

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт з дисципліни
«Комп'ютеризований моніторинг довкілля»
зі спеціальності «Екологія»**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт з дисципліни
«Комп'ютеризований моніторинг довкілля»
зі спеціальності «Екологія»**

Вінниця
ВНТУ
2026

Рекомендовано до видання Радою з якості освіти Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 12 від 28.05.2026 р.)

Рецензенти:

В. Г. Петрук, доктор технічних наук, професор

О. О. Ткачук, кандидат біологічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Комп'ютеризований моніторинг довкілля» зі спеціальності «Екологія» / уклад. С. М. Кватернюк. Електрон. текст. дані. Вінниця : ВНТУ, 2026. 22 с.

Методичні вказівки призначені для студентів екологічних спеціальностей та містять рекомендації щодо виконання практичних робіт з дисципліни «Комп'ютеризований моніторинг довкілля». Методичні вказівки розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Комп'ютеризований моніторинг довкілля».

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5	18
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	21

ВСТУП

Необхідність вивчення дисципліни «Комп'ютеризований моніторинг довкілля» зумовлена тим, що професійна діяльність вимагає від фахівців освоєння системи спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Предметом вивчення дисципліни є теорія і методика організації і функціонування системи моніторингу окремих компонентів навколишнього середовища на різних рівнях ієрархії цієї державної служби. Курс базується на знаннях з вищої математики, фізики, хімії з основами біогеохімії, біології, екології.

Мета викладання дисципліни є формування теоретичних знань, умінь та практичних навичок, необхідних для вирішення задач у галузі моніторингу довкілля.

Основними завданнями вивчення дисципліни є постановка і вироблення теоретичних засад практичного розв'язання проблем організації спостережень; наукове обґрунтування складу, структури мережі й методів спостережень за природним фоном, природними явищами, планетарними процесами, рівнем забруднення середовищ, станом біоти, фізичними параметрами біосфери; вибір методів, методик оцінювання і прогнозування стану довкілля; розроблення рекомендацій щодо управління станом складових біосфери.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Завдання. Опанувати методологію просторового розміщення постів спостереження за якістю атмосферного повітря. Розрахувати пріоритетність контролю забруднюючих речовин за параметром споживання повітря та засвоїти методику відбору газових і аерозольних проб.

Методика виконання

Оснoву обстеження повітряного басейну становить визначення концентрацій забруднюючих речовин (діоксиду сірки, оксидів азоту, оксиду вуглецю, важких металів та дисперсних часток) за різних метеорологічних умов. Організація спостережень вимагає чіткої просторово-часової дискретизації. Існують чотири основні види постів спостереження, які формують каркас екологічного контролю:

1. **Стаціонарні пости:** Забезпечують безперервну реєстрацію показників за обов'язковими програмами 4 рази на добу незалежно від погодних умов. Вони розміщуються з урахуванням аеродинамічних перешкод: вхідний отвір зонду має знаходитися на висоті від 1,5 м до 4 м від землі, на відстані не менше 0,5 м від найближчої будівлі та подалі від локальних джерел незмішаних викидів.

2. **Маршрутні пости:** Призначені для регулярного відбору проб у фіксованих точках за допомогою пересувних автолабораторій. Використовуються для просторового доповнення стаціонарної мережі.

3. **Підфакельні (пересувні) пости:** Використовуються для відбору проб під димовим факелом джерела викиду для виявлення зони його максимального впливу. Проби відбирають за переважаючим напрямком вітру на відстанях від 0,2 км до 20 км від джерела. Максимальна зона забруднення атмосферного повітря (R) орієнтовно дорівнює $20H$, де H – висота джерела викиду.

4. **Епізодичні пости:** Застосовуються для первинної інвентаризації або під час надзвичайних ситуацій.

Методологія відбору проб базується на двох підходах: аспіраційному та методі заповнення посудин обмеженого об'єму. Для зважених домішок (аерозолів, пилу) застосовують виключно аспіраційний метод – протягування точно виміряного об'єму повітря через фільтри. Оптимальний об'єм повітря (V), необхідний для визначення токсичної домішки із заданою точністю, розраховується за формулою:

$$V = \frac{a \cdot V_0}{V_n \cdot K \cdot \Gamma \text{ДК}}, \quad (1.1)$$

де a – нижня межа виявлення речовини (мкг),

V_0 – загальний обсяг проби (мл),

V_n – об'єм проби для аналізу (мл),

K – коефіцієнт, що відповідає часткам ГДК, ГДК – гранично допустима концентрація (мг/м³).

Вибір пріоритетних речовин для спостереження базується на обчисленні параметра споживання повітря ($СП_i$), який вказує на об'єм чистого повітря, необхідний для розбавлення емісії до безпечного рівня:

$$СП_i = \frac{M_i}{q_i}, \quad (1.2)$$

де M_i – сумарна емісія домішки (тис. т/рік),

q_i – наявна концентрація домішки (мг/м³).

Приклад виконання

Припустимо, необхідно визначити доцільність встановлення стаціонарного поста для контролю діоксиду сірки (SO_2) у промисловому місті. Сумарна емісія SO_2 від місцевої ТЕЦ становить $M_i = 15$ тис. т/рік. Розрахункова (очікувана) середня концентрація у приземному шарі становить $q_i = 0,08$ мг/м³. Гранично допустима середньодобова концентрація ГДК_{с.д.} для SO_2 становить 0,05 мг/м³. Спочатку визначаємо параметр реального споживання повітря: $СП_i = 15/0,08 = 187,5$. Потім визначаємо нормативний параметр споживання повітря: $СП_{ні} = 15/0,05 = 300$. Оскільки $СП_{ні} > СП_i$ (очікувана концентрація перевищує ГДК), діоксид сірки обов'язково включається до пріоритетного переліку домішок для щоденного контролю на стаціонарних і підфакельних постах цього міста.

Індивідуальні завдання.

Завдання 1. За даними Таблиці 1.1 розрахувати оптимальний об'єм повітря (V), необхідний для аспірації під час відбору проби для заданої речовини.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для розрахунку об'єму аспірації повітря

Варіант	Речовина	a (мкг)	V1 (мл)	V2 (мл)	n (частки)	ГДК (мг/м ³)
1	Діоксид сірки (SO_2)	2,0	10	5	0,5	0,05
2	Оксид вуглецю (CO)	5,0	50	10	1,0	3,0
3	Діоксид азоту (NO_2)	1,5	20	10	0,5	0,04

Продовження таблиці 1.1.

4	Тверді частки (PM10)	10,0	15	5	0,8	0,15
5	Бенз(а)пірен	0,001	5	2	0,5	0,000001

Завдання 2. За даними Таблиці 1.2 розрахувати фактичний ($СП_i$) та нормативний ($СП_{ni}$) параметри споживання повітря для кожної домішки. Зробити висновок щодо доцільності включення кожної речовини до пріоритетного переліку щоденного контролю.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для визначення пріоритетності контролю

Варіант	Домішка	Емісія M_i (тис,т/рік)	Фактична конц, C_i (мг/м ³)	ГДК (мг/м ³)
1	SO ₂	120	0,08	0,05
	NO ₂	45	0,03	0,04
	CO	300	2,5	3,0
2	Пил	80	0,2	0,15
	SO ₂	150	0,04	0,05
	NO ₂	60	0,06	0,04
3	CO	400	4,0	3,0
	Пил	90	0,1	0,15
	SO ₂	110	0,07	0,05
4	NO ₂	70	0,05	0,04
	CO	250	3,5	3,0
	Пил	100	0,18	0,15
5	SO ₂	130	0,06	0,05
	NO ₂	55	0,05	0,04
	CO	350	2,0	3,0

Схема опису результатів обстеження

За результатами роботи складається уніфікований звіт за наведеною схемою:

Код пункту спостережень: (наприклад, UA-1-01-01-1-1).

Тип пункту: (промисловий, міський фоновий, транспортно-орієнтований, приміський, сільський).

Метеорологічні умови: Температура (°C), швидкість (м/с) та напрямок вітру, атмосферний тиск (кПа).

Характеристика підстилаючої поверхні в радіусі 100 м: (суха запилена, зелена трава, сніг тощо).

Розрахунковий об'єм аспірації повітря (V).

Висновок щодо пріоритетності контролю: (Перелік речовин, відсортований за значенням СП_{ні}).

Визначник забруднювачів атмосфери

I. Речовини-забруднювачі загального характеру:

Діоксид сірки (SO₂): Безбарвний газ із різким запахом. Утворюється переважно при спалюванні вугілля та мазуту на ТЕЦ. В атмосфері окислюється до сірчаного ангідриду, реагує з водяною парою, утворюючи кислотні дощі. Негативно впливає на дихальні шляхи, пригнічує окислювальні процеси в організмі.

Оксид вуглецю (CO): Безбарвний газ, що не має запаху. Основне джерело – неповне згоряння палива у двигунах внутрішнього згоряння. Високотоксичний, зв'язується з гемоглобіном крові (утворюючи карбгемоглобін), блокуючи транспорт кисню до тканин.

Оксиди азоту (NO_x): Діоксид азоту – газ бурого кольору з задушливим запахом. Утворюється при високотемпературному горінні. Є ключовим каталізатором утворення фотохімічного смогу та вторинного озону у приземному шарі атмосфери.

II. Специфічні високотоксичні домішки:

Бенз(а)пірен: Поліциклічний ароматичний вуглеводень. Утворюється при неповному згорянні органічних речовин. Відзначається надзвичайно високою канцерогенною та мутагенною активністю. Часто адсорбується на поверхні твердих частинок (сажі), експоненційно підвищуючи токсичність аерозолі. У деяких великих містах максимальні концентрації досягають 0,4-0,7 мкг/м³.

Тверді частки (PM_{2.5}/PM₁₀): Дрібнодисперсний пил та аерозолі, здатні проникати глибоко в альвеоли легень. До їх складу часто входять солі важких металів. Концентрації свинцю у повітрі багатьох міст досягають значних величин. Вимірювання здійснюються автоматичними станціями моніторингу (наприклад, Air Fresh Max).

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

БІОІНДИКАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО СТАНУ НАСАДЖЕНЬ В УРБОСИСТЕМІ

Завдання. Визначити якість атмосферного повітря та загальний рівень антропогенного навантаження на урбосистему за допомогою методів біоіндикації (оцінка життєвого стану деревних рослин та ліхеноіндикація).

Методика виконання

Інструментальні методи вимірювання фіксують концентрацію токсикантів лише в дискретний момент відбору проби, тоді як живі організми зазнають безперервного кумулятивного впливу середовища. Біоіндикація використовує живі організми (біоіндикатори та рослини-монітори) як довгострокові природні сенсори, що відображають синергетичний ефект багатокомпонентного забруднення.

Рослина-індикатор сигналізує про наявність забруднювачів специфічними ознаками ушкоджень. Ключовим параметром є діагностика некрозів (відмирання тканин) та хлорозів (руйнування хлорофілу). Для здійснення біоіндикації закладаються пробні майданчики (трансекти) за градієнтом віддаленості від автомагістралі чи заводу (наприклад, 0-2 м, 10 м, 50 м, 100 м та контрольна чиста зона). На кожній ділянці оцінюється від 10 до 20 дерев одного виду та віку. Життєвий стан класифікується за такими категоріями:

Здорові дерева: Крона густа, листя/хвоя має нормальне забарвлення, без ознак пошкоджень.

Ослаблені (пошкоджені): Крона розріджена, наявні хлорози (до 20% площі листя), сухі гілки складають до 10-15%.

Сильно пошкоджені: Крона сильно ажурна, спостерігається масове передчасне опадання листя, некрози займають понад 50% площі листових пластинок, виражена суховершинність.

Сухостій: Дерево повністю втратило життєздатність.

Особливим напрямом є ліхеноіндикація. Лишайники не мають кутикули та справжніх коренів, тому абсорбують воду і розчинені в ній токсиканти всією поверхнею талому. Їх видовий склад і ступінь покриття прямо корелюють із вмістом діоксиду сірки в повітрі. На кожному дереві (на висоті 1,3-1,5 м) за допомогою палетки (сітки 10x10 см) підраховується відсоток покриття кори накипними, листоватими та кущистими лишайниками. Наявність лише накипних лишайників свідчить про сильне забруднення, тоді як багате розмаїття кущистих видів є ознакою еталонно чистого повітря.

Приклад виконання

Досліджується ділянка лісосмуги вздовж інтенсивної автомагістралі. При візуальному огляді листків клена гостролистого (*Acer platanoides*) на

відстані 2 м від дороги виявлено масовий крайовий некроз, що охоплює до 40% периметра листових пластинок. На стовбурах дерев повністю відсутні кущисті та листуваті лишайники (просторове явище «лишайникової пустелі»). На відстані 50 м від дороги поширеність крайового некрозу спадає до 5%, і починають з'являтися поодинокі екземпляри листуватих лишайників (ксанторія настінна). Це дозволяє зробити висновок, що основне навантаження солями важких металів (які спричиняють крайовий некроз через кумуляцію) локалізоване у вузькій 20-метровій буферній зоні, а якість повітря поступово відновлюється на віддаленні.

Таблиця 2.1 – Схема опису результатів

Категорія життєвого стану / Показник	Трансекта 1 (0-2 м від дороги), %	Трансекта 2 (10 м від дороги), %	Трансекта 3 (50 м від дороги), %	Контрольна ділянка (парк), %
Здорові дерева				
Ослаблені (пошкоджені)				
Сильно пошкоджені				
Сухостій				
Проективне покриття лишайниками				
Панівний тип некрозу				

Визначник фітопатологій

За типом морфологічних ушкоджень:

Цяткові некрози: Дрібні крапкоподібні відмирання тканини, переважно на верхній частині листків. Виникають внаслідок потрапляння на листок краплин сульфатної або нітратної кислот під час кислотних дощів чи смогу. Також є типовою реакцією на вплив високих концентрацій озону (O₃)

– наприклад, 500 мкг/м³ протягом 4 годин.

Крайові некрози: Відмирання країв листової пластинки. Є прямим свідченням накопичення солей важких металів (свинцю, кадмію), що мігрують із судинної системи рослини до периферії листка і концентруються там до токсичних рівнів. У хвойних порід це проявляється як відмирання кінчиків хвоїнок.

Міжжилкові некрози та хлорози: Знебарвлення та відмирання тканин між жилками листка. Класична реакція на хронічну дію діоксиду сірки (SO₂). Газ проникає через продихи, руйнує хлоропласти та порушує процеси фотосинтезу.

Чутливість рослин до специфічних токсикантів:

Діоксид сірки (SO₂): Чутливі – люцерна, ячмінь, бавовник, соєві боби, яблуня, хвойні породи. Стійкі – картопля, кукурудза, клен, кульбаба.

Флуорид водню (HF): Чутливі – гладіолуси, тюльпани, абрикос, сосна, виноград. Стійкі – бавовник, тютюн, селера.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

КОМПЛЕКСНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Завдання. Опанувати процедуру організації створів та постів моніторингу поверхневих вод. Провести відбір проб води та визначити органолептичні, фізико-хімічні та гідробіологічні показники якості екосистеми.

Методика виконання

Гідросфера є складним рецептором антропогенного навантаження. Забруднення водних екосистем класифікується за природою агентів на органічне (сапробізація), біогенне (евтрофікація), токсичне, кислотне, радіаційне та теплове.

Організація спостережень вимагає створення просторової сітки пунктів та створів. Створ – це умовний поперечний переріз водойми або водотоку, де проводять відбір проб. Розміщення створів залежить від локалізації скидів стічних вод:

- Якщо є організований скид, встановлюється мінімум два створи: один фоновий (вище за течією від скиду на 0,5-1,0 км) і один або декілька контрольних (нижче за течією, у місцях повного змішування стічних вод із річковими).
- На кожному створі встановлюються вертикалі. На невеликих річках достатньо однієї вертикалі посередині течії (стрижні).
- Відбір проб по вертикалі здійснюється з різних горизонтів залежно від глибини: при глибині до 5 м – один горизонт біля поверхні (0,2-0,3 м); при глибині 5-10 м – два горизонти (біля поверхні та в придонному шарі на 0,5 м від дна); при глибині понад 10 м – три горизонти (додається проміжний шар).

Для відбору проб з глибини використовуються батометри (горизонтальні, перекидні, наприклад, Молчанова або Рутгнера), які забезпечують хімічну інертність і щільне закриття, запобігаючи контакту проби з атмосферним повітрям. Забір проб для аналізу на розчинений кисень або сірководень проводиться через сифонну трубку до дна склянки, щоб уникнути аерації.

Після відбору проводяться фізико-хімічні та гідробіологічні вимірювання:

- *Органолептичні властивості:* Температура вимірюється безпосередньо у водоймі (термометр витримується не менше 5 хв). Прозорість визначається висотою стовпа води (в см), через який чітко видно стандартний шрифт (норма для питної води >30 см).
- *Гідрохімічні параметри:* Концентрації неорганічних забруднювачів (мідь, нікель, залізо) визначаються фотометричним методом. Принцип

методу базується на законі Бугера-Ламберта-Бера: до проби додається специфічний реактив, утворюється забарвлений комплекс, і оптична густина розчину (D) вимірюється фотоелектроколориметром. Концентрація визначається за градууювальним графіком.

- *Гідробіологічні показники:* Оцінка зообентосу, фітопланктону та перифітону, що відображають довгостроковий стан води і ступінь її сапробності. Гідробіонти-індикатори показують сумарний ефект дії всіх токсикантів, навіть тих, що не визначаються класичним хімічним аналізом.

Приклад виконання

Досліджується річка нижче скиду міських очисних споруд. На фоновому створі (1 км вище скиду) прозорість становить 45 см, вміст розчиненого кисню – 8 мг/л, фітопланктон представлений переважно діатомовими водоростями. На контрольному створі (500 м нижче скиду) прозорість падає до 15 см, рівень кисню знижується до 3 мг/л, а в пробах зообентосу домінують малоцетинкові черви (*Tubificidae*) та личинки хірономід, що є індикаторами полісапробної (сильно забрудненої) зони. Це свідчить про масивне органічне забруднення та інтенсивний процес споживання кисню на окислення органіки, незважаючи на формальну наявність очисних споруд.

Схема опису результатів обстеження

Заповнюється стандартизований «Паспорт створів та результатів гідрохімічного аналізу»:

Водний об'єкт / Станція (пост):

Дата та час відбору:

Гідрологічні параметри: Витрата води ($\text{м}^3/\text{с}$), швидкість течії (м/с).

Місце відбору (Створ): Координати, відстань від берега, горизонт (глибина).

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні параметри

Показник	Фоновий створ	Контрольний створ	Норматив (ГДК)	Екологічний стан
Прозорість, см				
Температура, °C				
Водневий показник, pH				
Концентрація Cu^{2+} , мг/л				
Концентрація Fe^{2+} , мг/л				

Евтрофікація (біогенне забруднення). Надлишкове надходження азоту і фосфору (переважно з поверхневим стоком з меліорованих земель). Сприяє бурхливий розвиток фітопланктону, зниження прозорості, вичерпання кисню та вторинне забруднення води токсинами відмерлих ціанобактерій.

Ацидофікація (кислотне забруднення). Зниження рН води внаслідок випадання кислотних дощів або прямих кислих стоків. Призводить до вимивання важких металів з донних відкладень і загибелі ікри риби.

Термофікація (теплове забруднення). Скидання підігрітих вод від систем охолодження ТЕС/АЕС. Підвищення температури експоненційно прискорює метаболізм гідробіонтів та хімічні реакції, але водночас критично знижує розчинність кисню, спричиняючи задуху (замор).

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

МОНІТОРИНГ АНТРОПОГЕННОГО ПОРУШЕННЯ ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Завдання. Провести інвентаризацію антропогенних порушень ґрунтового покриву. Засвоїти стандартизовані методи відбору та підготовки ґрунтових проб. Оцінити ступінь деградації та забруднення ґрунтів важкими металами та пестицидами.

Методика виконання

Ґрунт виконує життєво важливу функцію депонувального середовища, концентруючи токсиканти з атмосфери та агрохімічного стоку. Основні антропогенні порушення включають переущільнення, дегуміфікацію, ерозію (вітрову та водну) і хімічне забруднення пестицидами та важкими металами. Міграція забруднювачів у ґрунті є надзвичайно повільною, що формує кумулятивну екологічну загрозу. Важкі метали (свинець, кадмій) фіксуються у гумусовому шарі. Їхня рухливість різко зростає при закисленні середовища.

Відбір ґрунтових проб регламентується міжнародними стандартами (ДСТУ ISO 10381). Через високу просторову мозаїчність ґрунтового покриву відбір здійснюється методом «конверта»: на визначеному майданчику (площею від 0.5 до 5 га) по діагоналях і кутах відбирають щонайменше 5 точкових проб. Усі проби зсипають на крафт-папір, ретельно перемішують і квартують (ділять на чотири частини, відкидаючи протилежні, поки не залишиться проба масою близько 1 кг). Для контролю забруднення пестицидами проби відбираються з глибини орного шару (0-20 см) спеціальним буром; для моніторингу забруднення нафтопродуктами використовують пошаровий відбір: 0-5 см та 5-20 см. Для аналізу на важкі метали слід використовувати пластикові пробовідбірники, щоб уникнути контамінації від металевого інструменту.

У лабораторних умовах проводиться кількісний аналіз. Наприклад, визначення вологості ґрунту гравіметричним методом: зразок зважують, висушують у сушильній шафі при 105 °С до сталої маси, після чого визначають процентний вміст води від маси сухого ґрунту

$$C = \frac{b-B}{B-a} \times 100\%. \quad (4.1)$$

Гідролітична кислотність (рН) вимірюється потенціометрично у водній або сольовій витяжці. Фізичний стан оцінюється за структурністю, водоміцністю агрегатів та щільністю.

Приклад виконання

Досліджується поле, де тривалий час застосовували фосфорорганічні пестициди та мінеральні добрива. Методом «конверта» відібрано об'єднану пробу. При візуальному огляді встановлено високу щільність ґрунту (ніж входить на глибину не більше 1-2 см), що свідчить про переущільнення сільськогосподарською технікою. Структурні агрегати при зануренні у воду швидко розпадаються (низька водоміцність). Потенціометричний аналіз фіксує зміщення рН до 4,5 (закислення внаслідок надмірного внесення азотних добрив). У такому середовищі різко зростає біодоступність важких металів, що обумовлює ризик їх накопичення в сільськогосподарській продукції. Згідно з матрицею екологічного стану, ґрунт класифікується як деградований.

Схема опису результатів обстеження

Заповнюється Бланк опису пробної ділянки та Супровідний талон на об'єднану пробу ґрунту (Форма ТГр-1).

Таблиця 4.1 – Антропогенні порушення ґрунтового покриву

Група порушень	Ознаки виявлення (опис)	Стадія порушення	Інтенсивність впливу	Загальний вплив на екосистему
Сільсько-господарські	Переущільнення, дефляція	Розвинута	Висока (регулярна оранка)	Зниження інфільтрації, посилення стоку
Транспортні	Плівки нафтопродуктів (смуга 10м)	Початкова	Середня	Пригнічення ґрунтової мікробіоти
Промислові	Акумуляція сажі/пилу	Розвинута	Висока	Забруднення важкими металами

Властивості ґрунтових політантів

Свинець (Pb): Канцероген, надходить від викидів автотранспорту (етилований бензин) та підприємств. Максимально адсорбується гумусовим шаром; токсичність для рослин настає при 20-30 мг/кг. У лужному середовищі формує малорухливі осади, у кислому – легко мігрує.

Кадмій (Cd): Надходить при згорянні дизельного палива та внесенні фосфорних добрив. Дуже токсичний, високорухливий у ґрунтах з легким механічним складом та низьким вмістом гумусу.

Пестициди: Швидкість деградації визначається періодом напіврозпаду: фосфорорганічні інсектициди розпадаються за 2 тижні – 3 місяці, триазинові гербіциди – за 1–2 роки, а хлорорганічні (ДДТ, ділдрін) зберігаються в ґрунті до 4 років і більше, що вимагає тривалого моніторингу.

Кларк хімічного елемента: Еталонний фоновий показник, що відображає середній природний вміст елемента у незабрудненому ґрунті (наприклад, свинець – 10 мг/кг, мідь – 20 мг/кг). Використовується для розрахунку індексу забруднення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

ФІЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ (РАДІАЦІЙНЕ, ШУМОВЕ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЗАБРУДНЕННЯ)

Завдання. Опанувати приладову базу та методику інструментального вимірювання радіаційного фону, рівня акустичного тиску та електромагнітного забруднення в умовах урбосистеми. Оцінити ефективність захисних буферних зон.

Методика виконання

Фізичне забруднення є невидимим, але надзвичайно небезпечним стресором для живих організмів.

1. Радіаційний моніторинг. Антропогенне радіаційне забруднення (внаслідок ядерних випробувань та аварій на АЕС) суттєво змінило глобальний фон. Основну загрозу становлять довгоживучі радіонукліди – Стронцій-90 (^{90}Sr) та Цезій-137 (^{137}Cs), які накопичуються у верхньому шарі ґрунту (0-10 см) і включаються у трофічні ланцюги.¹ Вимірювання здійснюється за допомогою побутових або професійних дозиметрів (наприклад, ИРД-0251, «Белла», «ЕКО»). Прилад встановлюється на висоті 1 м від поверхні для моделювання дози опромінення життєво важливих органів дорослої людини. Дані (потужність еквівалентної дози) фіксуються в мікрозівертах за годину (мкЗв/год) або мікрорентгенах за годину (мкР/год). У кожній точці здійснюється 3-5 послідовних вимірювань для розрахунку середнього значення.

2. Шумове забруднення. Шум створює хвильовий тиск, що викликає хронічний стрес, серцево-судинні та психічні розлади. Понад 80% акустичного пресингу у містах генерує автотранспорт. Вимірювання проводяться шумоміром у децибелах (дБ). Стандартна методика передбачає вимірювання на відстані 7 м від найближчої смуги транспортного потоку, а також на трансектах вглиб території (25 м, 50 м) для оцінки згасання звукової енергії. Одночасно проводиться розрахунок емісії вихлопних газів: 1 автомобіль у середньому за добу продукує 1 кг вихлопних газів (близько 30 г CO_2 , 6 г NO_x , сполуки свинцю та сажу). Сажа сама по собі подразнює дихальні шляхи, але головна її небезпека – адсорбція канцерогенного бенз(а)пірену.

3. Електромагнітне забруднення (ЕМП). Джерелами є лінії електропередач, базові станції мобільного зв'язку, радіопередавачі та електротранспорт. Моніторинг передбачає вимірювання напруженості електричної та магнітної складових поля, а також густини потоку енергії на різних відстанях від джерела для оцінки ефективності "захисту відстанню".¹

Приклад виконання

Дослідження території навчального закладу, розташованого поблизу інтенсивної автомагістралі.

Акустичний стан: На відстані 7 м від дороги рівень шуму становить 82 дБ (перевищує норму). На відстані 50 м, за існуючою смугою дерев (шириною 8 м), рівень шуму падає до 55 дБ. Згідно із санітарно-гігієнічними нормами озеленення, ширина захисної смуги з дерев і кущів з боку магістралі має становити не менше 6 м, отже, зелений екран виконує свою ізолюючу функцію, діючи як акустичний демпфер і механічний фільтр для сажі.

Радіаційний стан: Виміри на відкритому ґрунті показали 0,12 мкЗв/год (природний фон). У підвальному приміщенні з поганою вентиляцією зафіксовано 0,25 мкЗв/год, що вказує на накопичення природного радіоактивного газу радону-222, що еманує з літосферних порід та будівельних матеріалів.

Схема опису результатів обстеження

Таблиця 5.1 – Радіаційний стан території

Місце вимірювання (Точка)	Вимір 1	Вимір 2	Вимір 3	Середнє значення (Нсер), мкЗв/год	Відхилення від норми
Аудиторія (1 поверх)					
Підвальне приміщення					
Відкритий ґрунт (парк)					
Асфальт біля дороги					

Таблиця 5.2 – Акустичне навантаження (шум)

Відстань від магістралі	Рівень шуму, дБ (Середнє)	Наявність захисної смуги (дерева/кущі)	Відповідність нормативу (напр., 55 дБ)
7 метрів			
25 метрів			
50 метрів (навчальний корпус)			

Критерії фізичних факторів впливу

Шум: Нормальний фоновий рівень для зон відпочинку – 35-45 дБ. Звук інтенсивністю 80-90 дБ (жвава автомагістраль) викликає незворотні зміни слухового нерву при тривалій експозиції та стимулює розвиток гіпертонії. Зелені насадження (широколистяні породи з густим підліском) здатні знизити рівень шуму на 10-15 дБ.

Радіація: Природний фон зазвичай коливається в межах 0,10 - 0,20 мкЗв/год. Радіонукліди чорнобильського та глобального походження (^{137}Cs , ^{90}Sr) характеризуються різною міграційною здатністю. ^{137}Cs міцно фіксується глинистими мінералами ґрунту і накопичується в лісовій підстилці, тоді як ^{90}Sr більш розчинний і швидше мігрує по профілю та у підземні води.

Електромагнітне поле (ЕМП): Територіальний моніторинг ЕМП враховує сумарну емісію всіх джерел в урбосистемі, рельєф поверхні та особливості забудови (екранування та відбиття хвиль). ЕМП характеризується ближньою зоною (зоною індукції) та дальньою (зоною випромінювання), що потребує різних підходів до вимірювання напруженості електричного (В/м) та магнітного (А/м) полів.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічний моніторинг : підручник / В. Г. Сліпченко та ін. / відп. ред. О. О. Гагарін. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 303 с.
2. Дистанційні методи моніторингу довкілля : навч. посіб. / О. І. Бондар та ін. Київ : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 297 с.
3. Захист довкілля. Система моніторингу водних ресурсів. Основні положення. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
4. Захист довкілля. Моніторинг меліорованих земель. Організаційна структура моніторингу. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 7 с.
5. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля : підручник. Київ : Видавничий центр «Академія», 2006. 360 с.
6. Моніторинг довкілля : підручник / М. О. Клименко та ін. / за ред. В. П. Феценка. Житомир : Друк, 2007. 309 с.
7. Крайнюков О. М., Некос А. Н. Моніторинг довкілля (Моніторинг нафтогазоносних територій) : підручник. Харків : Фоліо, 2015. 190 с.
8. Моніторинг довкілля : підручник / В. М. Боголюбов та ін. / за ред. В. М. Боголюбова, Т. А. Сафранова. Херсон : Грінь Д. С., 2011. 529 с.
9. Моніторинг довкілля : підручник / А. К. Запольський та ін. Кам'янець-Подільський : Медобори-2006, 2012 . Т. 1. 407 с.
10. Моніторинг довкілля : підручник / А. К. Запольський та ін. Кам'янець-Подільський : Медобори-2006, 2012. Т. 2. 359 с.
11. Петренко О. В., Павленко В. О. Моніторинг довкілля : навч. посіб. Київ : Київський університет, 2015. 302 с.
12. Чугай А. В. Моніторинг довкілля. Методи вимірювань параметрів навколишнього середовища : конспект лекцій / Одес. держ. екол. ун-т. Одеса : ТЕС, 2014. 66 с.

Електронне навчальне видання

Сергій Михайлович Кватернюк

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт з
дисципліни «Комп'ютеризований моніторинг довкілля»
зі спеціальності «Екологія»**

Рукопис оформив: С. Кватернюк

Редактор: Г. Суровенко

Оригінал-макет виготовлено в РВВ ВНТУ

Підписано до видання 24.07.2026

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2026-095

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: rvv.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК No 3516 від 01.07.2009 р.