше 10 пунктів спостережень.

У випадку впливу окремих джерел забруднень (підприємств, електростанцій та ін.) на об'єкти навколишнього середовища, рекомендується застосовувати метод концентричних кіл з шагом через 0,5 км (до 2,5 км). При оцінці екологічного стану міста з населенням 1 млн. чоловік бажано поділити його територію на 20 умовних квадратів з виділенням у кожному від 10 до 20 пунктів спостережень залежно від рівня екологічної напруженості.

У кожному пункті проби ґрунту відбирають за правилом «конверта» зі стороною 10–100 м. Об'єднана проба ґрунту формується з 9–12 проб, розміщується у відповідну тару, на яку ставиться печатка та наклеюється етикетка із супровідною відомістю. Періодичність обстеження ґрунтів встановлюється диференційовано (з урахуванням особливостей території) – в середньому через кожні 5 років. Зазначений термін може бути збільшений, якщо різниця між показниками попереднього обстеження не істотна.

Відбір проб з водних джерел. Зразки з водних джерел (річки, озера тощо) відбирають згідно з «ДСТУ ISO 5667-6-2001 Якість води. Відбір проб. Частина 6». Проби води з річок та інших водотоків відбирають на відстані 3–5 м від берега в чисті скляні пляшки та зберігають у холодильнику до проведення дослідів. Якщо проби відбирають зі свердловин, то зразок води наливають у пляшки після 1–2 хвилинного зливу води.

Відбір проб пилку рослин. Відбір пилку кожного досліджуваного виду рослин проводять одночасно в усіх точках спостереження. З кожної моніторингової точки у суху погоду збирають готові до розкриття бутони квітів (від 30-ти рослин кожного виду) У деревинних та чагарникових рослин відбирають біопробы з неушкоджених, здорових паростків середнього ярусу крони південної орієнтації, а у трав – з рослин, зростаючих у територіальному центрі мікропопуляції індикаторів. Рослини повинні бути добре розвинуті і не мати ознак пригнічення. Досліджують у кожній пробі від 1000 до 3000 клітин, серед яких виділяють стерильні та фертильні.

### **Завдання**

1. На основі сукупності наукових праць, опублікованих за останнє десятиріччя, визначити основні тенденції біологічного моніторингу ґрунтів. Зрозуміти

особливості відбору зразків об'єктів навколишнього природного середовища для біоіндикаційних досліджень. Які перспективні методи досліджень ґрунтів є найбільш доцільними в аграрному секторі України.

2. Розробити пропозиції по відбору зразків об'єктів навколишнього природного середовища для біоіндикаційних досліджень для господарств в різних зонах та спеціалізацій

### **Питання для самостійної роботи.**

1. Основні принципи функціонування ДСМД
2. Основні нормативні акти, що регламентують моніторинг ґрунтів
3. Роль та функціональні обов'язки в розрізі моніторингу ґрунтів, таких установ як Державна гідрометеорологічна служба (МНС), Державна екологічна інспекція (Мінприроди), установи МОЗ, установи Мінагрополітики.

### ***Практичне заняття 2.***

## **БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ**

**Метою** практичного заняття є вивчити особливостей методів біоіндикаційних досліджень ґрунтів.

### **Теоретична частина**

Роль ґрунтового покриття в біосфері і господарській діяльності людини загальновідома. Тим більшого значення набуває своєчасно обґрунтована оцінка якісного стану ґрунтів. Своєчасна діагностика ґрунтів використовує досягнення різних розділів ґрунтознавства (мінералогії, морфології, фізики і хімії). Треба враховувати, що фізичні і хімічні показники характеризують відносно консервативні ознаки і властивості ґрунтів, які потребують тривалого часу для свого проявлення. Крім того, визначення відповідних показників вимагають використання досить працемістких і дорогих методик, а отримані результати не

завжди адекватно відображають ступінь впливу поллютантів на таку складну систему, як ґрунт. Біологічний спосіб індикації стану навколишнього середовища і його компонентів (у тому числі і ґрунту) включає ботанічні, зоологічні, мікробіологічні та біохімічні методи.

### БОТАНІЧНІ МЕТОДИ ІНДИКАЦІЇ І ДІАГНОСТИКИ (МЕТОДИ ФІТОІНДИКАЦІЇ).

Фітоіндикація заключається в використанні як рослинного покриву, так і окремих видів в якості показника (індикатора) стану досліджуваних компонентів середовища. Перші записи о рослинах-індикаторах можна зустріти у „батька” ботаніки – Теофраста (IV...III вв. до н.е.). У стародавніх римлян був вислів: „Гірку землю впізнають за чорною, звироднілою травою, холодну – за тією, що криво зростає, вологу – за некрасивою” (Катон Старший, III...II вв. до н.е.) Російський ботанік Б.Виноградов розподілив індикаторні ознаки рослин на флористичні, морфологічні, фізіологічні і фітоценотичні. Флористичні ознаки відображують відмінності у флористичному складі досліджуваних ділянок. Вони є наслідком пристосування окремих видів рослин до певного комплексу екологічних умов. Індикаторні властивості виявляються як в наявності, так і у відсутності того чи іншого виду. Накопичення великого фактичного матеріалу дозволяє судити про ступінь гідроморфності, засоленості, кислотності або лужності, а також про збагачення ґрунтів поживними елементами. Наприклад, по відношенню рослин до кислотності ґрунтів (рН) встановлені групи рослин, що пристосовані до певних значень рН. На дуже кислих ґрунтах з рН 3,0...4,5 ростуть журавлина крупноплідна, в'юнок польовий, хвощ польовий, щавель. Слабокислі ґрунти з рН 4,5...6,0 можна визначити за чорниця, брусниця, багно, калюжниця болотна. Окрему групу складають рослини нейтральних ґрунтів, які добре

розвиваються при рН 6,0...7,3: яглиця європейська, полуниця зелена, конюшина: гірська, лучна, цикорій тощо. До засолених ґрунтів пристосовані рослини – галофіти (верблюжа колючка, саксаул, деякі види полину), на незасолених територіях ростуть гликофіти. По відношенню до гранулометричного складу ґрунтів рослини поділяються на псамофіти (рослини пісків) і пелітофіти (рослини глини). На каменистих і щебенистих субстратах ростуть рослини–петрофіти (наприклад, каменеломка). Прикладом індикатора збагачених поживними речовинами ґрунтів є кропива. Морфологічні ознаки виявляються в змінах забарвлення і форми листків, будови кореневої системи, ширини річних кілець дерев; в особливостях будови тканин і окремих кліток

Данні про зовнішній прояв деяких з вказаних ознак подані у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Зміни морфологічних ознак рослин при порушенні поживного режиму ґрунту

Елемент	Симптоми дефіциту N	Рослини
Рост	відстають у рості, листки дрібнішають, стають блідозеленими, потім темними і відмирають.	P2O5
Листки	Листки становляться вузькими, набувають синювато-зеленого, фіолетового і навіть червонуватого кольору.	K2O
Забарвлення	Листя темно-зелене з блакитним відтінком.	Са
Ріст	Затримується ріст коренів; скручуються листя, на них з'являються хлоротичні плями.	Mg
Міжжилкове	пожовтіння старих листків, їх відмирання і опадання	Fe
Листя	Листя плодкових і молодих дерев, а також хвоя становляться жовтуваті, навіть білі.	Cu
Хлороз	(побіління) і загортання листків унаслідок відмирання їх кінчиків; посилення кущення.	Zn
Короткі міжвузля	і хлоротичні області в старих листках, дрібні жовті крапки.	При вирощуванні ячменю на ґрунтах, засмічених міддю, його листки втрачають нормальне забарвлення і стають хлоротичними. Подібна реакція спостерігається у рослин ячменю, помідорів і картоплі при надлишку бору. При

надмірній кількості марганцю листя ячменю і стебла картоплі покриваються бурими плямами і т.д. Фізіологічні ознаки передбачають облік особливостей хімічного складу і обміну речовин (пігменти, білки, жири, розмір осмотичного тиску, водоутримуюча здатність, інтенсивність транспірації). Фітоценотичні ознаки пов'язані з особливостями структури рослинного покриву (рясність і розсіяність, ярусність, мозаїчність).

**ГРУНТОВО-ЗООЛОГІЧНА ІНДИКАЦІЯ** Ще у 1837 р. Чарльз Дарвін, спостерігаючи за життєдіяльністю дощових черв'яків, вважав, що для ґрунту термін "тваринний шар" не менш виправданий, ніж звичайно застосований „рослинний шар". В середині 20 століття академік М.С.Гіляров прийшов до висновку про доцільність використання тварин, що живуть у ґрунті, для діагностики ґрунтових умов і напрямку ґрунтоутворного процесу під впливом господарської діяльності людини. Структура тварин, що живуть у ґрунті, а саме такі її показники, як загальна кількість безхребетних, їх трофічні групування, видовий склад і, особливо, кількісні сполучення окремих груп ґрунтових тварин, можуть служити досить вірогідними критеріями для ландшафтної характеристики регіонів. Зоомаса мезофауни (тіл великої кількості комах, хробаків, багатоніжок та інших ґрунтоутворювачів) є активним компонентом ґрунтоутворного комплексу. У певній мірі вона може бути характеристикою особливостей ґрунтоутворного процесу. Для багатьох ґрунтів показники чисельності безхребетних і їх зоомаси, вираженій у г/м<sup>2</sup> або кг/га, вірогідно корелює з утриманням гумусу. Реакції поведінки різних представників тваринного світу також можуть бути індикаторами стану навколишнього середовища і окремих його компонентів. Наприклад, у дослідях по впливу на бджіл інсектициду дельтаметрину було встановлено, що

при дозі у 27 разів меншій за ЛД50 бджоли втрачали просторову орієнтацію. Вони не поверталися до улів через 30 с після контрольного випуску, що в тричі перевищує середній час повернення контрольних особин. Своєрідним індикатором може бути продуктивність сільськогосподарських культур, що характеризується кількістю біомаси на одиницю площі.

**МІКРОБІОЛОГІЧНА ІНДИКАЦІЯ** Серед біологічних методів індикації найбільш чутливими є мікробіологічні, що пояснюється особливостями мікробіоти, які обумовлені виключно високою чутливістю мікроорганізмів до будь-яких змін стану природного середовища і його компонентів. В останні роки значну увагу приділяють індикації стану екосистем, що зазнають антропогенного забруднення. При цьому вивчають такі показники, як біохімічні, фізіологічні і морфологічні зміни мікробіоти; динаміка чисельності мікроорганізмів; видовий склад; інтенсивність функціонування; мутагенні ефекти і т.д. Зміни морфологічних і біохімічних ознак всередині виду досить адекватно відображують порушення у стані навколишнього середовища. Так, при наявності в ґрунті високих доз свинцю (більше 8000 мг/кг) змінюється морфологічна будова *V. muscoides*. Скручені, хвилясті гіфоподібні вирости розпрямляються й становляться витягнутими. В цих же умовах змінюється енергія проростання мікроскопічних грибів. Вона знижується приблизно у п'ять разів. Замість 2...3 діб, по проходженню яких гриби проростають у нормальних умовах, тривалість покою збільшується до 10...15 діб. Для цілей індикації цікавими є показники наявності у ґрунті різних біологічно активних речовин, у тому числі мікотоксинів – продуктів життєдіяльності мікроорганізмів. Необхідно відзначити, що використання біоіндикації і біотестування в агроєкології для аналізу і оцінки стану агроєкосистем не

повинне обмежуватись лише виявленням потенційних забруднюючих речовин. За допомогою біодіагностики можна оцінювати ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур, збереження стійкості агроєкосистем, їх біологічного і генетичного різноманіття.

### **Завдання**

1. Порівняйте біологічний і хімікоаналітичний методи еколого-токсикологічної оцінки забруднення навколишнього середовища.. Які існують методи біоіндикації стану екосистеми ґрунту.

2. Назвіть основні групи індикаторних ознак рослин.

### **Питання для самостійної роботи.**

1. Зміна кислотності ґрунтів, рослини-індикатори кислотності і багатства ґрунтів.

2. Механічний склад ґрунтів, літоіндикатори.

3. Показники та індикатори ґрунтової родючості.

4. Індикація засоленості ґрунтів.

5. Індикація типів ґрунтів.

### *Практичне заняття 3.*

## **ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТІВ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ ЗМІН**

**Метою** практичного заняття є навчитися оцінювати якість ґрунтів за допомогою тестів «Аберантність хромосом» та «Величина мітотичного індексу» в меристематичних клітинах індикаторних рослин.

### **Теоретична частина**

Токсичність — це отрутість, здатність деяких хімічних елементів та сполук, а також речовин біогенної природи, чинити негативний вплив на організм людини, тварин, рослин, грибів і мікроорганізмів. Такі речовини називають токсикантами. Мутагенність — це здатність викликати мутації, тобто спадкові зміни структури молекул ДНК, що змінюють морфологічні та (або)



фізіолого-поводжувальні ознаки організмів. Якщо під впливом деяких речовин у живих організмів виникають мутації – це мутагени. Меристема (від грец. meristos – ділений) – це утворювальна тканина рослин, що довго зберігає здатність до ділення та виникнення нових клітин, а також відрізняється високою метаболічною активністю. Відомо, що 32 меристематичні клітини, які активно поділяються, дуже вразливі до дії будь-яких негативних факторів.

Якщо в ґрунті та воді присутні токсиканти, інтенсивність клітинного поділу в меристемах індикатора пригноблюється. Тобто, зниження величини мітотичного індексу в клітинах рослини свідчить про токсичність ґрунту або води. Якщо в досліджуваних зразках присутні мутагени, у меристематичних клітинах фітоіндикаторів виникають хромосомні аберації (від лат. aberratio – відхилення) – патологічні, аномальні фігури мітозу. Це кільця і фрагменти в метафазах, мости і фрагменти в анафазах і телофазах, а також злипання і пульверизація хромосом у метафазі.

Між величиною мітотичного індексу і частотою зустрічаємості хромосомних аберації існує сильний зворотно пропорційний зв'язок. Тобто, якщо мітотичний індекс знижується, кількість клітин з хромосомними патологіями зростає, і навпаки. Тому низький мітотичний індекс, водночас із високим рівнем зустрічаємості хромосомних аберацій, свідчить про токсикомутагенну активність ґрунту чи води. Під мутагенним фоном розуміється сукупність фізичних, хімічних і біологічних мутагенних факторів природного чи антропогенного походження, від спільного впливу яких залежить рівень мутаційної мінливості організмів на даній території. Токсико-мутагенний фон визначають за загально-токсичними і мутагенними проявами у клітинах

біоіндикаторів, що виникають під впливом шкідливих факторів, присутніх в навколишньому середовищі. Для біоіндикації токсикантів та мутагенів в ґрунтах чи водних джерелах найбільш широко застосовується цитогенетичний аналіз клітин таких тестоб'єктів, як сільськогосподарські рослини – *Allium cepa* L. (цибуля звичайна), *Pisum sativum* (горох), *Vicia Faba* (боби), *Sinapis alba* (гірчиця біла), *Triticum sativum* (пшениця) та ін. Класичним об'єктом для вивчення цитогенетичного впливу фізичних, хімічних та інших факторів навколишнього середовища є меристематичні клітини первинних корінців цибулі звичайної – *Allium cepa* L.

Опис методу. Для визначення токсико-мутагенної активності зразків різних субстратів (води, мулу, суспендованих у воді зразків ґрунту та ін.), на них проводять пророщування насіння цибулі на фільтрувальному папері в чашках Петрі при температурі 25°C. При оцінці якості проб ґрунтів в чашку Петрі кладуть аркуш фільтрувального паперу, на який насипають 1 грам висушеного та подрібненого ґрунту і рівномірно розподіляють по чашці. Потім ґрунт зволожують 5 мл дистильованої води і на нього висаджують по 50 насінин індикаторної рослини. При оцінці якості водних зразків в чашку Петрі кладуть аркуш фільтрувального паперу, зволожують його 5 мл проби водного зразка і також висаджують по 50 насінин. Через кожні шість годин проводять провітрювання, відкривши на кілька хвилин чашки. Дослід триває 72 години. В якості контролю використовується дистильована вода. При появі первинних корінців довжиною 7-9 мм, їх фіксують в ацетоалкоголі протягом 1 години, а потім переносять у етанол 70° концентрації для зберігання. Фіксатор готують шляхом змішування 96° етилового спирту і крижаної оцтової кислоти у співвідношенні 3:1 безпосередньо перед

фіксацією біооб'єктів. Фарбування корінців проводять реактивом Шиффа за Фельгеном з попереднім гідролізом у 0,1 н соляній кислоті при температурі 60°C. Після фарбування біопроби промивають у трьох порціях сірчаних вод і закріплюють фарбування під проточною водою. Пофарбовані корінці зберігають у 70° етиловому спирті. Цитологічні препарати готують із 1 мм кінчиків корінців (меристем), поміщених у краплю 45%-ної оцтової кислоти. Препарат накривають накривним склом для отримання монослою клітин. Краї покривного скла заливають розплавленим парафіном. Препарат готовий до мікроскопічних досліджень. Приготовлений таким чином препарат використовують для мікроскопічного аналізу на мікроскопі («Біолам» Р-14) зі збільшенням 15х60. На цитологічних препаратах враховують усі фігури мітозу: профазу, метафазу, анафазу, телофазу, що зустрічаються серед 5-6 тис. переглянутих меристематичних клітин.

Величину мітотичного індексу визначають як відношення кількості клітин, що діляться, до загальної кількості переглянутих клітин, та виражають у промілях

$$MI = m/n * 1000 \quad \% \quad (4)$$

де n – кількість досліджуваних клітин; m – кількість клітин, що діляться.

Абсолютний розкид визначається за

$$\text{формулою Абсолютний розкид} = MI \cdot A, \% \quad (5)$$

де A – відносна помилка, яка визначається за формулою  $A = 1,385 * 2(n-m)/n * m$

де 1,385 – коефіцієнт при вимірах більше 100. Зниження мітотичного індексу, в порівнянні з контролем, вважається результатом загально-токсичної дії забруднювачів ґрунтів.

На цих же препаратах враховуються клітини з аберантними (патологічними) хромосомами:

Загальну аберантність хромосом визначають у відсотках за формулою  $\text{Абер хром} = G/m \cdot 100, \%$  (6)  
де G – кількість аберантних клітин; m – кількість клітин, що діляться.  $\text{УПУ} = (\text{МІ зразок} - \text{МІ контроль}) / (10 \text{ Абер.хром. зразка} - \text{МІ контроль})$

#### Шкала оцінювання екологічної ситуації

Діапазон числових значень УПП	Рівень ушкодження біосистем	Стан біосистем
0,000 ÷ 0,150	Низький	Сприятливий
0,151 ÷ 0,300	Нижче середнього	Насторожуючий
0,301 ÷ 0,450	Середній	Конфліктний
0,451 ÷ 0,600	Вище середнього	Загрозливий
0,601 ÷ 0,750	Високий	Критичний
0,751 і вище	Максимальний	Небезпечний

#### Результати досліджень

Місце відбору зразків	Кількість досліджених клітин	Кількість клітин, що діляться за фазами мітозу / з них аберантних		
		метофаза	анафаза	телофаза
Схід	5600	107/18	66/25	291/0
Південь	4800	100/53	43/27	119/4
Контроль (дистильована вода)	9600	256/15	232/10	388/10

#### Завдання

Виконати оцінку якості ґрунтів, що прилягають до промислового об'єкта, за результатами тестів «Величина мітотичного індексу» та «Аберантність хромосом» у меристематичних клітинах *Allium scera* L..

#### Питання для самостійної роботи.

1. Суть молекулярно-генетичного моніторингу.
2. Значення генетичних ресурсів

3.ДНК-маркери, їх значення

#### *Практичне заняття 4.*

### **ОЦІНКА СТАНУ ГРУНТІВ НА ОСНОВІ ЗООПОКАЗНИКІВ**

**Метою** практичного заняття є навчитися оцінювати екологічний стан ґрунтового покриву на досліджуваній території за зміною видового біорізноманіття безхребетних тварин.

#### **Теоретична частина**

Для дослідження стану ґрунтового покриву використовуються переважно представники мезо- і макрофауни. Мезофауна об'єднує різноманітну і численну частину ґрунтового тваринного населення з розмірами, які дозволяють бачити цих тварин неозброєним оком, або під лупою, і збирати вручну. Основну масу мезофауни складають членистоногі: дрібні види комах, багатоніжки-сімфіли, мокриці, павуки, а також дрібні черви енхітреїди. Живуть вони в ґрунтових порожнинах і здатні до вертикальної міграції по пустотах і крупних порах. Макрофауна представлена в ґрунті дощовими хробаками, багатоніжками і личинками комах. Для них ґрунт виступає у якості щільного середовища, при пересуванні в якому необхідно активно прокладати собі ходи. Ці тварини риють норки, або ж просуваються по природним пустотам, розширюючи їх простір. Опис методу. Вибірка тварин проводиться за методом ґрунтових розкопок. Розміри обраної пробної площадки залежать від ступеня зволоженості ґрунту (найчастіше 0,5×0,5 м, в сухих районах до 1-2 м<sup>2</sup> ). Чим більше закладено ґрунтових розкопок, тим точніше виявлення видового складу та кількості тварин. Відстань між розкопками 5-10 м. Глибина розкопок складає 30-50 см, в сухих місцях на легких ґрунтах – до 100 см і більше. Ґрунт вибирається

пошарово. Розкопки проводять наступним чином: визначають розміри майданчика, забивають по кутах кілочки, натягують між ними мотузку. Потім від кордонів відведених майданчиків прибирають опад та підстилку (якщо проба береться у лісі) або суху землю поверхневого шару. Поруч з майданчиком поміщають клейонку або щільну тканину, на яку кладуть вибраний з розкопки ґрунт. Спочатку з майданчика знімають опад та інші рослинні залишки, які ретельно вручну перебирають, враховуючи всіх знайдених при цьому тварин, а траву вищипують для того, щоб полегшити розбірку ґрунту з верхнього шару. Тварин, знайдених на поверхні ґрунту, враховують окремо від тих, яких вибирають безпосередньо з нього. Після видалення розібраних рослинних залишків приступають до викопування ґрунту лопатою. Невеликі порції ґрунту, що викидаються на розкладену поруч з майданчиком клейонку, ретельно перетираються руками, розбиваються великі грудки, розривається дерновини. Весь ґрунт з шару порція за порцією перетирають між долонями, ретельно вибираючи тварин. Тварин збирають окремо з кожної проби і кожного шару. Кількісно видове різноманіття (ВР) характеризують за допомогою індексів. Найбільш широко використовують індекс Сімпсона, при обчисленні якого використовують чисельність організмів  $i$ -го виду  $n_i$ , знайдених на майданчику біоіндикації, і загальну чисельність всіх видів  $N$ . Методика забезпечує виявлення зон екологічних аномалій на місцевості з імовірною помилкою не більше 20%. Величина похибки гарантується при дотриманні наступних норм біоіндикації: - кількість майданчиків, що обстежуються – 3-5; - розмір площадки біоіндикації ґрунтового покриву не менше 1 м<sup>2</sup>; - розміри ґрунтової прикопки: 0,25×0,25 м на глибину зустрічальності безхребетних 20 см. Індекс Сімпсона розраховується за формулою  $D_i = 1 / (P_1^2 + \dots + P_i^2)$ , (8.1)

де  $D_i$  – індекс Сімпсона, розрахований для кожної площадки біоіндикації;  $P_1...P_i$  – частка кожного виду в сумарному біорізноманітті, взятому за одиницю.

$P_i$  розраховують таким чином:  $P_i = n_i/N$ , де  $n_i$  – чисельність  $i$ -го виду на майданчику біоіндикації;  $N$  – загальна чисельність всіх видів на майданчику біоіндикації. Відносний показник видового біорізноманіття на майданчику біоіндикації досліджуваної території розраховують за формулою:  $D_i = D_i / D_{\text{контроль}}$

Для проведення оцінки необов'язково використовувати дані по всій фауні, можна обмежитися аналізом характерних груп видів, за якими отримана надійна інформація. Шляхом порівняння отриманих значень відносного показника видового біорізноманіття з критеріальними параметрами (табл. 1), отримуємо оціночний показник екологічної обстановки на досліджуваній території.

Критерії оцінки екологічного стану ґрунтового покриву

Показник	Параметр		
Відносні зміни видового біорізноманіття, $D_i$	Екологічне лихо	Надзвичайна екологічна ситуація	Відносно задовільна ситуація
	менше 25	25-50	більше 50

#### Результати досліджень

Номер прикопки	Дошові черв'яки		Молюски		Павукоподібні		Комахи	
	к	д	к	д	к	д	к	д
1	9	9	5	2	5	5	5	4
2	10	8	6	2	4	3	4	1
3	8	8	4	1	7	1	1	2

Примітка: К – контроль; Д – дослід.

## **Завдання**

Виконати оцінку якості ґрунтів , шляхом порівняння отриманих значень відносного показника видового біорізноманіття з критеріальними параметрами.

### **Питання для самостійної роботи.**

- 1.Формування системи зопоказників оцінки ґрунтів
- 2 Зоо-маркери, їх значення

## **Практичне заняття 5.**

### **ОЦІНКА СТАНУ ГРУНТІВ НА ОСНОВІ МІКРОФЛОРИ**

**Метою** практичного заняття є ознайомитись з ґрунтом як продуктом та середовищем існування мікроорганізмів; визначити основні етапи та особливості аналізу ґрунту.

### **Теоретична частина**

Ґрунт є природним середовищем існування мікроорганізмів. Цьому сприяє достатня кількість вологи, органічних та мінеральних речовин, із природних субстратів ґрунт найбільш заселений мікроорганізмами, які складають його постійну мікрофлору. Санітарно-гігієнічна роль цієї мікрофлори величезна. Ґрунтові мікроорганізми приймають участь у мінералізації органічних відходів, самоочищенні ґрунту, в кругообігу речовин у природі. У ґрунт з виділеннями хворих, а також з трупами людей та тварин, які загинули від інфекційних хвороб, із стічними водами потрапляють патогенні мікроорганізми. У зв'язку з цим ґрунт може служити джерелом розповсюдження збудників інфекційних захворювань. Через нього може відбуватися забруднення сапрофітними та патогенними мікроорганізмами сировини, харчових продуктів, кормів. Тому відходи, які потрапляють у ґрунт, повинні підлягати очищенню та знезараженню. Санітарний стан ґрунту оцінюють за



мікробіологічними показниками. Мікрофлора ґрунту Кількісний та видовий склад мікрофлори ґрунту зумовлений вмістом у ньому органічних речовин, вологи, рН, температурою, кліматичними умовами, способом обробки тощо. Зі збільшенням кількості органічних речовин, як правило, зростає і кількість мікроорганізмів. Органічні речовини є джерелом живлення для більшості ґрунтових бактерій. Загальний запас органічних речовин ґрунту досягає 400 т на 1 га, і переважно знаходиться у поверхневому шарі (до 30 см) ґрунту. За узагальненими даними Д. Г. Звягінцева сира маса бактерій в орному шарі різних ґрунтів коливається від 0,5 до 15 т/га, мікроскопічних грибів – від 5 до 20 т/га. Найбільш багаті мікроорганізмами чорноземні, каштанові, сіроземні та спеціально оброблені ґрунти. Кількість бактерій в 1 г таких ґрунтів іноді досягає декількох десятків мільярдів. Бідні мікрофлорою піщані, гірські та позбавлені рослинності ґрунти. Але навіть у пісках пустель кількість бактерій досягає 10-100 тис. в 1 г. Розподіл мікробів у ґрунті нерівномірний. На поверхні і в шарі товщиною 1-2 мм мікроорганізмів відносно мало, незважаючи на їхнє постійне надходження до ґрунту. Це пояснюється згубною дією ультрафіолетового випромінювання сонця та висушування. Максимальна кількість бактерій у ґрунті міститься на глибині 10-20 см. Починаючи з глибини 1-2 м кількість їх різко зменшується і на глибині 4-5 м мікроорганізми виявляються в дуже малих кількостях. Вода, яку отримують із артезіанських свердловин, практично стерильна, що можна пояснити фільтраційними властивостями ґрунтових грудочок і відсутністю для живлення бактерій необхідних органічних сполук. Чисельність мікроорганізмів зазнає сезонних коливань: весною кількість збільшується, досягаючи максимуму на початку літа, в розпалі літа 49 49 – зменшується в

результаті найбільш активного впливу сонячних променів, восени – знову збільшується, і знижується взимку. Ґрунт заселений найрізноманітнішими автотрофними та гетеротрофними, аеробними та анаеробними термо-, мезо- та психрофільними мікроорганізмами. У складі мікрофлори ґрунту прийнято виділяти так звані фізіологічні групи мікроорганізмів, які приймають участь у різних процесах і на різних етапах поступового розщеплення органічних речовин.

1. Бактерії-амоніфікатори – гнилісні мікроорганізми, які викликають гниття залишків рослин, трупів тварин, розщеплення сечовини. У процесі гниття приймають участь аеробні спороутворюючі бактерії роду *Bacillus* – *B. subtilis*, *B. mesentericus*, *B. cereus*, *B. megaterium*, аспорогенні аероби та факультативні анаероби *Serratia marcescens*, бактерії роду *Proteus*, *Pseudomonas fluorescens*, анаеробні бактерії роду *Clostridium* – *C. sporogenes*, *C. putrificum*, *C. perfringens*, уробактерії, які розщеплюють сечовину – *Urobacillus pasteurii*, *Sarcina ureae*, гриби родів *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*.

2. Нітрифікуючі бактерії родів *Nitrosomonas* та *Nitrobacter*. Представники роду *Nitrosomonas* окислюють аміак, який утворюється в результаті життєдіяльності амоніфікуючих бактерій, до азотистої кислоти, утворюючи нітриту. Під дією бактерій роду *Nitrobacter* азотиста кислота окислюється до азотної кислоти в нітрати.

3. Азотфіксуючі бактерії. Вільноживучі азотфіксуючі бактерії роду *Azotobacter*, симбіотичні бульбочкові бактерії роду *Rhizobium* та деякі інші, здатні засвоювати із повітря атмосферний азот і у процесі життєдіяльності утворювати із молекулярного азоту білки та інші органічні сполуки азоту, які використовуються рослинами.

4. Бактерії, які розщеплюють клітковину, викликають різні види бродіння, що відбуваються при розщепленні мікроорганізмами органічних 50 50 сполук

вуглецю (молочнокисле бродіння, спиртове, маслянокисле, оцтовокисле, пропіоновокисле, ацетонобутилове та інші). 5. Бактерії, які приймають участь у кругообігу сірки, заліза, фосфору та інших елементів – сіркобактерії, залізобактерії тощо, різноманітні види яких здійснюють окислення та відновлення цих сполук у природі. Зміни мікробних біоценозів у ґрунті залежать від родючості, добових та сезонних коливань температури і вологості. У родючому ґрунті інтенсивно розвиваються гетеротрофні мікроорганізми, які належать до родин Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Bacillaceae та інші. Вони змінюють реакцію середовища в кислий бік, оскільки мають високу ферментативну активність. В кислому середовищі починають розмножуватися молочнокислі бактерії, дріжджі, цвільові гриби, бактерії, які розщеплюють клітковину. Використання цими бактеріями кислот та утворення карбонатів веде до нейтралізації та підлугування середовища, особливо в добре дренованих, аерованих ґрунтах.

### **Завдання**

Визначить перелік патогенних мікроорганізмів, які можуть зберігатися у ґрунті впродовж тривалого часу та тих, що зберігаються недовго. Виділіть критерії оцінювання стану ґрунту за основними мікробіологічними показниками.

### **Питання для самостійної роботи.**

1. Санітарно-мікробіологічна оцінка ґрунту
2. Патогенні мікроорганізми, що виявляються в ґрунті
3. Моніторинг мікрофлори ґрунтів

## *Практичне заняття 6.*

### **ОЦІНКА СТАНУ ГРУНТІВ НА ОСНОВІ ТЕСТ-КУЛЬТУР**

**Метою** практичного заняття є оцінка ґрунту рекреаційних зон методом біотестування..

#### **Теоретична частина**

Різноманітні методики оцінки міських ґрунтів дуже далекі від досконалості. Особливу складність для моніторингу поллютантів у великих промислових містах становлять питання правильного вибору ґрунтового фону та встановлення асоціації елементів-забруднювачів. Крім того, моніторинг забруднення ґрунтів забруднювачами повинен враховувати типи спеціалізованого призначення функціональних міських зон, які значно різняться за джерелами, рівнем і складом забруднення, що відповідає сучасній європейській практиці моніторингу важких металів у міському середовищі. Ґрунти, будучи середовищем існування, містять дуже складні біоценози, що зумовлює протікання складних процесів на біофізичному, біохімічному рівнях і на рівнях внутрішньо- і міжпопуляційної взаємодії. Тому не завжди видається можливим класичними диференціальними методами оцінити фізико-хімічні процеси в абіотичному складнику ґрунтів, навіть знаючи кількісний склад забруднюючих 67 компонентів ґрунту, передбачити відгук біотичного складника на забруднення.

Донедавна формі зелених зон достатньої уваги не приділяли. Зарубіжні вчені вважають, що можна запропонувати деякі геометричні принципи, що оптимізують структуру ізольованої території та дадуть змогу більш надійно зберегти її видове багатство. З усіх геометричних фігур однакової площі найменший периметр має коло. Наближення конфігурації парку до кола скорочує протяжність кордонів і, відповідно, знижує число

точок дотику із сусідніми антропогенними територіями. Про ступінь оптимальності форми конкретної рекреаційної ділянки можна судити шляхом порівняння її з колом. Для того, щоб зрозуміти, як рекреаційні ділянки, які мають недосконалу форму, справляються з антропогенним навантаженням, нами було проведено екотоксикологічну оцінку ґрунтового покриву методом біотестування.

З метою визначення інтегральної токсичності вибраних об'єктів було проведено дослідження ґрунтів методом біотестування. Використовували показники токсичності водних витяжок із ґрунтів. Як тест-культури нами були обрані вищі рослини кукурудза (р. *Zea*) та редька (р. *Raphanus*). Вони мають ранню схожість і найменший період вегетації. Як тест-реакції вищих рослин враховувалися енергія проростання насіння, довжина проростка і довжина кореня. Після статистичної обробки підраховують величину так званого фітотоксичного ефекту ґрунту Ґрунт вважається токсичним, якщо відхилення на паростках або коренях порівняно з контролем більше на 20%. Усі результати математично оброблені за допомогою критерію Стьюдента та є статистично значимими (табличне значення критерію для рівня вірогідності  $P=0,05$  і числа ступенів свободи 50, становить 2,01). оптимальності ізольованої території. Головні висновки і перспективи використання результатів дослідження.

Отже, на основі отриманих результатів можна переконалися, що конфігурація та місце розташування відіграють важливу роль у формуванні мікроклімату та безпосередньо впливають на екологічну стійкість території. У такому розрізі для поліпшення стану рекреаційних ділянок пропонуємо звертати увагу на геометричні принципи функціонування ізольованих територій, тобто необхідно планувати конфігурацію так, щоб вона була максимально наближена до оптимальної

форми. Якщо немає можливості змінити форму рекреаційної ділянки через архітектурний план міста, необхідно прилеглі ділянки озеленювати так, щоб зелений масив нівелював гострі кути, роблячи їх округлими. Таким способом буде зменшено число точок дотику з прилеглими антропогенними ділянками. Якщо виконувати вищевказані рекомендації, то паркові ділянки будуть виконувати не тільки розважальну та оздоровчу функції, але й реалізовувати головну з екологічного погляду функцію – збереження біорізноманіття у міському середовищі. Також у зв'язку з вищевикладеним прямі вимірювання фітотоксичних властивостей ґрунтів мають бути обов'язковою частиною ґрунтово-екологічних обстежень міських територій, оскільки це суттєво уточнить оцінку реальної небезпеки та допоможе уникнути помилок під час проектування об'єктів озеленення, сприятиме раціональному використанню ґрунтового покриву міста загалом..

### **Завдання**

Виконати оцінку якості ґрунтів, шляхом порівняння отриманих значень відносного показника видового біорізноманіття з критеріальними параметрами.

### **Питання для самостійної роботи.**

1. Визначить переваги та недоліки рослин-біоіндикаторів, найбільш поширених для оцінки ґрунту
2. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів
3. Використання рослинних тест-систем для оцінки родючості ґрунтів

### ***Практичне заняття 7.***

### **МЕТОДИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ШСЗ**

**Метою** практичного заняття є оцінка ґрунту за допомогою оптичних методів спостереження..

## Теоретична частина

В даний час методи спостереження прийнято ділити на оптичні і радіотехнічні - залежно від діапазону електромагнітних коливань, в якому виконуються вимірювання. Оптичним методом визначається напрям на супутник шляхом фотографування супутника на тлі зірок. До оптичних методів відноситься також метод виміру дальності супутника лазерними далекомірами.

З радіотехнічних методів найбільшого поширення при вирішенні геодезичних завдань отримали так звані диференціальні і інтегральні доплерівські методи і фазові методи вимірювання дальності. Цікаво, що доплерівські методи, спочатку використовувалися для порівняно неточного стеження за ШСЗ при визначенні їх орбіт, у міру вдосконалення та підвищення точності вимірювань стали використовуватися для вирішення навігаційних і геодезичних завдань.

Кожен з методів спостереження ШСЗ має свої переваги і недоліки. Важливими достоїнствами всіх радіотехнічних методів є їх всепогодність і можливість проводити спостереження в будь-який час доби. Оптичні методи залежать від погодних умов, і спостерігати ШСЗ в оптичному діапазоні можна тільки в ранкові або вечірні години, коли поверхня Землі занурена у темряву, а сам ШСЗ, перебуваючи на великій висоті над горизонтом, вже (чи ще) освітлений Сонцем.

З точки зору збільшення точності всі можливості фотографічних методів значною мірою вже вичерпані, і доплерівські методи спостережень супутників в деякій мірі навіть перевершують фотографічні. Але найбільш перспективними з усіх методів спостереження ШСЗ із Землі вважаються лазерні спостереження (завдяки їх надзвичайної точності). Взагалі ж в даний час всі методи спостережень не виключають, а взаємно доповнюють один

одного. Крім того, як ми вже відзначали, при вирішенні геодезичних задач використовуються спостереження та інших космічних об'єктів, штучних і природних, як радіотехнічними, так і лазерними засобами. Розглянемо ж докладніше основні методи спостереження ШСЗ та інших космічних об'єктів для цілей космічної геодезії.

Класифікувати штучні супутники Землі можна за різними ознаками. Основний же принцип класифікації - по цілям запуску і завдань, що вирішуються за допомогою штучних супутників Землі. Крім того, штучні супутники Землі розрізняються по орбітах, на які вони виводяться, типами деякого бортового устаткування і так далі.

По цілям і завданням штучні супутники Землі поділяються на дві великі групи - науково-дослідні та прикладні. Науково-дослідні супутники призначені для отримання нової наукової інформації про Землю і навколоземному космічному просторі. Прикладні супутники призначені для задоволення практичних потреб людини, отримання інформації.

По орбітах, на які штучні супутники Землі виводяться, супутники Землі діляться на кругові, еліптичні, екваторіальні, полярні, стаціонарні.

Обладнання штучних супутників Землі дуже різноманітно. Це, по-перше, апаратура, за допомогою якої забезпечується виконання поставлених перед супутником завдань, - науково-дослідна, навігаційна, метеорологічна і тому подібна. По-друге, так зване службове обладнання, покликане забезпечити необхідні умови для роботи основної апаратури і зв'язок між штучним супутником Землі і наземним пунктом. До службової устаткування відносяться системи енергоживлення (сонячні батареї, електрохімічні джерела струму, радіоізотопні електрогенератори), радіотелеметрична система для передачі на Землю інформації та прийняття на супутнику



командних сигналів, система терморегулювання для створення і підтримки необхідного теплового режиму роботи апаратури. Службові системи обов'язкові для переважної більшості штучних супутників Землі. Крім того, як правило, штучний супутник Землі забезпечується системою орієнтації в просторі, тип якої залежить від призначення супутника (орієнтація по небесних тіл, по магнітному полю Землі тощо), і бортовий електронної обчислювальної машиною для керування роботою приладів і службових систем. Візуальні методи спостережень супутників для геодезичних цілей не досить точні. Особливе значення мають фотографічні спостереження супутників. Вони дозволяють визначити з більш високою точністю ( $\pm 0,5 - \pm 2$  ") напрямок одиничного топоцентричного вектора від станції спостережень до миттєвого положення супутника, якщо застосовується хороша камера і якщо час фіксується з точністю близько однієї мілісекунди.

Головною метою візуальних методів є отримання наближених даних про супутники для негеодезичних цілей або попередніх даних про нові супутниках для продовження їх спостережень. Роль цих спостережень особливо важлива для так званих пасивних супутників, тобто супутників, що не мають радіопередавачів, або мають передавачі, що вийшли з ладу з яких-небудь причин.

Фотографічні методи спостережень. Для визначення напрямку на ШСЗ використовується його зображення на тлі так званих опорних зірок, небесні координати яких відомі. Основна особливість і разом з тим основна складність спостереження ШСЗ, пов'язані з великими кутовими швидкостями ШСЗ. Через це виникає необхідність, крім направлення на об'єкт, отримувати з

дуже високою точністю і момент часу, що відповідає зафіксованому на знімку положенню ШСЗ.

Жорсткі вимоги до точності реєстрації часу (точніше, 0,0005 с) викликають відповідно особливі вимоги до фотографічної апаратури і методів зберігання і реєстрації часу на станціях спостереження за ШСЗ. Основними особливостями фотографічних супутникових камер є обтюраторний затвор безперервної дії та система, що дозволяє відстежувати фотоплівці слабкі ШСЗ. Обтюраторний затвор дозволяє отримувати зображення ШСЗ або у вигляді ряду майже точкових зображень, або у вигляді коротких розривів в слід ШСЗ.

Рух слабого ШСЗ відстежується поворотом камери або фотоплівки щодо орбітальної осі, тобто по руху ШСЗ (при фотографуванні яскравих об'єктів камера зазвичай залишається нерухомою або відстежує рух зірок).

У результаті тривалої дослідницької роботи над фотографічними камерами найвища точність визначення напрямку на яскравий ШСЗ складає в даний час 0,5 "по одному знімку (для більшості камер ця точність знаходиться в межах 1 - 2"). При спостереженні за слабким ШСЗ ця точність коливається в межах 2 - 3".

Точність реєстрації моментів часу залежить від багатьох технічних причин і для більшості камер характеризується помилками 0,1 - 0,5 мс. Але є одна причина помилки, а саме - синхронізація годин камери з еталонною системою часу, і вона може вносити додаткові помилки близько 1 мс.

Такі помилки у вихідному наглядovій матеріалі призводять до помилок у визначеному положенні ШСЗ на орбіті близько декількох метрів, що за сучасних геодезичних вимогах ще терпимо, але для більш серйозних геодезичних робіт майбутнього - неприйнятно.

Тому фотографічні методи супутникової геодезії стали ніби класичними і використовуються в основному для вирішення геометричних завдань, таких, як побудова мереж супутникового триангуляції.

### **Завдання**

1. На основі сукупності наукових праць, опублікованих за останнє десятиріччя, визначити основні тенденції оптичного моніторингу ґрунтів. Зрозуміти особливості відбору зразків об'єктів навколишнього природного середовища для біоіндикаційних досліджень. Які перспективи даного методу досліджень ґрунтів є найбільш доцільними в аграрному секторі України.

### **Питання для самостійної роботи.**

1. Моніторинг методів спостереження ШСЗ

## **4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до аудиторних занять – 0,5 год./1 год. занять =  $0,5 \times (7+8) = 15$  год.

- підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1 кредит ЄКТС =  $6 \times 3 = 18$  год.

- опрацювання окремих тем програми або її частин, які не викладаються на лекціях - 33 год.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів заочної форми навчання:

- підготовка до аудиторних занять –  $(4+2) \times 0,5$  год. = 3 год.

- підготовка до контрольних заходів – 3 кредитів · 6 год. = 18 год.

- опрацювання окремих тем програми або її частин, які не викладаються на лекціях – 74 год.

### Теми самостійної роботи

№ з/п	Теми самостійної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
<b>Змістовий модуль 1</b>			
1	Організація єдиної державної системи контролю за складовими природного середовища	10	10
2	Оцінка природно-ресурсного потенціалу та можливого рівня використання ресурсів	10	12
3	Моделювання і прогноз змін екологічної ситуації	10	20
Разом		30	42
<b>Змістовий модуль 2</b>			
1	Царство бактерій. Їх використання у біоіндикації	10	10
2	Рослини, як індикатори ґрунтів	10	20
3	Тварини, як індикатори ґрунтів	10	12
Разом		30	42
	Всього годин	60	84

Звітом про самостійну роботу здобувача є конспект матеріалу за вище наведеними темами. Конспектування опрацьованого матеріалу проводиться в довільній формі в рукописному вигляді в робочому зошиті або на стандартному папері формату А4 (210x297 мм) українською мовою. Захист опрацьованого матеріалу здійснюється при проведенні контрольних заходів поточного оцінювання разом із іншим матеріалом відповідної теми.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова

1.Бондар О. І. Дистанційні методи моніторингу довкілля. Київ : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 297 с. [ISBN 978-966-289-263-5](#)

2.Burghardt W., Morel J. L., Zhang G.-L. Development of the soil research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA). Soil Science and Plant Nutrition. 2015. V. 61. P. 3–21.

### Допоміжна

1.Linde M., Bengtsson H., Öborn I. Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. Water, Air, and Soil Pollution. 2001. Focus 1. P. 83–101. URL: <http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/mg/linde.pdf>

2. Marjanović, Vukčević, Antonović Heavy metals concentration in soils from parks and green areas in Belgrade. Journal of Serbian Chemical Society. 2009. V. 74 (6). P. 697–706. URL: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2009/0352-51390906697M.pdf>.

3. Крайнюкова А. М. Біотестування – метод оцінки токсичних властивостей компонентів природного середовища та джерел їх забруднення. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. Харків: «Райдер», 2006. Вип. XXVIII. С. 15–33.

4. Бардина Т. В., Чугунова М. В., Бардина В. И., Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования. «Живые и биокосные системы». 2013. № 5. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article->

5. Веремеєнко С. І., Трушева С. С. Біологічні системи землеробства : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 196 с.

6. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур. Киев : Аграрная наука, 1997. 321 с.

7. Колесник Т. М., Сондак В. В. Обґрунтування мікробіологічних показників біомоніторингу стабільності агроєкосистеми. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* (1(65)), 2014. С. 37–43.

8. Бедункова, О. О., Ціпан, Ю. Р. Ґрунтова мезофауна як фактор родючості ґрунту (теоретичний огляд і практичне значення). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* (1(93)), 2021. С. 3-17.

9. Бедункова, О. О., Ціпан, Ю. Р. Первинні данні про ферментативну активність ґрунту після лісової пожежі. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* (2(94)), 2021. С. 3–13.

10. Прищепа, А. М., Фізик І. В., Бедункова, О. О., Грицюк І. І. Діагностика сталості агроєкосфери за індикаторами стану та відновлення лісових екосистем. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* (1(89)), 2020. С. 67–81.

11. Мошинський В. С., Солодка, Т. М. Моніторинг осушуваних земель: біологічно-індикаційний підхід. UNSPECIFIED. НУВГП, Рівне, 2018. 220 с.