


**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ:**

методичні рекомендації  
до виконання лабораторних завдань



УДК 504.064 (072)  
М54

Рекомендовано Науково-методичною радою  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
(протокол №3 від 26.12.2025 р.)

**Укладач**

Таврель М.І., старший викладач кафедри безпеки праці та охорони довкілля

Мацак А. О., канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

Богомаз О.П., доктор філософії, доцент, доцент кафедри гірничої справи

М54      **Методи досліджень та моніторингу довкілля** : методичні рекомендації до виконання лабораторних завдань / уклад.: М.І.Таврель, А. О. Мацак, О.П. Богомаз. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 40 с.

Методичні рекомендації до виконання лабораторних завдань з дисципліни «Методи досліджень та моніторингу довкілля» включають інформацію щодо видів завдань, хід виконання робіт, змісту та вихідних даних; містить перелік основної та додаткової літератури, критерії оцінювання лабораторних завдань, вимоги до оформлення, зразки титульної сторінки протоколу звіту.

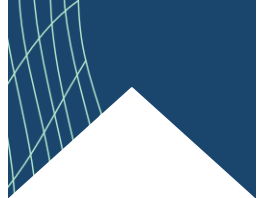
**УДК 504.064 (072)**





## ЗМІСТ

ВСТУП	4
Лабораторна робота 1 МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ (НА ОСНОВІ РНЕТ “GREENHOUSE EFFECT”)	7
Лабораторна робота 2 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ВІДПОВІДНО ДО ВОДНОГО КОДЕКСУ УКРАЇНИ. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У СТИЧНІЙ ВОДІ ВАГОВИМ МЕТОДОМ	14
Лабораторна робота 3 ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ І КОНТРОЛЮ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	22
Лабораторна робота 4 МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНКА СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА НАЯВНІСТЮ ТА РІЗНОМАНІТНІСТЮ ЛИШАЙНИКІВ	29
ПОДАННЯ НА ПЕРЕВІРКУ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	34
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	36
Додаток А - ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА	39



## ВСТУП

Метою навчальної дисципліни «Методи досліджень та моніторингу довкілля» є формування у здобувачів вищої освіти системи теоретичних знань і практичних умінь, необхідних для вивчення стану компонентів навколишнього середовища, оцінювання екологічних змін та прийняття обґрунтованих рішень щодо забезпечення екологічної безпеки. Дисципліна спрямована на опанування сучасних підходів, методів та інструментів, що використовуються у сфері екологічних досліджень і моніторингових програм.

Освітній компонент охоплює вивчення ключових аспектів екологічного моніторингу: організацію та планування спостережень, методи відбору і підготовки проб, принципи аналізу фізичних, хімічних та біологічних показників, а також інтерпретацію результатів у контексті екологічних норм і стандартів. Значна увага приділяється методологічним основам оцінки впливу природних і антропогенних факторів, застосуванню сучасних аналітичних та інформаційних підходів для дослідження стану довкілля.

Дисципліна є важливою складовою професійної підготовки майбутніх фахівців у сфері екології, дозволяючи сформувати здатність здійснювати якісний аналіз екологічних ситуацій, прогнозувати можливі зміни та розробляти практичні рекомендації щодо попередження або мінімізації негативних впливів. Застосування сучасних методів контролю та оцінювання стану довкілля сприяє вихованню відповідальності, екологічного мислення та професійної компетентності.

У рамках дисципліни студенти виконують лабораторні роботи, спрямовані на закріплення теоретичних знань і розвиток практичних навичок застосування методів дослідження довкілля. Лабораторні завдання охоплюють аналіз даних моніторингу, роботу з екологічними показниками, опрацювання результатів вимірювань, виконання розрахунків та формування висновків щодо стану досліджуваних природних компонентів.

Виконання лабораторних робіт дозволяє здобувачам освіти опанувати основні методики оцінки стану повітря, води, ґрунтів та інших об'єктів довкілля; розвинути вміння коректно інтерпретувати результати, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, визначати тенденції екологічних змін. Такий практикоорієнтований підхід сприяє формуванню професійних компетентностей, необхідних для роботи у сфері екологічного моніторингу та природоохоронної діяльності.

## **Застереження щодо рівня попередніх знань.**

Для успішного опанування дисципліни здобувачі освіти повинні володіти базовими знаннями з шкільних курсів біології, хімії, фізики та природознавства. Ці знання є необхідними для розуміння фундаментальних процесів, що лежать в основі формування стану довкілля, проведення елементарних екологічних вимірювань, опрацювання результатів та виконання відповідних розрахунків.

Бажаним є попереднє ознайомлення з основами екології та охорони навколишнього середовища, що дозволить легше засвоїти принципи екологічного моніторингу, оцінки антропогенних впливів та інтерпретації екологічних показників. Це забезпечить глибше розуміння взаємозв'язку між природними процесами, станом екосистем і результатами досліджень, а також сприятиме ефективнішому виконанню лабораторних завдань.

## **Результати навчання та їхня відповідність ОПП.**

- Знати сучасні теорії, підходи, принципи екологічної політики, фундаментальні положення з біології, хімії, фізики, математики, біотехнології та фахових і прикладних інженерно-технологічних дисциплін для моделювання та вирішення конкретних природозахисних задач у виробничій сфері.
- Вміти використовувати інформаційні технології та комунікаційні мережі для природоохоронних задач.
- Обґрунтовувати природозахисні технології, базуючись на розумінні механізмів впливу людини на навколишнє середовище і процесів, що відбуваються у ньому.
- Здійснювати науково-обґрунтовані технічні, технологічні та організаційні заходи щодо запобігання забруднення довкілля.
- Вміти продемонструвати навички вибору, планування, проектування та обчислення параметрів роботи окремих видів обладнання, техніки і технологій захисту навколишнього середовища, використовуючи знання фізико-хімічних властивостей поллютантів, параметрів технологічних процесів та нормативних показників стану довкілля.
- Вміти проводити спостереження, інструментальний та лабораторний контроль якості навколишнього середовища, здійснювати внутрішній контроль за роботою природоохоронного обладнання на промислових об'єктах і підприємствах на підставі набутих знань новітніх методів вимірювання та сучасного вимірювального обладнання і апаратури з використанням нормативно-методичної та технічної



документації.

- Вміти застосувати знання з контролю та оцінювання стану забруднення і промислових викидів, з аналізу динаміки їх зміни в залежності від умов та технологій очищення компонентів довкілля.

- Вміти застосувати знання з вибору та обґрунтування методів та технологій збирання, сортування, зберігання, транспортування, видалення, знешкодження і переробки відходів виробництва й споживання; оцінювати їх вплив на якісний стан об'єктів довкілля та умови проживання і безпеку людей.

- Вміти обґрунтовувати ступінь відповідності наявних або прогнозованих екологічних умов завданням захисту, збереження та відновлення навколишнього середовища.

- Вміти використовувати корпоративні інструменти з управління навколишнім середовищем для планування і здійснення операційної діяльності на підприємствах гірничо-металургійного комплексу



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1**

### **МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ (НА ОСНОВІ РНЕТ “GREENHOUSE EFFECT”)**

#### **МЕТА РОБОТИ:**

Вивчення і розрахунок основних інтегральних показників забруднення атмосферного повітря, а також дослідження на діаграмах зміни середнього рівня забруднення атмосферного повітря за 5 років у містах Дніпропетровської області (за даними екологічного паспорту області). Дослідити вплив концентрації парникових газів та хмарності на температуру поверхні, проаналізувати енергетичний баланс атмосфери та зробити узагальнення щодо ролі цих чинників у глобальних кліматичних змінах та системах моніторингу стану атмосфери.

#### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА:**


Моніторинг атмосферного забруднення являє собою систему систематичних і довготривалих спостережень у просторі та часі, яка забезпечує отримання відомостей про стан довкілля з метою аналізу минулих і сучасних умов, а також прогнозування майбутніх параметрів навколишнього середовища, важливих для життєдіяльності людини. Основними завданнями моніторингу є:

- здійснення контролю за якістю атмосферного повітря та інших складових біосфери;
- виявлення ключових джерел забруднення.

Основними чинниками забруднення повітряного середовища в межах міст є потужні промислові об'єкти та автомобільний транспорт, які надходять у повітря значні обсяги шкідливих домішок. Найпоширенішими серед них є неорганічний пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, сірководень, фенольні сполуки, формальдегід, аміак тощо. Базою дослідження стану повітряного басейну міста є визначення концентрацій забруднюючих речовин у різних його зонах за різних метеорологічних умов, вимірювання метеорологічних показників, що впливають на процеси розсіювання домішок, збір кількісних даних щодо викидів у атмосферу та відповідних медико-біологічних показників.

Сучасні методи відбору проб атмосферного повітря класифікують на чотири основні групи: стаціонарні пости спостереження; маршрутні; підфакельні; епізодичні. Вибір конкретного типу спостережень залежить від площі населеного пункту, особливостей його забудови, потужності та кількості джерел забруднення, а також їх просторового розміщення відносно житлових територій. У практиці моніторингу зазначені методи, як правило, поєднуються та взаємно доповнюють один одного.

Створення стаціонарних пунктів спостережень має особливе значення для великих міст, де поряд із великими промисловими



підприємствами функціонує значна кількість дрібних і низькорозташованих джерел викидів, рівномірно розподілених по міській території. За таких умов формується загальний фон підвищеного рівня забруднення.

Унаслідок змішування викидів шкідливих речовин від численних джерел, розміщених у межах міста, встановлюється певний середній рівень забруднення атмосферного повітря, який визначають як фонове забруднення.

Сукупність метеорологічних умов, що визначають можливий рівень забруднення атмосфери за незмінних обсягів викидів, характеризується поняттям потенціалу забруднення атмосфери (ПЗА). Виділяють метеорологічний та кліматичний ПЗА. Метеорологічний ПЗА застосовується під час складання оперативних прогнозів забруднення повітря, тоді як кліматичний ПЗА використовується для оцінки кліматичних особливостей перенесення та розсіювання домішок у певному фізико-географічному регіоні. Для міських умов із великою кількістю низьких і організованих джерел викидів ПЗА характеризується наявністю приземних і низьких піднятих інверсій, швидкістю вітру в межах 0–1 м/с, застійними явищами та туманами.

Як у випадку впливу окремого джерела, так і для міських територій загалом, інтенсивна сонячна радіація та підвищені температури повітря в літній період активізують фотохімічні процеси, що підвищує ймовірність утворення фотохімічного смогу та зростання рівня забруднення атмосферного повітря.

Атмосферні опади сприяють очищенню повітря шляхом вимивання домішок, при цьому інтенсивність опадів визначає швидкість даного процесу. Зазначені чинники необхідно враховувати під час оцінювання потенціалу забруднення атмосфери.

Фонове забруднення описується узагальненими інтегральними показниками вмісту шкідливих речовин у межах міста в цілому.

Такі показники є менш чутливими до випадкових коливань порівняно з концентраціями забруднювачів у окремих точках міського простору. Вони в меншій мірі залежать від режиму викидів і переважно визначаються метеорологічними умовами розсіювання домішок в атмосфері.

Основні інтегральні показники забруднення атмосферного повітря

**1. Найпоширенішим інтегральним показником** є середнє значення концентрації даної домішки, нормоване на середньорічне значення.

$$M = q_{\text{ср.}} / q_{\text{год.}},$$

де  $q_{\text{ср.}}$  – середнє значення концентрації даної домішки за кожен місяць по місту;

$q_{\text{год.}}$  – середня річна концентрація домішки по місту.

У залежності від значення параметра М розрізняють такі класи забруднення повітря:

- 1 – високе забруднення ( $M \geq 1,5$ );
- 2 – підвищене ( $1,0 \leq M < 1,5$ );
- 3 – знижене ( $0,6 \leq M < 1,0$ );
- 4 – слабке ( $M < 0,6$ ).

Такий підхід дає можливість більш чітко виділити місяці, у які спостерігалось найбільше відхилення від середнього значення і порівняти сезонні зміни рівня забруднення повітря в різних містах.

## 2. Показник забруднення повітря:

$$P = m/n,$$

де n – загальна кількість спостережень протягом розглянутого проміжку часу (одні чи кілька діб);

m – число спостережень протягом цього ж проміжку часу з концентраціями, що перевищують у 1,5 рази середньосезонні значення за даними кожного пункту окремо.

Параметр Р може мінатися від 0 до 1. Для розрахунку параметра Р і його використання як характеристики фоновго забруднення повітря необхідно, щоб виконувалися наступні умови:

- кількість стаціонарних пунктів у місті повинне бути не менше трьох;
- кількість спостережень за концентрацією домішки в повітрі на всіх пунктах протягом доби повинне бути не менше 20.

У залежності від значення Р виділяють 3 рівні забруднення:

- 1 – високий ( $P > 0,35$ );
- 2 – відносно підвищений ( $0,2 < P < 0,35$ );
- 3 – знижений ( $P < 0,2$ ).

Параметр Р обчислюють для кожної домішки окремо і по всіх домішках разом. Найбільший інтерес представляє цей показник, розрахований по всіх домішках, тому що в цьому випадку він характеризує загальний стан і рівень забруднення атмосфери.

**3. У системі гідрометеослужби прийнятий комплексний інтегральний показник забруднення атмосфери (ІЗА),** коли рівні забруднення атмосфери різними речовинами приводять до рівня забруднення якою-небудь однією речовиною. За таку речовину був обраний діоксид сірки (речовина третього класу небезпеки).

Для приведення ступеня забруднення всіх речовин до забруднення речовиною третього класу небезпеки можна записати формулу комплексного ІЗА, що враховує n речовин:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{cpi}}{\Gamma ДК_i} \right)^{C_i}$$

де  $C_i$  – безрозмірна константа, що дозволяє привести ступінь забруднення і-тої речовини до ступеня забруднення діоксидом сірки.

Для речовин різних класів небезпеки  $C_i$  має наступні значення:

Клас небезпеки	1	2	3	4
$C_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значення показника  $I_n$ , обчисленого за наведеною формулою, відображає, якому рівню забруднення атмосферного повітря (у частках гранично допустимої концентрації діоксиду сірки) відповідає фактично зафіксований вміст домішок у міському повітрі, тобто характеризує, у скільки разів сумарний рівень забруднення перевищує допустиму норму.

Залежно від числового значення  $I_n$  виділяють такі ступені забруднення атмосферного повітря:

- $I_n \leq 8$  – середній ступінь забруднення;
- $8 < I_n \leq 15$  – ступінь забруднення, що перевищує середній;
- $I_n > 15$  – високий ступінь забруднення.

Моніторинг стану атмосфери також передбачає спостереження за параметрами, що визначають тепловий режим планети: інтенсивність сонячного випромінювання, рівень відбиття (альbedo), концентрацію парникових газів, хмарність та інтенсивність вихідного інфрачервоного випромінювання. Симуляція PhET Greenhouse Effect дозволяє продемонструвати ці процеси в спрощеному вигляді.

### **ЗАВДАННЯ:**

1. На основі даних «Екологічного паспорта Дніпропетровської області» за поточний рік (або, за бажанням, відповідної області проживання після попереднього вибору трьох міст) визначити значення інтегрального показника  $M$  для основних атмосферних забруднювачів у містах Дніпро, Кам'янське та Кривий Ріг. Сформулювати висновки щодо рівнів забруднення повітря за встановленими класами для кожної окремої забруднюючої речовини. Обчислити середнє значення показника  $M$  для кожного міста та здійснити класифікацію рівня комплексного забруднення атмосферного повітря.

2. Встановити загальну кількість спостережень концентрацій забруднюючих речовин, а також число випадків, коли зафіксовані концентрації перевищували середньорічні значення у 1,5 раза. На основі отриманих даних розрахувати показник забруднення  $P$  для міст Дніпро, Кам'янське та Кривий Ріг. Зробити узагальнений висновок щодо рівнів забруднення атмосферного повітря в промислових центрах Дніпропетровської області.

3. За матеріалами «Екологічного паспорта Дніпропетровської області» за поточний рік визначити ступінь забруднення атмосферного повітря у містах Дніпро, Кам'янське та Кривий Ріг за комплексним індексом забруднення атмосфери пріоритетними речовинами (ІЗА). Проаналізувати динаміку зміни середнього рівня забруднення атмосферного повітря за п'ятирічний період на основі даних таблиць і діаграм.

4. Сформулювати загальний висновок щодо стану та рівня забруднення атмосферного повітря у містах Дніпропетровської області.

5. Відкрийте симуляцію PhET Greenhouse Effect (рис.1.1) та виконайте наступні кроки:

1) *Вивчення початкових умов.* Увімкнути Surface Thermometer. Записати початкову температуру поверхні (без сонячного випромінювання). Переконайтеся, що концентрація парникових газів - на мінімальному рівні.

2) *Вплив сонячного випромінювання.* Натиснути кнопку Start Sunlight. Дочекайтеся стабілізації температури. Записати значення температури. Чому температура зростає? Які промені поглинаються, а які відбиваються?

3) *Вплив концентрації парникових газів.* Плавню збільшувати концентрацію парникових газів від «None» до «Lots». Для кожного положення фіксувати температуру після стабілізації. Результати записати у таблицю 1.1.

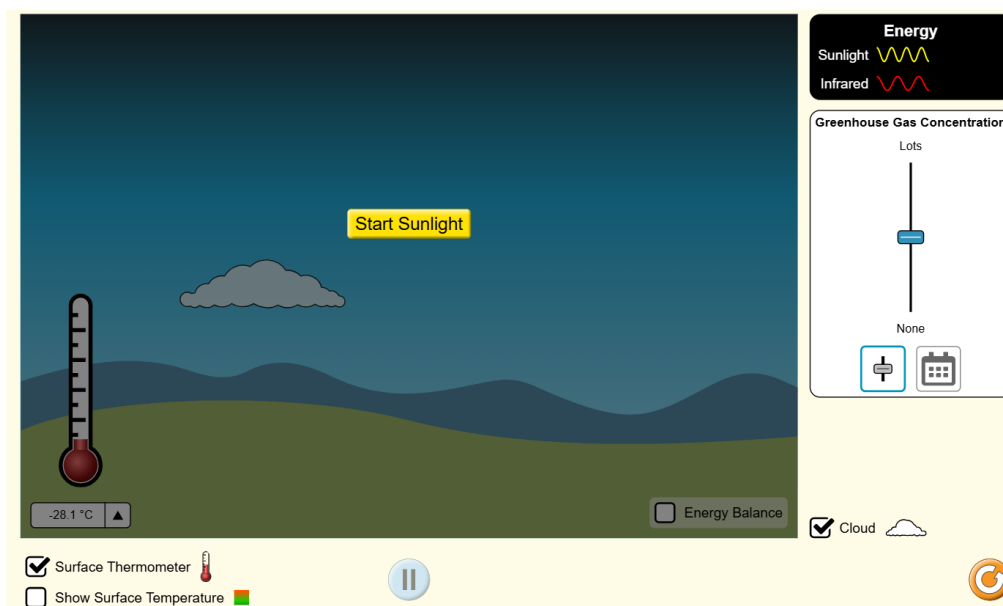


Рисунок 1.1 - симуляція PhET Greenhouse Effect

Таблиця 1.1 – Результати вимірювань зміни температури від парникових газів.

Концентрація ПГ	Температура, °C
None	
Low	
Medium	
High	
Lots	

4) *Представте результати у вигляді графіку.* У звіті надайте також скріни отриманих досліджень з описом.

5) *Вплив хмарності.* Увімкнути опцію Cloud (рис. 1.2). Порівняти температуру з хмарами й без них при різній концентрації парникових газів. Хмари відбивають частину сонячного випромінювання, але також утримують ІЧ-випромінювання - ефект може бути різноспрямованим.

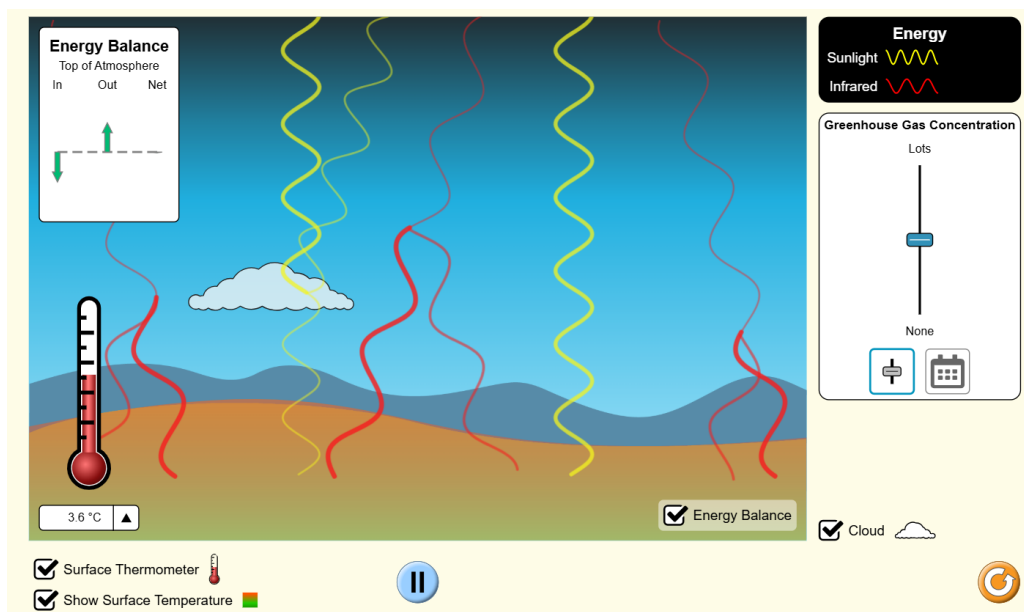


Рисунок 1.2 – Приклад застосування опцій

6) *Аналіз енергетичного балансу.* Увімкнути опцію Energy Balance (рис. 1.2). Візуально проаналізувати, як змінюється кількість сонячної та інфрачервоної енергії у системі при різних сценаріях.

7) *Перейдіть у налаштування за роками,* та зробіть спостереження зміни парникових газів за віковими періодами (рис. 1.3)

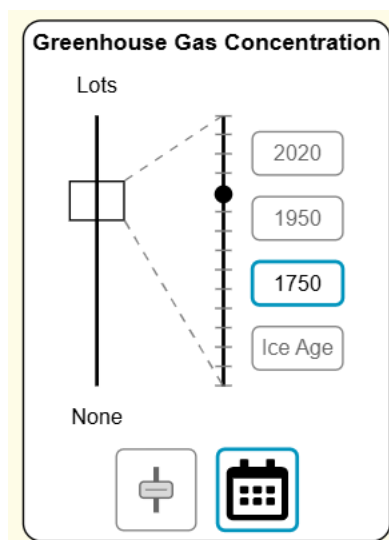


Рисунок 1.3 – Вибір генерації за концентрацією парникових газів та кількістю парникових газів за роками

У висновку описати, які чинники найбільше вплинули на температуру; оцінити взаємозв'язок між концентрацією парникових газів і

енергетичним балансом атмосфери; пояснити значення цих спостережень у контексті систем моніторингу атмосфери (кліматичні станції, супутникові дані, спостереження за викидами). Звіт супроводжується скрінами (рис. 1.4).

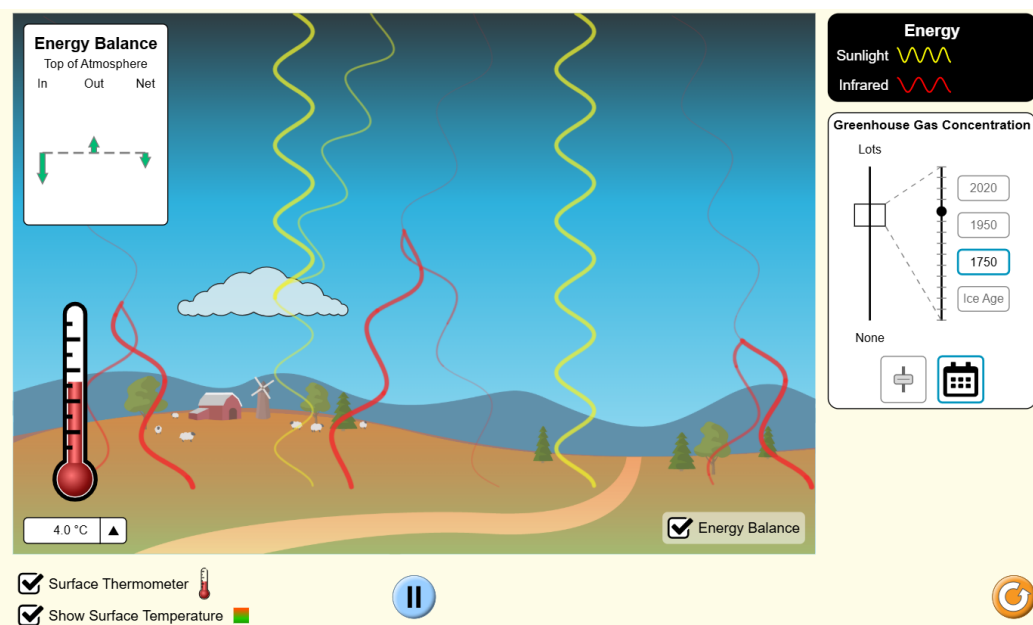


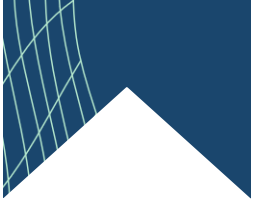
Рисунок 1.4 – Приклад вигляду скріну результатів проведення експериментів у симуляції

6. Дайте відповіді на контрольні запитання.

- 1) Дати визначення моніторингу атмосферного повітря.
- 2) Дати визначення ПЗА. Які є види ПЗА?
- 3) Які показники використовують для визначення рівнів забруднення атмосферного повітря?
- 4) При яких умовах можливо використання показника Р?
- 5) Як розраховується комплексний показник забруднення атмосферного повітря ІЗА?
- 6) Що дозволяє врахувати показник ІЗА на відміну від інших показників?

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Регіональна доповідь та Екологічний паспорт. URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya>
2. Greenhouse Effect. PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. URL: [https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_all.html)



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2**

### **МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ВІДПОВІДНО ДО ВОДНОГО КОДЕКСУ УКРАЇНИ. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У СТИЧНІЙ ВОДІ ВАГОВИМ МЕТОДОМ**

#### **МЕТА РОБОТИ:**

Ознайомитися з принципами оцінки якості води за основними показниками та категоріями водокористування. Вивчити методику визначення концентрації завислих речовин ваговим методом за допомогою паперових фільтрів

#### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА:**

Відповідно до Водного кодексу України, оцінювання якості води проводиться на підставі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних норм якості води водних об'єктів.

#### **Оцінювання якості води за нормативами екологічної безпеки водокористування.**

Діючі нормативи дозволяють оцінити стан води, що використовується для комунально-побутових, господарсько-питних та рибогосподарських потреб (табл. 2.1).

До комунально-побутового водокористування відносять використання водних об'єктів для купання, занять спортом та відпочинку. Господарсько-питне водокористування передбачає використання води як джерела питного водопостачання для населення та для підприємств харчової промисловості. Рибогосподарське водокористування охоплює застосування водних об'єктів як середовища проживання риб та інших водних організмів. Водні об'єкти для рибогосподарських потреб класифікують на вищу, першу та другу категорії. Різні ділянки одного й того ж водного об'єкта можуть належати до різних категорій водокористування.

Нормативну основу оцінювання якості води складають загальні вимоги до складу та властивостей води, а також значення гранично допустимих концентрацій (ГДК) речовин у воді водних об'єктів (табл. 2.2).

Загальні вимоги визначають допустимий склад та властивості води, оцінювані за ключовими фізичними, бактеріологічними та узагальненими хімічними показниками. Вони можуть бути представлені у вигляді конкретного числового значення, максимально допустимої зміни показника під впливом зовнішніх чинників або у вигляді якісної характеристики показника.


Гранично допустимі концентрації (ГДК) – це встановлений рівень концентрації речовин у воді, перевищення якого робить воду непридатною для конкретного виду водокористування. Зазвичай ГДК задаються у вигляді точного числового значення концентрації речовини.



Таблиця 2.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та комунально-побутового водокористування

Назва речовини	Клас небезпечності	Гранично допустима концентрація, мг/л
1	2	3
Аміак (за азотом)	III	2,0
Амонія сульфат (за азотом)	III	1,0
Активний хлор	III	Відсутня
Ацетон	III	2,2
Бензол	II	0,5
Дихлоретан	II	0,02
Залізо	III	0,3
Кадмій	II	0,001
Кобальт	II	0,1
Кремній	II	10,0
Марганець	III	0,1
Мідь	III	1,0
Натрій	II	200,0
Нафтопродукти	IV	0,1
Нікель	III	0,1
Нітрати	III	45,0
Нітрити	II	3,0
Ртуть	III	0,0005
Свинець	II	0,03
Селен	II	0,01
Скипидар	IV	0,2
Фенол	IV	0,001
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	III	0,5
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	III	0,05
Цинк	III	1,0
Етиленгліколь	III	1,0

Усі хімічні речовини за характером негативного впливу поділяють на групи. Кожна група об'єднує речовини з однаковою ознакою дії, яку називають ознакою шкідливості. При цьому одна й та сама речовина, залежно від концентрації, може проявляти різні ознаки шкідливості. Ознаку шкідливості, яка проявляється при найменшій концентрації речовини, визначають як лімітуючу ознаку шкідливості (ЛОШ).



У водних об'єктах, призначених для комунально-побутового та господарсько-питного водокористування, виділяють три типи ЛОШ: органолептичний, загальносанітарний і санітарно-токсикологічний. Для водних об'єктів рибогосподарського призначення, крім зазначених, додаються ще два ЛОШ – токсикологічний та рибогосподарський.

При оцінюванні якості води у водоймах комунально-побутового та господарсько-питного призначення враховується також клас небезпеки речовини. Він визначається на основі токсичності, кумулятивності, мутагенності та ЛОШ речовини. Виділяють чотири класи небезпеки: перший – надзвичайно небезпечні; другий – високонебезпечні; третій – небезпечні; четвертий – помірно небезпечні.

При оцінюванні якості води застосовується принцип адитивності, тобто односпрямованої дії. Відповідно до цього принципу, якщо декілька речовин належать до однієї ЛОШ, їхній негативний вплив підсумовується.

Таким чином, оцінювання якості води з точки зору екологічної безпеки водокористування здійснюється за наступною методикою.

Водні об'єкти вважаються придатними для комунально-побутового та господарсько-питного водокористування, якщо одночасно виконуються такі умови:

- не порушуються загальні вимоги до складу та властивостей води для відповідної категорії водокористування;

- для речовин, що належать до третього та четвертого класів небезпеки, дотримується умова:

$$C \leq \text{ГДК},$$

де  $C$  – концентрація речовини у водному об'єкті,  $\text{г/м}^3$ ;

ГДК – для речовин, які належать до першого і другого класів небезпеки, виконується умова:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1,$$

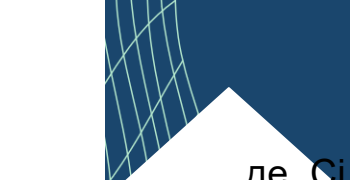
де  $C_i$  і  $\text{ГДК}_i$  – відповідно концентрація і ГДК  $i$ -ої речовини першого або другого класу небезпеки.

Водні об'єкти вважаються придатними для рибогосподарського водокористування за умови одночасного виконання таких критеріїв:

- дотримуються загальні вимоги до складу та властивостей води відповідно до конкретної рибогосподарської категорії;

- для речовин, які відносяться до однієї ЛОШ, забезпечується виконання умови:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1,$$



де Сі і ГДКі – відповідно концентрація і ГДК і-ої речовини, що належить до цієї ЛОШ.

Норми якості води повинні дотримуватися у таких випадках:

- для водотоків комунально-побутового та господарсько-питного водокористування – на ділянках від пункту водокористування до контрольного створу, який розташований щонайменше за один кілометр вище за течією від цього пункту;

- для водойм комунально-побутового та господарсько-питного водокористування – на акваторії в радіусі не менше одного кілометра від пункту водокористування;

- для водотоків рибогосподарського призначення – на всій рибогосподарській ділянці, починаючи з контрольного створу, розташованого не далі 500 м нижче за течією від джерела надходження домішок;

- для водойм рибогосподарського водокористування – на всій рибогосподарській ділянці, починаючи з контрольного пункту, розташованого у радіусі до 500 м від місця надходження домішок.

Оцінювання якості води на основі екологічних нормативів. Екологічні нормативи якості води застосовуються для оцінки стану водних об'єктів відповідно до екологічної класифікації поверхневих вод.

Система екологічної класифікації поверхневих вод включає три групи показників:

- сольовий склад;
- еколого-санітарні показники;
- показники складу та біологічної дії специфічних речовин.

Відповідно до значень цих показників поверхневі води відносять до певних категорій та класів якості води. Визначення класу та категорії здійснюється за методиками, викладеними у відповідних нормативних документах.

### **Методика визначення концентрації завислих речовин ваговим методом за допомогою паперових фільтрів**

Вміст завислих речовин визначається, як правило, ваговим методом. Проба води фільтрується через попередньо висушений і зважений щільний фільтр (мембранний або паперовий).

Потім фільтр висушується та знову зважується. Різниця ваги, розділена на об'єм проби, дає величину вмісту завислих речовин (мг/л, г/м). Чим щільніший фільтр, тим точніше визначення цього параметра.

1. Вмістити в бюкс (тігель) (рис. 2.1) і висушити паперовий фільтр в сушильній шафі при температурі 105 градусів на протязі 10 хвилин.



Рисунок 2.1 – Бюкси та тигелі

2. Зважити бюкс з фільтром на аналітичних терезах
3. Підготувати конічну колбу на 250 мл, в яку вмістити лійку з паперовим висушеним та зваженим фільтром за схемою рис. 2.2.

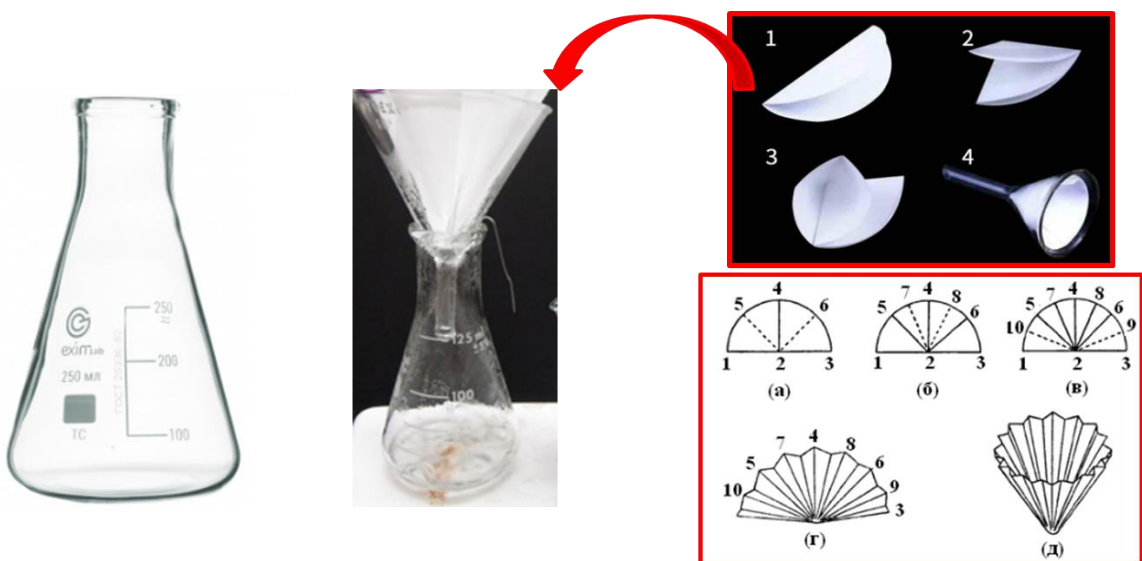


Рисунок 2.2 – Схема вміщення паперового фільтру у конічну колбу

4. Ретельно збовтати воду, що досліджується, і відібрати пробу місткістю 250 мл.
5. Профільтрувати пробу повністю, брудний фільтр вмістити в попередньо зважений бюкс.
6. Висушити фільтр в сушильній шафі при 105°C на протязі 10-15 хвилин.
7. Вистудити бюкс в ексікаторі та зважити його разом з фільтром на аналітичних терезах.
8. Обчислити вміст завислих речовин:

$$C = (m_2 - m_1) / V, \quad \text{мг/л (г/м}^3\text{)},$$

де  $m_2$  - маса бюксу з фільтром після фільтрування, мг;  
 $m_1$  - маса бюксу з фільтром до фільтрування, мг;  
 $V$  - об'єм профільтрованої проби, мл

Результати вимірів зводяться в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати вимірів

Показник	Одиниця виміру	Позначення	Визначення	Значення показника
Маса бюксу з фільтром до фільтрування	мг	$m_1$	на аналітичних терезах	
Маса бюксу з фільтром після фільтрування	мг	$m_2$	на аналітичних терезах	
Об'єм профільтрованої проби	л	$V$	мірна колба	
Вміст завислих речовин	мг/л	$C$	по формулі	

Варіанти для виконання наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані

Варіант	Маса бюксу з фільтром до фільтрування, мг	Маса бюксу з фільтром після фільтрування, мг
1	10,5650	12,0648
2	10,6898	13,4687
3	10,6677	12,6415
4	10,5654	14,1257
5	10,6899	11,3788
6	10,4898	13,2458
7	10,2654	12,3216
8	10,5476	11,2464
9	10,5623	14,0563
10	10,5689	12,3187

### **ЗАВДАННЯ:**

1. Ознайомитися з принципами оцінки якості води за основними показниками та категоріями водокористування.

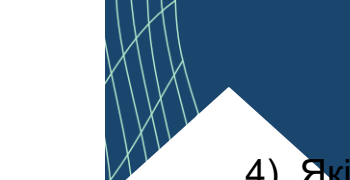
2. Виконати лабораторну роботу за методикою визначення концентрації завислих речовин ваговим методом за допомогою паперових фільтрів.

3. Письмово дати відповіді на запитання:

1) Для яких типів водокористування проводять оцінку стану води відповідно до чинних в Україні норм екологічної безпеки?

2) Як визначаються гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді?

3) Що розуміють під лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ) речовини?



4) Які умови мають виконуватися, щоб водні об'єкти вважалися придатними для комунально-побутового та господарсько-питного водокористування?

5) Які критерії визначають придатність водних об'єктів для рибогосподарського водокористування?

#### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР : станом на 8 серп. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text>

2. ДСТУ EN 872:2013. Якість води. Визначення вмісту завислих твердих частинок методом фільтрування через фільтри зі скловолокна. Чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ, 2013. 10 с. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60387](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60387)



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3 ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ І КОНТРОЛЮ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ**

### **МЕТА РОБОТИ:**

Ознайомитися з вимогами, що висуваються до проведення спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами та відбору ґрунтових зразків; оволодіти методикою визначення місць розташування ключових ділянок. Визначити вміст свинцю у верхніх шарах ґрунту прилеглих територій залежно від відстані до автомагістралі.

### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА:**

#### **Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами**

Перед початком польової програми спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами у природних та сільськогосподарських ландшафтах необхідно здійснити ретельне планування робіт. Це передбачає визначення приблизної кількості пунктів відбору ґрунтів, які нададуть основний фактичний матеріал, складання схеми їхнього територіального розташування, планування польових маршрутів або послідовності обстеження площ та встановлення календарних термінів виконання завдання.

Крім цього, слід перевірити наявність та якість топографічних матеріалів, а також тематичних карт, таких як ґрунтові, геоботанічні, геологічні, геохімічні та інші.

Необхідно зібрати дані про джерела забруднення ґрунтів на території, включно з їхнім розташуванням, типом використовуваної сировини, обсягом виробництва та відходами, а також встановити контакти з установами, зацікавленими у проведенні цих досліджень.

Спостереження за забрудненням ґрунтів важкими металами доцільно проводити у сухий період року, зазвичай у літні місяці або на початку осені, під час збирання основних сільськогосподарських культур. Повторні обстеження ділянок, досліджених раніше, рекомендується здійснювати через 5–10 років.

Для кращого розуміння взаємозв'язку ґрунтів із природними та господарськими умовами району проводиться попереднє розвідування місцевості. Розвідувальні обстеження виконуються маршрутним способом і можуть бути більш або менш детальними залежно від складності території, ступеня її вивченості, площі та масштабу робіт.

При детальному обстеженні забруднення ґрунтів навколо окремого джерела достатньо 1–2 разів пройти ділянку. Для великих площ, наприклад полів, розвідувальні роботи потребують значних зусиль і часу,

оскільки місцевість охоплюється маршрутами, що проходять по основних елементах рельєфу.

Рекогносцирування дозволяє виявити основні ландшафтні особливості території, загальні закономірності просторового розподілу ґрунтового покриву, а також основні форми ґрунтоутворення. Паралельно здійснюється ознайомлення з місцевими фондовими матеріалами та збір інформації про кліматичні та мікрокліматичні умови, погодні особливості останніх років, а також випадки захворювань людей, пов'язаних із підвищеним вмістом важких металів в екосистемі.

При виборі ділянок спостережень на сільськогосподарських територіях основним робочим документом служить топографічна основа певного масштабу, зазвичай 1:10000. Контури (схема) міста, селища або промислового комплексу, як правило, розміщуються у центрі плану місцевості, який відтворюється з топографічної основи (рис. 3.1).

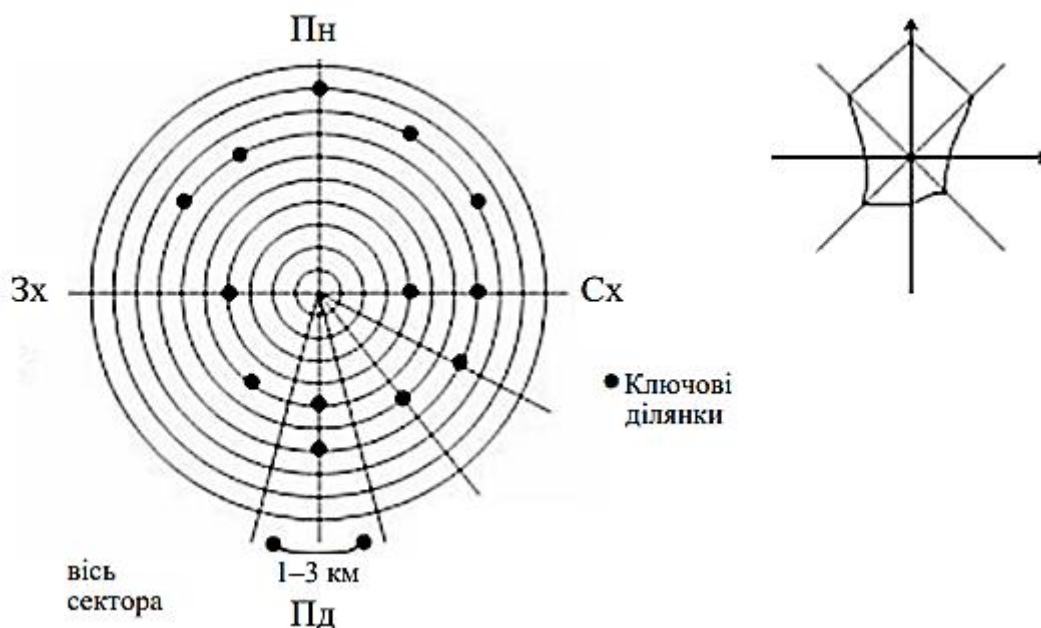



Рисунок 3.1 - Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства

Із геометричного центру (місто, промисловий комплекс, завод тощо) за допомогою циркуля на плані місцевості проводять кола з радіусами 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30; 50 км у масштабі карти, що визначає зону потенційного забруднення ґрунтів важкими металами.

Протяжність цієї зони залежить від рози вітрів, характеру атмосферних викидів, висоти труби, рельєфу, рослинності та інших факторів. Значна частина аерозолів і газів, що містять важкі метали, утримується в атмосфері, переміщується на великі відстані та входить у глобальний кругообіг речовин на планеті.



На підготовленому плані місцевості наноситься роза вітрів (8–16 румбів). Вектор, що відповідає найчастішому напрямку вітру, відкладають у підвітряний бік на відстань 25–30 км у масштабі карти. Таким чином, в контур, утворений розою вітрів, умовно включається територія найбільш інтенсивного забруднення ґрунтів важкими металами.

У напрямках радіусів із максимальним забрудненням формуються сектори шириною 200–300 м поблизу джерел забруднення, які поступово розширюються до 1–3 км. У точках перетину осей секторів із колами розташовуються ключові ділянки, де створюється мережа опорних розрізів, пунктів і майданчиків для відбору проб.

Під ключовою ділянкою розуміють територію площею від 1 до 10 га та більше, яка відображає типові і повторювані у даному районі поєднання ґрунтових умов, рельєфу, рослинності та інших компонентів фізико-географічного середовища.

Основна частина ключових ділянок розташовується у напрямку двох екстремальних променів (румбів) рози вітрів. Якщо роза вітрів виражена нечітко, ділянки мають рівномірно охоплювати всі напрямки румбів.

Дослідження процесів забруднення ґрунтів на ключових ділянках проводиться значно детальніше, ніж на решті території.

### **Оцінка рівня забруднення ґрунтів автомобільним транспортом**

При роботі двигунів транспортних засобів утворюються «умовно тверді» викиди, що включають аерозольні та пилоподібні частинки. Найбільший обсяг таких викидів становлять сполуки свинцю та вуглецю (сажі). При інтенсивності руху понад 30 000–40 000 автомобілів на добу істотний внесок у забруднення можуть мати також сполуки кадмію і свинцю.


Викиди свинцю відбуваються одночасно з вихлопними газами при роботі двигунів внутрішнього згорання автомобілів на етилованому бензині. На сьогодні свинець застосовується як антидетонуюча добавка: у бензині марки А-76 – 0,17 г/кг, у бензині А-92 – 0,37 г/кг.

Приблизно 20% загальної кількості свинцю розноситься у вигляді аерозолів разом із газами, а 80% випадає у вигляді твердих частинок розміром до 25 мкм і водорозчинних сполук на поверхні земель уздовж доріг. Свинець накопичується у ґрунті на глибині орного шару або потрапляє у ґрунтові води через фільтрацію атмосферних опадів.

Накопичення свинцю у ґрунті небезпечно через його високу доступність для рослин і подальший перехід по харчових ланцюгах до тварин, птахів та людини.

Гранично допустима концентрація свинцю у ґрунті за загальносанітарним показником на лугово-чорноземних ґрунтах, з урахуванням фонового вмісту, встановлена на рівні 130 мг/кг.

Оцінку забруднення придорожніх земель викидами свинцю слід проводити на основі розрахункового визначення рівня забруднення



поверхневого шару ґрунту. Рівень забруднення свинцем на різних відстанях від краю проїжджої частини визначається за відповідною формулою:

$$P_c = P_n / h \cdot \rho, \quad (3.1)$$

де  $P_c$  – рівень забруднення поверхневого шару ґрунту, мг/кг;  
 $h$  – товщина ґрунтового шару, в якому розподіляються викиди свинцю. На орних землях приймається глибина 0,2–0,3 м, рівна оранці, на решті видів угідь (в т. ч. на цілині) – 0,1 м;  
 $\rho$  – щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;  
 $P_n$  – величина відкладення свинцю на поверхні землі, мг/м<sup>2</sup> визначається за формулою:

$$P_n = (0,4 K_1 \cdot U_v \cdot T_p \cdot P_e) + F, \quad (3.2)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує відстань від краю проїжджої частини, табл. 3.1;  
 $U_v$  – коефіцієнт, залежний від сили і напрямку вітрів – 0,7;  
 $T_p$  – розрахунковий термін експлуатації дороги за добу, приймається рівним 7300 діб, що відповідає 20-річному терміну;  
 $F$  – фонове забруднення поверхні ґрунту, 8,03 мг/кг;  
 $P_e$  – потужність емісії свинцю при даній середньодобовій інтенсивності руху за розрахунковий період, мг/м за добу, визначається за формулою:

$$P_e = K_n \cdot D_o \cdot m_p \cdot K_T \cdot G_i \cdot P_i \cdot N_i, \quad (3.3)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт перерахунку одиниць вимірювання, 0,74;  
 $m_p$  – коефіцієнт, що враховує дорожні і автодорожні умови залежно від середньої швидкості транспортного потоку, розраховується згідно з графіком (рис. 3.2);  
 $D_o$  – коефіцієнт, що враховує осідання свинцю у системі випуску відпрацьованих газів, 0,8;  
 $K_T$  – коефіцієнт, що враховує частку свинцю, який викидається, у вигляді твердих частинок в об'ємі викидів відповідно до марки бензину і кількості антидетонуючої добавки, 0,8;  
 $G_i$  – середня експлуатаційна витрата палива для даного типу (марки) автомобілів, л/км; для оцінки розрахунків в економічних обґрунтуваннях розвитку автомобільних доріг допускається приймати витрату палива за даними табл. 3.2;  
 $N_i$  – середньодобова інтенсивність руху автомобілів даного типу (марки), середня за термін служби дороги, авт./добу;

$P_i$  – вміст добавки свинцю у паливі, який наявний в автомобілі даного типу, г/кг.

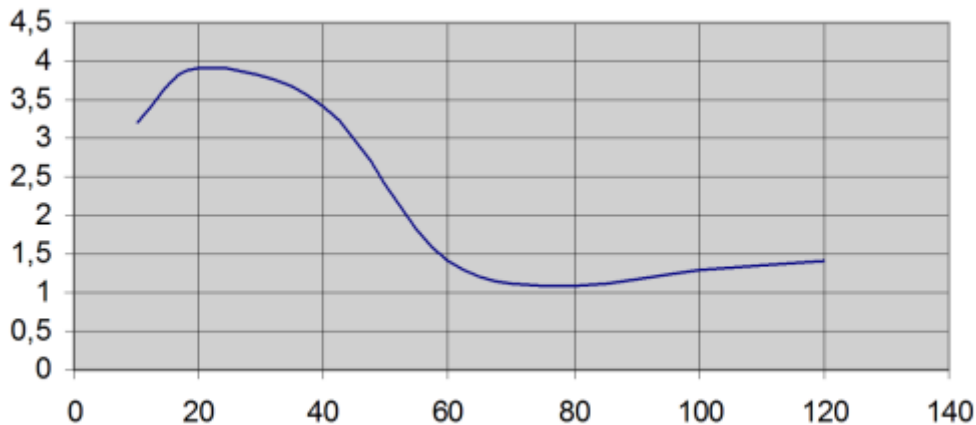


Рисунок 3.2 - Залежність величини коефіцієнта  $m_p$  (вісь ординат) від середньої швидкості транспортного потоку ( $V$ , км/год, вісь абсцис)

Таблиця 3.1 - Залежність величини  $K_1$  від відстані від краю проїжджої частини

Відстань від краю проїжджої частини, м	Величина $K_1$
20	0,10
40	0,04
60	0,02
80	0,01
100	0,005
150	0,001

Таблиця 3.2 - Середні експлуатаційні норми витрати палива, л/км

Тип автомобіля	Середня експлуатаційна витрата палива, л/км
Легкові автомобілі	0,11
Малі вантажні автомобілі карбюраторні (до 5 т)	0,16
Вантажні автомобілі карбюраторні (6 т і більше), наприклад, ЗІЛ-130 та ін.	0,33
Вантажні автомобілі дизельні	0,34
Автобуси карбюраторні	0,37
Автобуси дизельні	0,28

### ЗАВДАННЯ:

1. Розробіть систему спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами, використовуючи вихідні дані для індивідуального варіанту (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Вихідні дані

Варіант	Румби, %							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
1	8	6	9	16	11	11	24	15
2	22	10	13	7	9	18	16	5
3	12	9	14	10	17	9	13	16
4	4	23	15	5	7	21	12	12
5	11	3	14	14	25	7	19	7
6	7	11	23	6	5	19	12	17
7	5	18	9	18	21	4	14	11
8	22	17	5	9	10	10	15	12
9	13	9	23	16	6	18	8	7
10	17	7	9	4	22	20	11	10
11	6	10	6	13	24	18	15	8
12	15	24	11	9	16	11	8	6
13	4	20	17	11	9	22	10	7
14	9	8	7	6	13	16	18	23
15	10	9	15	12	22	5	17	10
16	11	5	14	18	4	9	21	18
17	5	22	16	18	10	13	9	7
18	12	19	5	11	23	7	17	6
19	7	11	14	3	14	25	19	3
20	16	12	14	9	17	10	13	9

2. Визначте зону потенційного забруднення ґрунтів важкими металами та кількість ключових ділянок для проведення спостережень, використовуючи наявні вихідні дані.

3. На основі базового матеріалу розрахуйте кількість свинцю, що потрапила у верхні шари ґрунту прилеглих територій, залежно від відстані до магістралі. Результати розрахунків бажано відобразити графічно, показавши розподіл свинцю в придорожній зоні ландшафту.

Нижче наведено приклад розрахунків забруднення ґрунту придорожньої смуги автотранспортними викидами свинцю.

*Приклад:* визначення кількості відкладень свинцю у ґрунті при реконструкції дороги III категорії за нормативами I категорії.

Початкові дані:

– прогнозована інтенсивність руху на розрахунковий термін за даними економічного обґрунтування – 9800 автомобілів на добу;

– річний темп зростання інтенсивності руху – 5 %;

– середня швидкість транспортного потоку при відмові від реконструкції – 30 км/год; середня швидкість після реконструкції – 70 км/год;

– розрахунковий термін експлуатації дороги – 20 років ( $7,3 \cdot 10^3$  доби);

– у разі відмови від будівництва дороги – 22 роки ( $8,03 \cdot 10^3$  доби). – виходячи з «рози вітрів», коефіцієнт  $U_v = 0,7$ ;

- фонове забруднення відсутнє;
- тип земель – рілля, щільність ґрунту –1600 кг/м<sup>3</sup>, глибина оранки – 0,2 м; дані про склад транспортного потоку приведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Характеристика транспортного потоку

Тип автомобілів	Вміст у потоці, %	Інтенсивність, авт./доб.	Тип палива	Середня експлуатаційна витрата палива, л/км
Легкові	40	2480	А-92	0,11
Малі вантажні карбюраторні	5	310	А-76	0,16
Вантажні карбюраторні	30	1860	А-76	0,33
Вантажні дизельні	20	1240	Дизельне паливо	0,34
Автобуси карбюраторні	5	310	А-76	0,37
Разом	100	6200		

*Розв'язок:* Розрахунок для випадку відмови від реконструкції дороги:

– за рис. 3.1 відповідно до середньої швидкості транспортного потоку  $m_p = 4,0$ ;

– за формулою 3.3 визначаємо емісію свинцю:

$$P_e = 0,74 \cdot 0,8 \cdot 4,0 \cdot 0,8 \cdot (0,11 \cdot 0,37 \cdot 2480 + 0,16 \cdot 0,17 \cdot 310 + 0,33 \cdot 0,17 \cdot 1860 + 0,37 \cdot 0,17 \cdot 310) = 552,2 \text{ мг/м за добу};$$

– за табл. 3.1 визначуваний  $K_1=0,5$  для відстані від краю проїжджої частини (20 м);

– за формулою 3.2 визначаємо кількість відкладень свинцю на поверхні землі у 10 м від краю проїжджої частини:

$$P_{пов} = (0,4 \cdot 0,10 \cdot 0,7 \cdot 7300 \cdot 552,3) + 8030 = 106838,42 \text{ мг/м}^2;$$

– за формулою 3.1 визначаємо кількість свинцю у ґрунті:

$$P_v = 106838,42 / 0,3 \cdot 1600 = 222,58 \text{ мг/кг};$$

– аналогічно визначається вміст свинцю у ґрунті на інших відстанях.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Моніторинг довкілля. Практикум : навч. видання. / Т. В. Ананьєва. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 172 с.



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4** **МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНКА СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО** **СЕРЕДОВИЩА ЗА НАЯВНІСТЮ ТА РІЗНОМАНІТНІСТЮ** **ЛИШАЙНИКІВ**

### **МЕТА РОБОТИ:**

Ознайомитися з принципами ліхеноіндикації – методу біологічної індикації забруднення навколишнього середовища з використанням лишайників як рослин-індикаторів.

### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА:**

Лишайники є широко поширеними організмами, що відзначаються високою екологічною валентністю та чутливістю до впливу забруднювачів. Дослідження лишайникової флори в населених пунктах і поблизу великих промислових підприємств показують, що стан навколишнього середовища безпосередньо впливає на їх розвиток. За видовим складом та поширеністю лишайників можна робити висновки щодо рівня забруднення середовища.

У промислових районах спостерігається пряма залежність: зі зростанням забруднення природного середовища зменшується чисельність певних видів лишайників. Тому лишайники вважаються ефективними біологічними індикаторами – організмами, стан і наявність яких відображають зміни середовища.

Лишайники поглинають воду всією поверхнею талому, переважно із атмосферних опадів та частково з водяних парів повітря. Їхня вологість нестала і залежить від вологості навколишнього середовища. Поглинання води відбувається фізично, а не фізіологічно, на відміну від вищих рослин. Лишайники можуть тривалий час залишатися майже сухими (2–10 % від маси), у цьому стані життєві процеси призупиняються та відновлюються при першому зволоженні. Така особливість дозволяє витримувати інтенсивне сонячне опромінення, нагрівання та охолодження.

Мінеральні речовини надходять у тіло лишайника із ґрунту, гірських порід, дерев, проте більшість елементів поглинається з атмосферних опадів і пилу. Поглинання з дощової води відбувається дуже швидко. Оскільки кислотність і токсичність опадів можуть значно змінюватися (наприклад, у зоні металургійних підприємств опади мають кислий характер, а у зоні лужних викидів – лужний), підвищення концентрації хімічних сполук у воді та повітрі збільшує їхній вміст у сланях лишайників.

Лишайники, що ростуть у лісах, накопичують більше мінеральних та органічних речовин, ніж лишайники відкритих місць. Особливо багато елементів поглинають епіфітні лишайники, що ростуть на деревах. За допомогою таких лишайників можна визначити наявність у атмосфері близько 30 елементів, включно з літієм, натрієм, калієм, магнієм, кальцієм, стронцієм, алюмінієм, титаном, ванадієм, хромом, марганцем, залізом,

нікелем, міддю, свинцем, ртуттю, ураном, фтором, йодом, сіркою та іншими.

Наближення до джерела забруднення супроводжується потовщенням слані, її ущільненням, втратою плодового тіла та покриттям соредіями. Подальше забруднення призводить до змін забарвлення лишайників (білуватий або фіолетовий) та зморщування таломів, що з часом спричиняє загибель організмів.

Найчутливіші лишайники до діоксиду сірки: концентрація  $0,5 \text{ мг/м}^3$  є смертельною для всіх видів. На територіях із середньою концентрацією  $\text{SO}_2$  понад  $0,3 \text{ мг/м}^3$  лишайники майже відсутні. При віддаленні від джерела забруднення і зменшенні концентрації  $\text{SO}_2$  від  $0,3$  до  $0,05 \text{ мг/м}^3$  спершу з'являються накипні лишайники, потім листуваті (фісція, леканора, ксанторія). Зменшення концентрації до  $0,05 \text{ мг/м}^3$  сприяє розвитку кущистих (уснея, алекторія, анаптихія) та деяких листуватих (лобарія, пармелія) лишайників.

Чутливість лишайників до забруднювачів зумовлена неможливістю вивільнити поглинені токсичні речовини, що призводить до фізіологічних порушень і морфологічних змін. На поширення лишайників впливає також кислотність субстрату: на нейтральній корі вони ростуть краще, ніж на кислій, що пояснює залежність видового складу від породи дерев.

У 1926 р. шведський дослідник Р. Серкандер поділив Стокгольм на три зони за чисельністю лишайників: «лишайникова пустеля» (центр міста), «зона пригнічення» (окремі екземпляри) та «нормальна зона» – передмістя.

Таблиця 4.1 - Поширеність лишайників у різних районах міста

<b>Зони лишайників</b>	<b>Район міста</b>	<b>Концентрація діоксиду сірки</b>
«Лишайникова пустеля» (лишайники практично відсутні).	Центр міста і промислові райони, повітря сильно забруднене	Вище $0,3 \text{ мг/м}^3$
«Зона пригнічення» (флора лишайників бідна – переважно накипні і листуваті види).	Район міста із середнім рівнем забрудненості	$0,05 \text{ мг/м}^3$ – $0,3 \text{ мг/м}^3$
«Зона нормальної життєдіяльності» максимальна видова різноманітність; зустрічаються і кущисті лишайники.	Окраїни міста, приміські території, паркові зони	Менше $0,05 \text{ мг/м}^3$

На основі наявності та різноманітності лишайників можна виділити такі закономірності:

Чим вище рівень забруднення середовища, тим менша чисельність та видовий склад лишайників.

Зі зростанням забруднення зменшується площа кори дерева, вкритої лишайниками.

Найчутливішими до підвищеного забруднення є куцисті лишайники, які зникають першими, далі – листуваті, а накипні лишайники зберігаються найдовше.

### **ЗАВДАННЯ:**

**Завдання 1.** Провести польові спостереження у власному населеному пункті, зібрати дані про поширеність і видове різноманіття лишайників на деревах та виконати оцінку стану атмосферного повітря за методикою ліхеноіндикації (рис. 4.1).

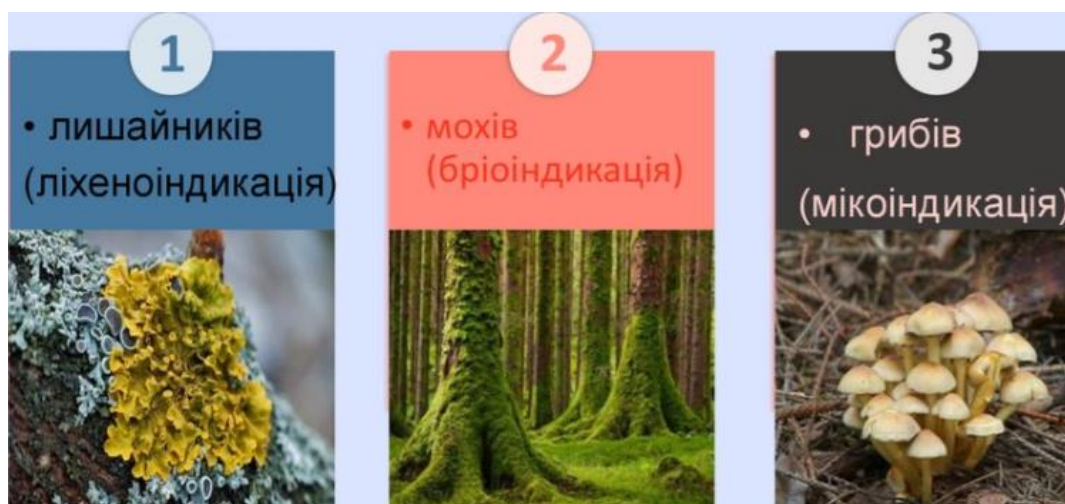


Рисунок 4.1 – Види біоіндикацій

#### *Етап 1. Підготовка до польового дослідження*

1. Оберіть 2–3 ділянки у своїй місцевості: район із можливим підвищеним забрудненням (центр міста, біля дороги, біля підприємства); житловий район середньої забудови; зелену зону / парк / околицю (контрольна ділянка).

2. Підготуйте необхідні матеріали: смартфон для фотофіксації; блокнот або Google-форма для запису даних; схема визначення типів лишайників (рис. 4.2).

#### *Етап 2. Польові спостереження*

1. Підійдіть до 3–5 дерев на кожній з обраних ділянок, для кожного дерева зафіксуйте:

Тип лишайників: куцисті, листуваті, накипні чи відсутні.

Площа покриття кори лишайниками (візуальна оцінка) (рис. 4.3):

- 0 %
- 1–10 %
- 10–30 %
- понад 30 %

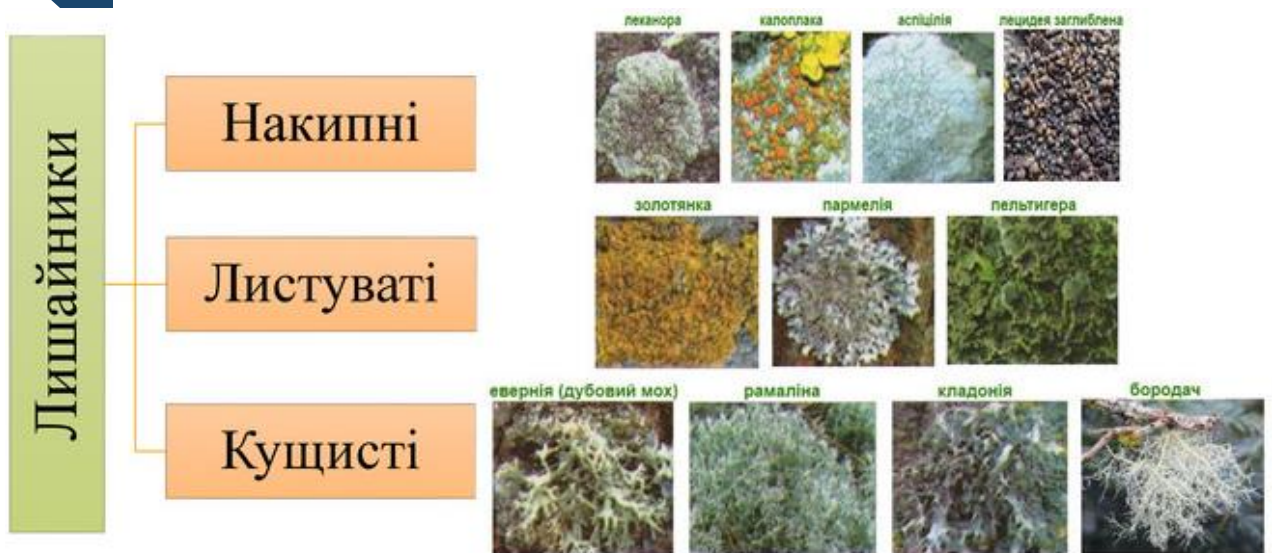


Рисунок 4.2 – Види лишайників

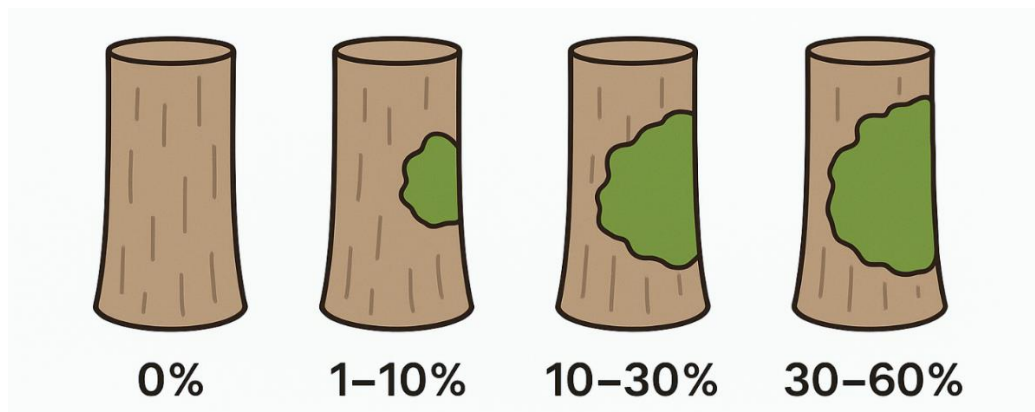


Рисунок 4.3 – Площа покриття кори лишайниками

2. Зробіть фото лишайників (для підтвердження і подальшої перевірки).

3. Запишіть орієнтовні характеристики місця спостережень: інтенсивність руху транспорту; наявність джерел забруднення (дорога, кафе, котельня, завод); наявність зелених насаджень; тощо.

*Етап 3. Попереднє визначення «лишайникових зон»*

Використовуючи отримані дані, віднесіть досліджувані ділянки до однієї з зон:

«Лишайникова пустеля» – зона сильного забруднення: лишайники майже відсутні; зберігаються тільки накипні; площа покриття кори  $\leq 5-10\%$ .

«Зона пригнічення» – середнє забруднення: наявні листуваті лишайники, але небагато; кущисті відсутні; покриття кори  $10-20\%$ .

«Нормальна зона» – слабке забруднення / чисте повітря: багато листуватих і кущистих лишайників; покриття кори понад  $20-30\%$ ; зустрічаються види, чутливі до  $SO_2$ .

*Етап 4. Аналітична частина (обробка результатів)*

Заповніть таблицю для всіх ділянок

Таблиця 4.2 – Результати польових досліджень

Ділянка	Типи лишайників	Площа вкриття	Ймовірний рівень забруднення
№1			
№2			
№3			

*Етап 5. Порівняння з теоретичними закономірностями*

Перевірте, чи відповідають польові дані класичним закономірностям:

Чим більше забруднення → тим менше лишайників.

Чим більше забруднення → тим менша площа покриття кори.

Найчутливіші – кущисті, потім листоваті, найстійкіші – накипні.

*Етап 6. Висновок*

У висновку наведіть наступне:

- визначити найчистішу і найзабрудненішу ділянку;
- пояснити зв'язок між типами лишайників і рівнем забруднення

повітря;

- зробити припущення щодо потенційних джерел забруднення;
- оцінити достовірність результатів та можливі похибки (пора року, вік дерев, порода дерева тощо).

**Завдання 2.** Дайте письмові відповіді на запитання:

1) Поясніть сутність методу ліхеноіндикації.

2) Чим обумовлена виняткова чутливість лишайників до забруднювачів?

3) Які «зони лишайників» можна виділити на міській території в залежності від забруднення повітря?

4) На яких закономірностях ґрунтується методика оцінювання забруднення атмосфери за наявністю та різноманітністю лишайників?

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. EN 16413:2014. Ambient air – Biomonitoring with lichens. European Committee for Standardization (CEN). – Brussels: CEN, 2014. – 16 p. URL: [https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/60c434bc-1493-47ff-9b03-c8021c48f88e/en-16413-2014?srsId=AfmBOoqHrIVyaf7AKsPnyOUa7R2kV9Q0AG\\_ooAYp8XjB70-0SvznPxQ9&utm\\_source=chatgpt.com](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/60c434bc-1493-47ff-9b03-c8021c48f88e/en-16413-2014?srsId=AfmBOoqHrIVyaf7AKsPnyOUa7R2kV9Q0AG_ooAYp8XjB70-0SvznPxQ9&utm_source=chatgpt.com)

## ПОДАННЯ НА ПЕРЕВІРКУ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Контроль за підготовкою, поданням і захистом лабораторних робіт з дисципліни «Методи досліджень та моніторинг довкілля» здійснюється через освітню платформу Moodle, де створюється відповідний розділ для завантаження виконаних завдань. Лабораторні роботи подаються студентами у встановлені терміни згідно з графіком навчального процесу.

Після отримання звітів викладач протягом одного тижня здійснює їх перевірку, надає коментарі, зауваження та рекомендації щодо усунення недоліків і вдосконалення результатів досліджень. Студент має можливість доопрацювати роботу з урахуванням отриманих зауважень, після чого виставляється остаточна оцінка.

Кожна лабораторна робота оцінюється за п'ятибальною шкалою з урахуванням таких критеріїв:

- якість виконання - коректність застосування методів дослідження, правильність розрахунків і відповідність методичним вимогам;
- дотримання термінів - своєчасність подання звіту;
- оформлення - структурованість, логічність викладу результатів та дотримання встановлених вимог;
- обґрунтованість висновків - повнота аналізу отриманих даних і відповідність висновків меті лабораторної роботи.

Оцінки за лабораторні роботи є складовою поточного контролю та враховуються під час підсумкового оцінювання з дисципліни «Методи досліджень та моніторинг довкілля».

Таблиця 1 - Критерії оцінювання практичної роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
1	2
0 балів	Робота не виконана
1 бал	Лабораторна робота виконана поверхово, без розкриття мети та змісту дослідження. Теоретичні основи методів моніторингу не відображені, практичні розрахунки або вимірювання відсутні чи виконані некоректно. Отримані дані не проаналізовані. Завдання виконані частково або з грубими помилками. Оформлення звіту суттєво не відповідає встановленим вимогам.
2 бали	Робота свідчить про недостатнє розуміння теоретичних засад методів досліджень і моніторингу довкілля. Вибір методів є необґрунтованим або некоректним, обробка результатів виконана з помилками. Висновки нечіткі або

	нелогічні. Завдання виконані неповністю. Оформлення звіту не відповідає методичним вимогам.
3 бали	Лабораторна робота виконана з опорою на теоретичні основи, проте наявні неточності у застосуванні методів досліджень або обробці експериментальних даних. Завдання виконані частково, допускаються помилки в розрахунках чи інтерпретації результатів. Висновки сформульовані неповно. Оформлення звіту містить суттєві недоліки.
4 бали	Звіт демонструє розуміння теоретичних основ і здатність застосовувати методи досліджень та моніторингу довкілля на практиці. Дані отримані та оброблені коректно, проте висновки можуть містити незначні неточності або бути недостатньо розгорнутими. Завдання виконані з незначними відхиленнями від вимог. Оформлення відповідає встановленим вимогам із незначними зауваженнями.
5 балів	Лабораторна робота виконана на високому рівні, із глибоким розумінням і творчим застосуванням методів досліджень та моніторингу довкілля. Вибір методів обґрунтований, результати вимірювань і розрахунків коректно оброблені та проаналізовані. Висновки чіткі, логічні та повністю відповідають меті роботи. Завдання виконані у повному обсязі, оформлення звіту повністю відповідає методичним вимогам.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моніторинг довкілля : підручник / В. М. Боголюбов та ін. ; за ред. В. М. Боголюбова. – Вид. 2-ге, перероб. і доп. Київ : НУБіПУ, 2018. 435 с.
2. Ананьева Т. В. Моніторинг довкілля. Практикум : навч. видання. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 172 с.
3. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : підруч. / Г. І. та ін. Северодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2019. 420 с.
4. Бруханський Р. Ф. Методологія наукових досліджень : навчальний посібник. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2022. 208 с.
5. Acevedo M. F. Real-Time Environmental Monitoring. 2nd ed. Taylor&Francis. 2023. URL: <https://read.kortext.com/reader/epub/2418366> (дата звернення: 01.12.2025).
6. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391. Дата оновлення: 26.09. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п#Text> (дата звернення: 01.12.2025).
7. Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення : Наказ М-ва аграр. політики України від 26.02.2004 № 51. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text> (дата звернення: 01.12.2025).
8. Про затвердження Положення про моніторинг земель : Постанова Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 661. Дата оновлення: 22.05.2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-п#Text> (дата звернення: 01.12.2025).
9. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 20.07.1996 № 815. Дата оновлення: 1.01. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/815-96-п#Text> (дата звернення: 01.12.2025).
10. Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря : Постанова Кабінету Міністрів України від 09.03.1999 № 343. Дата оновлення: 5.09.2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-п#Text> (дата звернення: 01.12.2025).
11. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. Дата оновлення: 15.11. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 01.12.2025).
12. ДСТУ ISO 5667-10:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 10. Настави щодо відбирання проб стічних вод. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с. URL:

<http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?iddoc=52415> (дата звернення: 01.12.2025).

13. ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод. [Чинний від 2006-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 12 с. URL: <http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?iddoc=52474> (дата звернення: 01.12.2025).

14. ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб. [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 28 с. URL: <http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?iddoc=58855> (дата звернення: 01.12.2025).

15. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб. [Чинний від 2006-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2004. 36 с. URL: <http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?iddoc=58984> (дата звернення: 01.12.2025).

16. Гурець Л. Л. Моніторинг довкілля : конспект лекцій. Суми : Сумський державний університет, 2016. 250 с.

17. Коваленко Ю. Л. Моніторинг довкілля : конспект лекцій для студентів 2 і 3 курсів денної та 3 курсу заочної форм навчання за спеціальностями 183 – Технології захисту навколишнього середовища та 101 – Екологія / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 144 с.

18. Щепак В. В. Моніторинг та охорона земель : навч. посіб. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 120 с.

19. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посіб. 4-е вид. Суми : Університетська книга, 2019. 316 с.

20. Таврель М. І. Оцінка стану ґрунтів внаслідок ерозійних процесів гірничопромислових районів. Комплексне використання ресурсів довкілля : матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Дрогобич, 20 листопада 2024 р.). Дрогобич, 2024. С. 179-184. URL: <https://dspace.mipolytech.education/items/a5cf1d96-7d22-4bb5-aa89-44e29ed6efc5>

21. Matsak A. O., Rybalova O. V., Artem'ev S. R., Bryhada O. V., Il'inskyi O. V., Tymbal B. M. Impact of climate change on drainage systems. *Annali d'Italia*. 2024. № 60. С. 20–24. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/21220>

22. Matsak A. O., Rybalova O. V., Artem'ev S. R., Bryhada O. V., Il'inskyi O. V., Rychlyk K. V. Integrated assessment of the ecological state of the Chernihiv region. *Scientific discussion*. 2024. Vol. 1, № 93. С. 8–13. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20650>

23. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 01.12.2025).

24. Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/> (дата звернення: 01.12.2025).

25. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНБЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 01.12.2025).

26. Дані державного моніторингу поверхневих вод - Набори даних - Портал відкритих даних : Data.gov.ua. URL: <https://data.gov.ua/dataset/surface-water-monitoring> (дата звернення: 01.12.2025).

27. ЕкоЗагроза : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/> (дата звернення: 01.12.2025).

28. SaveEcoBot. Єдина в Україні екологічна система : веб-сайт. URL: <https://www.saveecobot.com/> (дата звернення: 01.12.2025).

29. ЕкоСистема. Національна онлайн-платформа, яка містить актуальну інформацію про стан довкілля : веб-сайт. URL: <https://eco.gov.ua/> (дата звернення: 01.12.2025).

30. Інтерактивна карта ґрунтів України : Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#x> (дата звернення: 01.12.2025).

31. Карта «Перевищення ГДК показників якості води на постах спостереження» : Державне агенство водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 01.12.2025).

32. Карта радіаційного фону в Україні онлайн: моніторинг радіації : SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/radiation-maps> (дата звернення: 01.12.2025).

33. Якість повітря в Україні онлайн: карта моніторингу якості повітря : SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/maps> (дата звернення: 01.12.2025).



**ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА**

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**КАФЕДРА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ**

**«МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ»**

**Лабораторна робота №\_\_**

**Тема: «.....»**

Група \_\_\_\_\_

ПІБ \_\_\_\_\_

Перевірив(ла): \_\_\_\_\_

(ПІБ викладача)

Запоріжжя, 20\_\_



*Навчально-методичне видання*

**Таврель Марина Ігорівна  
Мацак Антон Олександрович  
Богомаз Ольга Петрівна**

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ**

методичні рекомендації  
до виконання лабораторних завдань

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції