

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

В.В. Рома, О.В. Степова

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**для вивчення дисципліни
«МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ»**

для студентів напряму підготовки 6.040106
«Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

Полтава 2016

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – 117 с.

Укладачі: Рома В.В., старший викладач; Степова О.В., к.т.н., доцент.

Рецензенти:

Писаренко П.В. – перший проректор Полтавської державної аграрної академії, д.с.-г.н., професор;

Бредун В.І. – доцент кафедри прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри прикладної екології та природокористування
В.Г. Новохатній, д.т.н., професор.

Редактор Н.В. Жигилій

Коректор О.Г. Бриль

Рекомендовано до друку вченою радою
Полтавського національного
технічного університету
імені Юрія Кондратюка,
Протокол № 7 від 14 червня 2016 р.

Навчальний посібник підготовлено на кафедрі прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», може бути використаний як основна навчальна література при вивченні дисциплін «Моніторинг довкілля», а також як основна чи додаткова навчальна література для студентів інших спеціальностей при вивченні дисципліни «Основи екології».

53.22.01.02

© Рома В.В.
Степова О.В. , 2017

Зміст

	стр
ВСТУП	6
I. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	7
ТЕМА 1 СУТНІСТЬ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ	7
ТЕМА 2 СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ЯК ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЧНОЇ НАУКИ	10
ТЕМА 3 МОНІТОРИНГ ЯК СИСТЕМА СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ВПЛИВОМ НА ДОВКІЛЛЯ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ	14
ТЕМА 4 МОНІТОРИНГ ЯК СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ МАЙБУТНЬОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ	16
ТЕМА 5 ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	19
ТЕМА 6 СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	22
ТЕМА 7 РІВНІ ТА ВИДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ	28
ТЕМА 8 ФОНОВИЙ МОНІТОРИНГ, ЙОГО РОЛЬ В ОЦІНЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ГЛОБАЛЬНОГО СТАНУ БІОСФЕРИ	30
ТЕМА 9 ГЛОБАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА (ГСМНС) ..	33
ТЕМА 10 КЛІМАТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ І ЙОГО ЗАВДАННЯ	37
ТЕМА 11 МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В МЕЖАХ УКРАЇНИ	41
ТЕМА 12 СУЧАСНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗЕМЛІ ТА АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА НЬОГО	43
ТЕМА 13 ШЛЯХИ НАДХОДЖЕННЯ Й ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТІ	51
ТЕМА 14 НАУКОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ҐРУНТОВОГО МОНІТОРИНГУ	53
ТЕМА 15 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ І ВИДИ ҐРУНТОВО- ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	56
ТЕМА 16 ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І КОНТРОЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПЕСТИЦИДАМИ	59

ТЕМА 17	ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ	60
ТЕМА 18	МОНІТОРИНГ МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ	63
ТЕМА 19	КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОСУШУВАНИХ ТА ПРИЛЕГЛИХ ДО НИХ ЗЕМЕЛЬ	68
ТЕМА 20	КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗРОШУВАНИХ І ПРИЛЕГЛИХ ДО НИХ ЗЕМЕЛЬ	71
II. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ		74
ТЕМА 1	ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ СІРКИ (SO ₂) У ПОВІТРІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОГЛИНАЛЬНОГО ПРИЛАДУ РІХТЕРА	74
ТЕМА 2	ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АВТОТРАНСПОРТОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЧАДНИМ ГАЗОМ (CO) РОЗРАХУНКОВИМ МЕТОДОМ	76
ТЕМА 3	ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПИЛЕННЯ ПОВІТРЯ ГРАВІМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІЛЬТРІВ ІЗ ТКАНИНИ ФПП ..	81
ТЕМА 4	ЯКІСНІ АНАЛІЗИ АЕРОЗОЛЮ	83
ТЕМА 5	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕДАФОТОПУ УРБОЕКОСИСТЕМ	86
ТЕМА 6	АНАЛІЗ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УРБОЕКОСИСТЕМ	88
ТЕМА 7	ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА НАЯВНІСТЮ, БАГАТСТВОМ І РІЗНОМАНІТТЯМ ВИДІВ ЛИШАЙНИКІВ (ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ)	89
ТЕМА 8	ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ РОСЛИН ДЛЯ БІОІНДИКАЦІЇ ДОВКІЛЛЯ	92
ТЕМА 9	БІОМОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЗА РЕАКЦІЄЮ ПИЛКУ РІЗНИХ РОСЛИН-ІНДИКАТОРІВ	94
ТЕМА 10	ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА КОМПЛЕКСОМ ОЗНАК (ХВОЇ, ПАГОНІВ, БРУНЬОК) У ХВОЙНИХ ДЕРЕВ	96
III. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ		99
ТЕМА 1	ЕКОЛОГІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	99

ТЕМА 2	ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОЛІГОНІВ ...	100
ТЕМА 3	ВИДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ВИБОРІ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОЛІГОНІВ	101
ТЕМА 4	НОРМАТИВНІ ПАРАМЕТРИ І ПОКАЗНИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	102
ТЕМА 5	МЕТОДИ АНАЛІТИЧНИХ ВИЗНАЧЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ	103
ТЕМА 6	ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ	104
ТЕМА 7	ОПИС І КОДУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОКАЗНИКІВ	105
ТЕМА 8	ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОЗНАК ДАНИХ	106
ТЕМА 9	ОПИС ТА КОДУВАННЯ РАЙОНУ МОНІТОРИНГУ	107
ТЕМА 10	СКЛАДАННЯ ПАСПОРТА РАЙОНУ ЕКОМОНІТОРИНГУ	108
ТЕМА 11	ПОПУЛЯЦІЯ ЯК ОБ'ЄКТ МОНІТОРИНГУ	109
ТЕМА 12	ЛІСНИЙ МОНІТОРИНГ	110
ТЕМА 13	ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ	111
ТЕМА 14	РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ	112
IV. ПРАВИЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ		113
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		115

ВСТУП

Навчальний курс «Моніторинг довкілля» належить до спеціальних дисциплін і ґрунтується на знаннях, здобутих з основних та спеціальних дисциплін.

В основі курсу «Моніторинг довкілля» лежать екологічні дослідження, які обґрунтовують масштаби, програми і регламенти екологічного моніторингу, тобто передують його здійсненню.

Державна система моніторингу довкілля – це система 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 й дотримання вимог екологічної безпеки.

У зв'язку із цим у програму названого курсу входить вивчення основних положень екологічного моніторингу довкілля, спрямованих на захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля та запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

- **уміти** – на основі зібраних даних проаналізувати стан довкілля та виконати прогноз його змін; дати науково обґрунтовані рекомендації для запобігання негативним змінам стану довкілля;

- **знати** – основні принципи функціонування системи моніторингу; методику вибору екологічних полігонів і мережі об'єктів спостережень навколишнього середовища; методи й засоби визначення властивостей природних компонентів; методологію екологічного контролю об'єктів довкілля; методи прогнозування змін навколишнього середовища;

- **виконувати розрахунки** матеріального забруднення навколишнього середовища, міграції забруднюючих речовин у різних сферах;

- **оформляти** відповідні форми запису про станцію та полігон екологічного контролю, межі забруднення місцевості на карті.

І. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

ТЕМА 1

СУТНІСТЬ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини біосферних факторів. Пізнання цих змін неможливе без виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для чого й організовують спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.

За міжнародним стандартом (СТ ІСО 4225-80) моніторинг – це багаторазове вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану й зміни об'єктів. Цей термін було запропоновано напередодні проведення Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища в 1972 р. на противагу (або на доповнення) до терміна «контроль». Крім спостережень та отримання інформації, моніторинг передбачає й елементи активних дій, таких, як оцінювання, прогнозування, розроблення природоохоронних рекомендацій.

Моніторинг (англ. monitoring, від лат. monitor – той, що контролює, попереджує) довкілля – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом з метою раціонального використання природних ресурсів та охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

Як галузь екологічної науки моніторинг довкілля ґрунтується на загальних екологічних законах і взаємодії з природничими, географічними й технічними науками. Його завдання полягають у постановці та виробленні теоретичних засад практичного розв'язання проблем організації спостережень; науковому обґрунтуванні складу, структури мережі й методів спостережень за природним фоном, природними явищами, планетарними процесами, рівнем забруднення середовищ, станом біоти (сукупності живих організмів, що населяють певний район у певний проміжок часу), фізичними параметрами біосфери; виборі методів, методик оцінювання і прогнозування стану довкілля; розробленні рекомендацій щодо управління станом складових біосфери.

Метою моніторингу довкілля є екологічне обґрунтування перспектив та вдосконалення системи моніторингу навколишнього середовища, оцінювання фактичного і прогнозованого його стану; попередження про зниження біорізноманітності екосистем, порушення екологічної рівноваги у довкіллі, погіршення умов життєдіяльності людей.

Предметом моніторингу довкілля як науки є організація і функціонування системи моніторингу, оцінювання й прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних та антропогенних факторів.

Об'єктами моніторингу довкілля залежно від рівня та мети досліджень можуть бути наколишне середовище, його елементи (атмосферне повітря, поверхневі й підземні води, ґрунтовий і рослинний покриви, екосистеми, їхні абіотичні й біотичні складові, біосфера) та джерела впливу на довкілля.

Моніторинг довкілля як комплексна галузь знань послуговується загальнонауковими методами досліджень, такими, як аналіз і синтез, сходження від конкретного до абстрактного, узагальнення, математичне й статистичне оброблення інформації. Разом з тим, моніторинг довкілля розробляє власні методи аналізу, прогнозування стану екологічних систем і процесів, що в них відбуваються. На підставі дослідження зв'язків між процесами й складовими екосистем, впливу на них природних та антропогенних факторів моніторинг з'ясовує спільні закономірності функціонування, а також особливості стану екосистем, компонентів біосфери на різних просторово-територіальних рівнях. Ця наука забезпечує здобуття нових знань про навколишнє середовище з використанням методів оцінювання і прогнозування стану його елементів (атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтового і рослинного покриву), розкриває їх взаємозв'язки і взаємовпливи.

При виконанні своїх функцій моніторинг довкілля використовує різноманітні методи отримання первинної та вторинної інформації.

Методи отримання первинної інформації реалізуються через безпосередні спостереження на відповідних станціях, постах, створах. Такими є метеорологічні, гідрологічні, океанічні, геофізичні, біологічні, фонові спостереження. Дані про стан довкілля отримують і за допомогою дистанційних засобів спостережень, зокрема внаслідок прямих спостережень із супутників Землі, вертикальних зондувань, фотографічних та геофізичних зйомок, а також геостационарних спостережень.

Методи отримання вторинної інформації полягають в упорядкуванні та опрацюванні бази даних, отриманих за допомогою первинної інформації. Результати фіксують у вигляді карт, таблиць, графіків. Для акумулювання й узагальнення інформації функціонують *географічні інформаційні системи (ГІС)* – комп'ютерні бази даних, поєднані з певними аналітичними засобами для роботи з просторовою інформацією.

Для оброблення бази даних, оцінювання і прогнозування стану довкілля застосовують метод аналогій (досліджуваний об'єкт оцінюється відповідно до його типової моделі), емпіричне узагальнення (вивчення зв'язків між явищами та процесами об'єкта дослідження), моделювання (побудова фізичних, математичних, цифрових моделей).

Нагромаджені у процесі моніторингу дані інформують про стан довкілля на певний час, основні процеси, тенденції, що відбуваються в ньому. Ці відомості допомагають спрогнозувати його розвиток, передбачити надзвичайні ситуації природного та техногенного походження, а також спланувати науково обґрунтовані природоохоронні заходи для створення безпечних умов життєдіяльності. Особливо актуальним є відстеження антропогенних змін у природі.

Необхідним є дослідження середовища у динаміці, тобто оцінювання минулого, сучасного його станів, а також прогнозування змін його параметрів у майбутньому.

Моніторинг довкілля передбачає виконання таких загальних завдань:

- спостереження за факторами впливу на навколишнє природне середовище і за його станом;
- оцінювання фактичного стану довкілля;
- прогнозування стану навколишнього природного середовища і його оцінювання;
- дослідження стану біосфери, оцінювання й прогнозування її змін;
- визначення обсягу антропогенної дії на навколишнє природне середовище;
- установлення факторів і джерел забруднення навколишнього природного середовища;
- виявлення критичних та екстремальних ситуацій, що порушують екологічну безпеку.

Необхідність виконання цих завдань зумовлює структуру моніторингу, яка формується з таких блоків: «Спостереження за довкіллям», «Оцінювання фактичного стану довкілля», «Прогнозування стану довкілля», «Оцінювання прогнозованого стану довкілля»

Блоки «Спостереження...» і «Прогнозування ...» тісно пов'язані між собою, оскільки прогнозування змін довкілля можливе лише за наявності достатньої інформації про його фактичний стан (прямий зв'язок). Прогнозування передбачає знання закономірностей змін стану природного середовища, наявність схеми й можливостей їх прогнозованого розрахунку, а також спрямованість прогнозу, яка значною мірою визначає структуру спостережень (зворотний зв'язок).

Отримані в результаті спостережень або прогнозу дані, які характеризують стан довкілля, оцінюють залежно від того, в якій сфері діяльності передбачається їх використання. Оцінювання передбачає з'ясування певних антропогенних впливів, вибір оптимальних умов для діяльності, визначення наявних екологічних резервів за умови знання допустимих навантажень на навколишнє середовище.

Система моніторингу може охоплювати локальні райони (локальний і регіональний моніторинги), окремі держави (національний моніторинг) та Землю загалом (глобальний моніторинг).

Моніторинг є важливою складовою системи управління якістю довкілля, оскільки передбачає належне інформування про конкретні особливості й наслідки взаємодії людства з навколишнім середовищем. Інформація про його стан та тенденції змін є основою розроблення заходів для охорони природи, враховується вона і при плануванні розвитку економіки. Результати оцінювання наявного й прогнозованого стану біосфери визначають комплекс вимог до підсистем спостережень.

ТЕМА 2

СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ЯК ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЧНОЇ НАУКИ

Спостереження за причинно-наслідковими явищами і процесами природного середовища було необхідною умовою пристосування до навколишнього світу та запорукою виживання й розвитку людства. Первісна людина спостерігала за довкіллям, робила певні висновки і передбачення. Зі становленням та розвитком подальших історичних формацій набутий досвід спочатку в усній, а потім у письмовій формі зберігався, аналізувався і передавався наступним поколінням. Перший великий поділ праці (відокремлення землеробських (осілих) і скотарських (кочових) племен), очевидно, зумовив й певну диференціацію в оцінюванні найважливіших природних явищ, які позначалися на життєдіяльності людей. На перших етапах розвитку вплив людства на природне середовище мав локальний характер, був незначним, а виробнича діяльність спиралася на природні сили (енергію води, вітру тощо).

Найдавніші письмові пам'ятки, які свідчать, що спостереження за довкіллям були важливою умовою розвитку суспільства, залишили єгиптяни, греки та практично всі народи, які мали писемність. Так, Гіппократ (прибл. 460 – 370 до н. е.) у своєму трактаті «Про повітря, воду і місцевість» (прибл. 390 р. до н. е.) розглядав вплив навколишнього середовища на здоров'я людини. Деякі факти й трактування екологічного спрямування висвітлено у праці Аристотеля (384 – 322 рр. до н. е.) «Про виникнення тварин» (прибл. 340 р. до н. е.). Теофраст Ерезійський (371 – 280 рр. до н. е.) наводить відомості про своєрідність рослин, що зростають у різних умовах, залежність їх форм та особливостей від ґрунту і клімату.

З розвитком суспільства накопичувалася інформація екологічного спрямування, систематизувалися дані, аналізувалися зміни стану навколишнього природного середовища, зумовлені впливом природних факторів і діяльності людини.

Моніторинг довкілля виник у другій половині ХХ ст. як науково-практичний напрям системної екології, завданням якої є встановлення критеріїв і виявлення меж стійкості екологічних систем. Тоді його метою було отримання репрезентативних даних про стан, динамічні зміни

екосистем, створення бази даних (за певними показниками), вибір об'єктів і формування мережі спостережень.

На початку 70-их років XX ст. було обґрунтовано альтернативні концепції моніторингу довкілля як сфери наукового знання і практичної діяльності.

Згідно з концепцією сучасного російського геофізика Ю. Ізраєля моніторинг довкілля є системою цілеспрямованих, періодично повторюваних і програмованих спостережень за одним та більше елементами навколишнього середовища у просторі й часі. Основними елементами цієї системи є спостереження, оцінювання і прогнозування стану довкілля. Моніторинг формується з певних підсистем, серед яких особливу роль відіграє екологічний моніторинг – виявлення та дослідження антропогенних змін стану абіотичних компонентів природних середовищ біосфери (також ураховують зміни рівнів забруднення природних середовищ) і зворотної реакції екосистем на природні та антропогенні зміни. За цією концепцією метою моніторингу є фіксація антропогенних змін природного середовища, а управління його якістю не передбачено.

За переконаннями російського географа-грунтознавця І. Герасимова, моніторинг довкілля – це організована на різних рівнях система спостережень, контролювання й управління його станом. Налагодження моніторингу довкілля відповідно до цієї концепції сприяє виявленню екологічних небезпек, але ускладнює раціональне управління екосистемами, якщо середовище забруднене шкідливими відходами виробництва, порушені біотичні кругообіги й нормальне функціонування екосистеми. Відповідно до завдань та масштабів об'єктів спостереження розрізняють такі рівні моніторингу довкілля:

1. Біоекологічний (санітарно-гігієнічний) моніторинг. Його сутність полягає в спостереженні за станом і впливом довкілля на здоров'я людини з метою захисту її від негативних чинників. Головне завдання біоекологічного моніторингу – наукове обґрунтування зв'язку між явищами в навколишньому середовищі і станом здоров'я людини.

2. Геоекологічний (геосистемний, природно-господарський) моніторинг. Передумовами його реалізації є геофізичні, геохімічні, біохімічні, біологічні спостереження за змінами природних екосистем і перетворенням їх на природно-технічні, прогнозування стихійних змін навколишнього середовища і явищ, які погіршують життєве середовище людей.

3. Біосферний моніторинг. Здійснюють його шляхом спостереження за природними процесами та явищами на рівні біосфери, в т.ч. і за їх змінами внаслідок дії антропогенних факторів, а також через з'ясування глобальних змін фонових показників у природі.

Український учений, спеціаліст у галузях ботаніки, екології М. Голубець розглядає моніторинг довкілля як багаторівневу систему спостереження, оцінювання і прогнозування стану навколишнього природного середовища, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних природоохоронних управлінських рішень і поділяє його на ієрархічні рівні. Найвищий рівень репрезентують типи моніторингу, згруповані за територіально-просторовими параметрами контрольованих процесів, тобто масштабами спостережень. За цим критерієм учений виокремлює глобальний, материковий, океанічний, міжнародний, національний, регіональний, локальний типи моніторингу довкілля. Типам моніторингу, на його погляд, підпорядковані серії моніторингу довкілля (геолого-фізична, екологічна, соціологічна, техніко-економічна, медико-біологічна), в які об'єднані спостереження за станом основних складових біосфери з метою виявлення їх змін.

Дослідження реакцій абіотичної (неживої матерії) та біотичної (живих організмів) складових біосфери на дію природних і антропогенних факторів М. Голубець об'єднує у групи моніторингу довкілля. Їх він розрізняє залежно від складових довкілля (біологічна, гідрометеорологічна, біоенергетична, біогеохімічна тощо). До найнижчої підсистеми належать види моніторингу довкілля (ботанічний, зоологічний, гідробіологічний, мікробіологічний), сутність яких полягає у спостереженні за реакцією організмів на зміни, що відбуваються у біосфері. Ієрархічність побудови моніторингу дає змогу оцінити всі складові біосфери, виявити і проаналізувати характерні зміни кожного функціонального рівня й виробити рекомендації для управління станом досліджуваного об'єкта.

У період з 1972 по 1974 рік науковий комітет з проблем навколишнього середовища Міжнародної ради наукових союзів (SCOPE) виробив та запропонував ідею глобального моніторингу. Теоретично обґрунтував її американський учений Р. Мунн, котрий розглядав моніторинг як систему контролю за навколишнім середовищем, що охоплює спостереження за його станом, визначення можливих змін і розроблення заходів для управління довкіллям. Сутність концепції глобального моніторингу полягає в необхідності здійснення повторних спостережень за елементами навколишнього середовища в просторі та часі з певною метою за конкретними програмами. На основі цієї концепції виникли різноманітні підсистеми моніторингу довкілля: моніторинг приземного й верхнього шарів атмосфери; моніторинг атмосферних опадів; моніторинг гідросфери (поверхневих вод суші, вод океанів, морів і підземних вод); моніторинг літосфери (передусім ґрунту); кліматичний моніторинг; моніторинг озонового шару; моніторинг океану; геофізичний моніторинг; фізичний моніторинг; біогеохімічний моніторинг.

У 1986 р. Секретаріат ООН з навколишнього середовища, послуговуючись розробками Р. Мунна, видав «Довідник з екологічного моніторингу», який містить методики і програми моніторингу для країн, що розвиваються. Запропоновані системи моніторингу ґрунтуються на природничо-наукових дослідженнях і передбачають:

- виявлення і дослідження природних ресурсів, які забезпечують виробництво продуктів харчування (моніторинг клімату, рельєфу, ґрунтів, рослинності, популяцій);

- дослідження природних умов (моніторинг ерозії ґрунтів, твердого стоку).

Особлива роль у вивченні навколишнього середовища належить космічному моніторингу (дистанційному моніторингу, який здійснюють за допомогою оснащених вимірювальними приладами космічних апаратів). Сутність дистанційних методів полягає у проведенні зйомки або вимірювань без фізичного контакту з об'єктом дослідження.

Розвинуті країни запровадили моніторинг довкілля в 60 – 70-і роки ХХ ст., використовуючи системи спостереження і контролю за станом його окремих елементів. Їх розроблення було започатковане у 30-і роки з метою контролювання природного середовища на великих водних об'єктах (визначали лише головні йони й біогенні елементи), а згодом (50 – 70-і роки ХХ ст.) Їх використовували і для спостережень за радіоактивним забрудненням природи, забрудненням атмосферного повітря та водних об'єктів.

Моніторинг довкілля в усіх розвинутих країнах здійснюють на основі рекомендацій ООН з урахуванням національних особливостей. Наприклад, у Великобританії для цього створено мережу спостережень за хімічними сполуками з метою вивчення динаміки зміни середовища під їх дією, дослідження найменш стійких компонентів екологічних систем. Реалізується він на двох рівнях: моніторинг якості довкілля (оцінювання існуючого стану); «проблемний» моніторинг (оцінювання нових небезпечних, кризових екологічних ситуацій). Такий підхід дає змогу передбачати екологічні проблеми екосистем, вчасно організовувати нові моніторингові програми. Моніторинг у Швеції має проблемний характер. Наприклад, спостереження за якістю води передбачає попереднє виокремлення певних проблем, розроблення стосовно кожної відповідної програми досліджень. Основою національних моніторингів країн СНД є геофізичний підхід проведення спостережень за станом певних середовищ (атмосфери, ґрунтів, водних ресурсів) біосфери.

У СРСР, до складу якого належала Україна, моніторинг здійснювала служба спостереження і контролю за забрудненням природного середовища (формувався з підсистем спостереження та контролювання забруднення атмосферного повітря, вод суші, морів, ґрунту, фонових забруднень певних середовищ). В Україні у 1992 р. розпочалося

розроблення й упровадження системи екологічного моніторингу України відповідно до Закону «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Положення про державний моніторинг навколишнього середовища». Ця система передбачає спостереження за довкіллям, збирання, оброблення й оцінювання отриманих даних та прогнозування його стану, формування відповідних баз інформації, розроблення на їх основі науково обґрунтованих природоохоронних заходів, передбачення надзвичайних ситуацій техногенного, природного характеру, створення безпечних умов життєдіяльності людини.

Отже, моніторинг довкілля є дієвим засобом природоохоронної політики, здійснюваної відповідно до екологічних прогнозів.

ТЕМА 3

МОНІТОРИНГ ЯК СИСТЕМА СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ВПЛИВОМ НА ДОВКІЛЛЯ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ

Для аналізу та прогнозування розвитку екологічної ситуації у глобальному і регіональному масштабах необхідні знання різноманітних геофізичних процесів, антропогенних ефектів, а також факторів, що їх спричинюють. Вивчення й оцінювання негативних наслідків антропогенних дій з метою запобігання або зменшення збитків є однією із найважливіших умов організації економіки, гарантування екологічної безпеки.

Проблема людського втручання у природні процеси особливо актуалізувалася з розвитком науково-технічного прогресу в середині ХХ ст. Саме тоді антропогенний вплив почав зумовлювати глобальні, іноді незворотні наслідки.

Антропогенні фактори – форми господарської діяльності людини, що впливають на організми чи екосистеми, природне середовище загалом.

Дію антропогенних факторів на біосферу оцінюють, зважаючи на зміни властивостей основних її елементів, геофізичні, геохімічні, біологічні, екологічні наслідки їх впливу (порушення в екосистемах), а також на зміни стану здоров'я людей.

Кожна з груп антропогенних факторів зумовлює своїм впливом такі перетворення у біосфері:

- викид у біосферу хімічно та фізично активних речовин спричинює зміни стану і властивостей атмосфери; великомасштабні перетворення циркуляції в атмосфері й океані; порушення стійкості земних та водних екосистем; зниження працездатності людей;

- викид у біосферу інертного матеріалу (аерозольних частинок) зумовлює зміни складу і властивостей вод суші; погоди і клімату; екосистеми світового океану; погіршення настрою у людей;

- пряме нагрівання атмосфер спричиняє зміни складу і властивостей вод світового океану; перерозподіл та зміни відновлюваних абіотичних

(водних, кліматичних) ресурсів; негативні генетичні ефекти; хвороби, стресові ситуації;

– фізичні дії, які змінюють поверхню суші та рослинний покрив (ерозія, пожежі) виявляються у трансформації стану біоценозу і біогеофізичного середовища; озонового шару (зміна проходження ультрафіолетового випромінювання, радіохвиль); зникненні та генетичних змінах існуючих видів, появи нових;

– біологічна дія (розвиток агроценозів) виражається у зміні літосфери, прозорості атмосфери, проходженні сонячного випромінювання; зменшенні біопродуктивності екологічних систем і кількості популяцій; деградації лісів; скороченні тривалості життя;

– знищення ресурсів (невідновних і відновних) призводить до зміни кріосфери (оболонки землі, у складі якої наявний лід); ерозії земної поверхні, коливань альbedo (відношення кількості променистої енергії сонця, відбитого від поверхні будь-якого тіла, до кількості спрямованої на цю поверхню енергії); деградації ґрунтів; зниження темпів приросту населення;

– антропогенні впорядковані потоки речовин зумовлюють зміну геофізичних властивостей великих систем; властивостей суші й ґрунту; здатності біосфери до відновлення ресурсів, виснаження невідновних ресурсів; зменшення чисельності населення; порушення природних кругообігів.

Спостереження у межах системи моніторингу за дією основних антропогенних факторів і процесів, які вони зумовлюють, групують за такими напрямками:

1. Спостереження за локальними джерелами забруднення й забруднюючими факторами. Вони здійснюються на територіях окремих об'єктів (підприємств, населених пунктів, ділянок ландшафтів тощо) у формі контролювання кількісного та якісного складу забруднюючих речовин, що містяться у викидах і скидах, місцях їх зберігання.

2. Спостереження за станом навколишнього природного середовища. Зосереджені такі спостереження на відстежуванні геофізичних (природні явища катастрофічного характеру: вулкани, землетруси, ерозії, цунамі), фізико-географічних (розподіл суші та води, рельєф, природні ресурси, народонаселення, урбанізація), геохімічних (кругообіг речовин, хімічні, шумові забруднення атмосфери), хімічних (хімічний склад атмосферних домішок природного й антропогенного походження, опади, поверхневі та підземні води, ґрунт, рослини, основні шляхи поширення забруднювачів) процесів і змін з фіксуванням відповідних даних.

3. Спостереження за станом біотичної складової біосфери. У їх процесі відстежують реакції біоти на різні фактори, тобто реакції окремих організмів, популяцій, або угруповань (груп рослинних і тваринних організмів, що постійно чи тимчасово співіснують на певних територіях),

а також спостерігають за функціональними й структурними біологічними ознаками (приростом біомаси за годину часу, швидкістю поглинання різних речовин рослинами чи тваринами, чисельністю видів рослин та тварин, загальною біомасою).

4. Спостереження за реакцією великих систем (клімату, Світового океану, біосфери). Моніторингу потребують фізичні, хімічні та біологічні показники. Для встановлення динаміки змін стану біосфери замірювання повторюють через певні проміжки часу, а важливі показники відстежують безперервно. Система спостережень може полягати в організації замірювань у конкретних точках (на станціях) або на обширній території й отриманні інтегральних показників. Часто ефективним є комбіноване використання обох підходів.

В організації спостережень активно використовують авіаційні та супутникові засоби. Отримані за їх допомогою результати аналізують з огляду на зміни середовища, а також на відповідні реакції біоти, що виникають унаслідок антропогенного впливу. Для цього важливо знати початковий (фоновий) стан середовища, тобто стан, який підтримувався до суттєвого втручання людини. Його можна частково відновити за результатами тривалих спостережень, а також за даними аналізу складу донних відкладень, льодовикових шарів, кілець деревини, які належать до періоду, що передував відчутному впливу людини на навколишнє середовище.

Отже, основною метою моніторингу довкілля є спостереження за змінами в екосистемах, зумовленими антропогенними факторами.

ТЕМА 4

МОНІТОРИНГ ЯК СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ МАЙБУТНЬОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Ефективне регулювання якості довкілля ґрунтується на адекватній інформації про рівень забруднення і зміни стану екосистем під його впливом. Найпоширенішим критерієм оцінювання якості складових природного середовища (атмосферного повітря, прісних та морських вод, ґрунтів) є гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин.

Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючої речовини – максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі (НС), яка не впливає на організм людини й не зумовлює віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків.

Уперше рівні ГДК для забруднювачів основних компонентів біосфери були розроблені у 30-і роки ХХ ст. Порівняно недавно розпочато встановлення ГДК токсичних речовин для ґрунтів. Загальною тенденцією є постійне розширення переліку ГДК шкідливих неорганічних та органічних речовин, сполук.

Відповідно до обґрунтованих значень ГДК оптимальна програма спостережень передбачає відстежування таких забруднюючих речовин:

- в атмосферному повітрі: діоксиду сірки, оксидів азоту, озону, діоксиду вуглецю, пилу, аерозолі, важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену;

- в атмосферних опадах: важких металів, ДДТ, бенз(а)пірену, азоту (загальний вміст), фосфору (загальний вміст), аніонів та катіонів (сульфатів, нітратів, хлоридів, йонів амонію, кальцію та ін.);

- у поверхневих водах: важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену, рН, мінералізації, азоту (загальний вміст), фосфору (загальний вміст), нафтопродуктів, фенолів;

- у ґрунтах: важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену, азоту (загальний вміст), фосфору (загальний вміст);

- у біоті: важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену, азоту і фосфору (загальний вміст).

Одночасно спостерігають за гідрометеорологічними і геофізичними параметрами, необхідними для інтерпретації даних про забруднення природних середовищ, оцінювання біогеологічних циклів та циркуляцій забруднюючих речовин.

Оцінювання змін стану навколишнього природного середовища дає змогу визначити можливі збитки, спричинені природними й антропогенними діями, з'ясувати оптимальні умови людської діяльності, а також додаткові природні можливості, якими може скористатися людина.

Внаслідок антропогенних впливів довкілля може зазнати екологічних, економічних та естетичних збитків. Екологічні збитки визначають на основі аналізу відхилень від допустимого стану екосистеми, угруповання, популяції під впливом певної дії. Економічні збитки з'ясовують, встановлюючи кількість коштів, необхідних для подолання наслідків негативного впливу. Естетичними збитками є погіршення зовнішнього виду рослин, будівель, пам'яток архітектури.

Допустиме екологічне навантаження не спричиняє негативних наслідків, змін у живих організмах і не погіршує якості природного середовища. На основі встановлення різниці між гранично допустимим та фактичним станом екосистеми, популяції, угруповання з'ясовують їх екологічний резерв. Екосистемам, популяціям, угрупованням властива *екологічна стійкість* – здатність тривалий час протистояти впливу шкідливих антропогенних факторів. Завдяки цьому потенціалу вони не відразу піддаються деградації, руйнуванню, вимиранню тощо.

При оцінюванні стану навколишнього середовища використовують такі критерії:

1. Гранично допустимі концентрації забруднювачів. Цим критерієм послуговуються при оцінюванні допустимої кількості діючої речовини у середовищі.

2. Гранично допустимі дози (кількість шкідливої речовини, дія якої не викликає згубної дії на організм, екосистему). Аналіз ситуації за цими параметрами дає змогу з'ясувати допустимий ефект дії.

3. Гранично допустимі викиди речовин в атмосферу, гранично допустимі скиди шкідливих речовин у водні об'єкти. Їх установлюють для кожного джерела забруднення атмосфери, водного об'єкта з метою оцінювання його інтенсивності.

4. Гранично допустиме антропогенне навантаження (зумовлене людською діяльністю навантаження на навколишнє природне середовище, тривалий вплив якого не призведе до зміни екосистем). За цим критерієм установлюють допустиме екологічне навантаження на довкілля.

Прогнозування перспектив розвитку певного явища є однією з функцій системи моніторингу. Всі прогнози мають імовірнісний характер і ґрунтуються на даних про стан навколишнього природного середовища на певний момент часу й у минулому. Отримують ці дані завдяки дослідженням, спрямованим на виявлення закономірностей природних процесів, поширення, міграцій і перетворення у навколишньому середовищі забруднюючих речовин та їх впливу на різні організми. За масштабом усі прогнози поділяють на глобальні, регіональні (для певних регіонів) і локальні (місцеві).

У системі моніторингу найчастіше використовують такі методи прогнозування:

1. Експертне оцінювання. Сутність його полягає в отриманні й спеціалізованому обробленні прогнозних оцінок об'єкта через опитування висококваліфікованих фахівців (експертів) у певній сфері науки, техніки, виробництва. Оцінки експертів суттєво підвищують надійність прогнозів, отриманих за допомогою інших методів прогнозування.
2. Екстраполяція (поширення висновків, отриманих унаслідок спостереження за однією частиною явища, на іншу частину) та інтерполяція (встановлення проміжних значень об'єкта на основі деяких відомих його значень). Ці методи ефективні при короткостроковому прогнозуванні стосовно об'єкта, який тривалий час розвивався рівномірно без значних відхилень. Ґрунтуються вони на вивченні кількісних і якісних параметрів досліджуваного об'єкта за попередні роки з подальшим логічним продовженням, окресленням тенденцій його розвитку в прогнозованому періоді.
3. Моделювання. Метод полягає у побудові моделей, які розглядають з урахуванням імовірної або бажаної зміни прогнозованого явища на певний період, користуючись прямими або опосередкованими даними про масштаби і напрями змін. Методи моделювання використовують для складання глобальних, локальних та інших прогнозів.

При побудові прогнозних моделей необхідно виявити фактори, від яких суттєво залежить прогноз; з'ясувати їх співвідношення з прогнозованим явищем; розробити алгоритм і програми моделювання змін довкілля під дією певних факторів.

Для прогнозування екологічних наслідків антропогенного забруднення довкілля найчастіше використовують такі моделі:

- модель перенесення і перетворення забруднюючих речовин у навколишньому середовищі (геофізична модель), яка забезпечує прогнозування зміни стану довкілля з урахуванням процесів міграції, фізичної, хімічної, біологічної трансформації забруднюючих речовин;

- модель зміни стану екосистеми під впливом забруднення (екологічна модель), що сприяє отриманню інформації про стійкість, особливості розвитку екологічної системи, аналізу поведінки екологічних систем і передбаченню їхніх реакцій при внесенні в систему певних змін.

Особливість прогнозування стану довкілля полягає в тому, що в більшості випадків доводиться оперувати ймовірнісними та випадковими складовими розвитку процесів. Це зумовлює необхідність постійного вдосконалення його методології, уточнення інформаційної системи, оптимізації системи спостережень тощо.

ТЕМА 5

ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Ідея створення природоохоронної організації була висунута вперше на VIII Всесвітньому зоологічному конгресі, який проходив у 1910 р. у Відні, та підтримана учасниками Бернської міжурядової конференції з охорони природи (листопад 1913 р.), де був прийнятий акт про створення Консультативної Комісії з питань міжнародної охорони природи. Однак Перша світова війна завадила створенню міжнародної спеціальної організації, й тільки у 1923 р. у Франції на I Міжнародному конгресі з питань охорони середовища була прийнята резолюція про створення Консультативної Комісії.

Контроль за станом довкілля в Україні, як і в більшості країн, було розпочато у 30-і роки XX ст. на кількох водних об'єктах. Однак кількість контрольованих інгредієнтів була незначною (головні йони та біогенні елементи). У 50-і роки гідрометеослужба СРСР почала відстежувати радіоактивне забруднення природного середовища, а з 1963 р. – забруднення повітря й водних об'єктів. У 1972 р. було організовано загальнодержавну службу спостереження і контролю за забрудненням природного середовища, сформовану з підсистем, які відстежували забруднення атмосферного повітря, вод суші, морів та океанів, ґрунтів, фонового забруднення різних середовищ (біосфери, заповідних територій) на регіональних і базових станціях. Організація

такої служби була зумовлена інтенсивним розвитком народного господарства, внаслідок чого посилювалося забруднення довкілля.

Загальнодержавна служба спостережень і контролю виконувала такі завдання:

- спостереження й контроль за рівнем забруднення атмосфери, водних об'єктів і ґрунтів за їх фізичними, хімічними й гідробіологічними (для водних об'єктів) характеристиками;
- виявлення джерел забруднення;
- оцінювання ефективності заходів щодо захисту від забруднення об'єктів навколишнього середовища;
- забезпечення зацікавлених організацій оперативною і режимною інформацією про зміну або можливість зміни рівня забруднення об'єктів під впливом господарської діяльності та гідрометеорологічних умов, а також прогнозами про ймовірні зміни рівня забруднення довкілля.

На сучасному етапі моніторинг навколишнього природного середовища України відповідно до «Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища» здійснюють:

1. Міністерство екології та природних ресурсів. Основними об'єктами його уваги є джерела промислових викидів в атмосферу й дотримання норм гранично допустимих викидів; джерела скидів стічних вод й дотримання норм гранично допустимих скидів; стан поверхневих вод суші, сільськогосподарських угідь, наземних і морських екосистем; скиди та викиди з об'єктів, на яких використовують небезпечні радіаційні технології; стан і склад звалищ промислових та побутових відходів.

2. Науковий комітет НАН України. Здійснює авіаційно-космічні спостереження за станом озонового шару, рівнем забрудненості атмосфери, забрудненості ґрунтів, поверхневих вод, снігового покриву, лісів, сільськогосподарських посівів, а також радіаційним станом;

3. Міністерство охорони здоров'я. Його обов'язком є вибіркові спостереження за рівнем забруднення атмосфери в місцях проживання населення, станом поверхневих вод суші в місцях використання їх людьми, станом морських вод у рекреаційних зонах, хімічним і біологічним забрудненням ґрунтів у населених пунктах, станом здоров'я громадян та впливом на нього забруднення навколишнього середовища.

4. Міністерство сільського господарства. Воно виконує спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання, токсикологічні й радіологічні спостереження за сільськогосподарськими культурами, тваринами і продукцією.

5. Міністерство лісового господарства. Його функцією є моніторинг стану лісів, лісових ґрунтів, мисливської фауни.

6. Державний комітет гідрометеослужби. Ця структура здійснює спостереження за станом атмосферного повітря, атмосферними опадами, метеорологічними умовами, аерологічними параметрами, станом

поверхневих вод суші, підземними водами, станом і режимом морських вод, станом ґрунтів, радіаційною обстановкою.

7. Державний комітет водного господарства. Він виконує спостереження за поверхневими і підземними водами в зонах впливу атомних електростанцій, у межах впливу меліоративних систем, облік поверхневих вод.

8. Державний комітет геології. До його компетенції належать спостереження за складом і характеристиками підземних вод, оцінювання їх ресурсів.

9. Державний комітет земельних ресурсів. Його обов'язком є спостереження за структурою землекористування, станом і якістю ґрунтів, рослинного покриву, осушуваних та зрошуваних земель, берегових ліній річок, озер, заток.

10. Державне житлове комунальне господарство. Організація забезпечує спостереження за станом питної води, стічної води каналізаційної мережі, зелених насаджень.

Головними принципами, на основі яких організовують спостереження за довкіллям, є: комплексність, що передбачає узгоджену програму необхідних робіт; синхронність функціонування всіх систем спостережень; систематичність спостережень за станом довкілля і техногенними об'єктами, що впливають на нього; узгодженість термінів проведення спостережень із типовими гідрометеорологічними ситуаціями. Однак у наявних системах спостережень за станом довкілля України збирання й оброблення інформації переважно не автоматизовані, оснований на лабораторно-хімічних методах аналізу проб та використовують здебільшого для статистичного аналізу, значно рідше для прийняття оперативних управлінських рішень. Не вироблено єдиної методології збирання, оброблення, накопичення і передавання моніторингової інформації, не узгоджено функціонування окремих відомчих моніторингових систем. Розподіл функцій моніторингу по різних відомствах спричиняє дублювання зусиль, знижує ефективність системи моніторингу й утруднює доступ громадян, державних організацій до необхідної інформації. У зв'язку із цим створена Державна система моніторингу довкілля (ДСМД), яка визначила спільні завдання різних служб для комплексного спостереження, оцінювання і прогнозування стану довкілля.

ТЕМА 6

СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Достовірність інформації про стан і рівень забруднення об'єктів навколишнього середовища залежить від добору методів аналізу даних. Як правило, для певних ситуацій необхідно добирати методи спостереження й дослідження, які допомагають отримати різнобічну та якомога точнішу інформацію. Для цього можливостей одного методу часто виявляється недостатньо, тому для підтвердження, перевірки, розширення спектра даних використовують різноманітні методи, які дають змогу побачити об'єкт дослідження під різними кутами зору і в різних вимірах.

Під час дослідження стану довкілля використовують методи якісного (діагностують наявність певного хімічного елемента, сполуки) і кількісного (визначають кількість (концентрацію) хімічного елемента, сполуки у довкіллі) аналізів докілля. Залежно від параметрів, які підлягають вимірюванню, методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні. Вибір конкретного методу дослідження залежить від умісту аналізованої речовини й хімічного складу досліджуваного об'єкта. Застосування певного методу при вивченні стану об'єктів довкілля дає можливість визначити інгредієнти, характерні лише для визначеного об'єкта дослідження.

Хімічні методи кількісного аналізу концентрації хімічних елементів (сполук) у довкіллі. Вони ґрунтуються на виявленні певних речовин за допомогою хімічних реакцій.

До хімічних методів належать титрометричний і гравіметричний методи.

Титрометричний (об'ємний) метод аналізу. Він ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реагенту відомої концентрації, витраченого на взаємодію з аналізованою речовиною. Цим методом визначають загальну і карбонатну твердість води, хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню, кислотність, лужність, вміст розчиненого кисню, концентрацію катіонів меркурію тощо.

Гравіметричний метод аналізу. Цей метод оснований на кількісному переведенні аналізованого компонента в малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання.

Застосовують його при концентрації речовини в розчині не нижче від 0,01 – 0,001 моль/л. Гравіметричним методом визначають у природних і стічних водах наявність заліза (III) та алюмінію, які наявні у формі оксидів, хлориди – AgCl , сульфати – BaSO_4 (у кислому середовищі), багато металів (у вигляді малорозчинних сполук з органічними реагентами) – оксихінолінати, дитизонати та ін.

Фізико-хімічні методи кількісного аналізу концентрації хімічних елементів (сполук) у довкіллі. Ці методи ґрунтуються на хімічних реакціях, однак за їх допомогою визначають фізичну характеристику (оптичну густину, електропровідність, окисно-відновний потенціал), що залежить від умісту аналізованої речовини.

До цієї групи належать фотометричний і хроматографічний аналізи.

Фотометричний аналіз. Він охоплює всі методи, які базуються на поглинанні світла речовиною чи продуктом реакції в ультрафіолетовій (УФ), видимій та інфрачервоній (ІЧ) частинах електромагнітного спектра. Вони є придатними для визначення всіх хімічних елементів, крім інертних газів. За їх допомогою визначають як макро-, так і мікрокількості (до 10 – 8%) аналізованого компонента. Широко їх застосовують при аналізі природних об'єктів (повітря, поверхневих вод, ґрунту, донних мулів, рослин), стічних вод, газоподібних викидів, відходів промисловості.

Хроматографічний аналіз забезпечує розподіл, якісне виявлення та кількісне визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей. Ґрунтується він на різному їх розподілі між рухомою й нерухомою фазами. Завдяки йому вдалося, наприклад, швидко виявити стафілококове та мікозне ураження ліквідаторів аварії ЧАЕС. Хроматографічними методами в організмі виявляють алкалоїди, що спричиняють отруєння.

Для аналізу складних органічних проб використовують *рідинну хроматографію*. В установках рідинної хроматографії (як і в газових) використовують різноманітні детектори: ультрафіолетовий, електрохімічний, детектор з діодною матрицею, флюорометричний. Застосування електрохімічного детектора дає змогу визначати сполуки при їх вмісті 10 – 12 г у 1 мл проби. Найбільшу чутливість при визначенні сполук з малими ГДК (біогенні аміни, поліароматичні вуглеводні, гормони, токсини) має флюорометричний детектор.

Застосовуючи метод газорідинної хроматографії, визначають склад стічних вод нафтопереробних і хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу.

Газова хроматографія характеризується високою розподільною здатністю, гнучкістю завдяки застосуванню різних детекторів, найпоширенішим серед яких є полуменево-йонізаційний. Для визначення галогеновуглеводнів застосовують детектор електронного захоплення, а за допомогою спеціального N/P-детектора виявляють азото- і фосфоровмісні агрохімічні препарати.

Кількісною характеристикою газової та рідинної адсорбційної хроматографії є висота або площа хроматографічного піка, які пропорційні вмісту компонента в досліджуваній суміші.

Кількісний склад визначають за площею плями або розчиняють вміст у розчиннику й аналізують одним із методів. Методом тонкошарової

хроматографії розділяють амінокислоти й барвники рослин, визначають активність ґрунтової фауни за продукцією амінокислот.

Йонообмінна хроматографія дає змогу після попереднього розподілення і послідовного вилучення компонентів суміші з розподільної колонки визначити вміст елементів з подібними хімічними властивостями фотометричним, титрометричним чи іншим способами. Цим методом виявляють загальну твердість води, вміст катіонів важких металів у воді, ґрунті, донних мулах. Йонна хроматографія забезпечує визначення понад 70 аніонів неорганічних й органічних кислот, катіонів лужних та лужноземельних металів у воді, продуктах, лікарських препаратах тощо.

Молекулярно-ситову хроматографію використовують для розділення речовин на основі різних розмірів їх молекул. У такий спосіб можна розділити, наприклад, мономерні й полімерні гідроксокомплекси алюмінію, які у разі їх надлишкової кількості в природних водах мають різну токсичність і механізм дії на гідробіоти.

Електрохімічні методи аналізу. Їх сутність полягає в дослідженні електрохімічних властивостей проб. До них належать потенціометрія, вольтамперометрія та кондуктометрія.

Потенціометрія. Вона охоплює методи, що передбачають вивчення хімічних процесів, які змінюються в результаті хімічних реакцій потенціалу електрода, зануреного у досліджувану суміш.

Абсолютна потенціометрія дає змогу виміряти потенціал E і за рівнянням Нернста обчислити концентрацію іона в речовині. Цей метод використовують для визначення рН природних і стічних вод за допомогою скляного електрода. Іоноселективні електроди забезпечують установлення вмісту нітратів у рослинах та продуктах, концентрації катіонів натрію, калію, кальцію, магнію, міді, аніонів хлору, бромиду, йоду й ін.

Потенціометричне титрування використовується для аналізу забарвлених і каламутних середовищ, визначення в них різноманітних сполук. Потенціометричні біодатчики застосовують для визначення концентрації пестицидів у складних багатокомпонентних системах.

Вольтамперометрія. Цю групу методів поділяють на два типи:

– полярографічний аналіз, що ґрунтується на процесі електролізу й вивченні залежності сили струму від прикладеної напруги. Цим методом у природних водах і ґрунтах визначають вміст цинку, кадмію, свинцю, міді з попереднім екстракційним відокремленням токсичних елементів – залишкову кількість свинцю у виноградному соку з чутливістю 0,002 мг/л; токсичні елементи в продуктах, повітрі, стічних водах; концентрацію вітамінів, ферментів, гормонів в організмі людини; діагностують захворювання;

– амперометричне титрування, яке дає змогу визначати аніони, для яких немає точних і швидких титрометричних методів.

Абсорбційна інверсійна вольтамперометрія є методом визначення понад 40 катіонів металів, аніонів, органічних сполук (білків, ферментів, лікарських препаратів, пестицидів, стимуляторів росту тварини) у різних екологічних об'єктах.

Кондуктометрія (аналіз за електричною провідністю). Метод використовують для визначення концентрації розчинених солей у питних водах і водах для теплообмінного обладнання (пряма кондуктометрія). Кондуктометричним титруванням установлюють склад сумішей кислот у водному та водно-органічному середовищах, катіони й аніони.

Фізичні (іструментальні) методи аналізу концентрацій хімічних елементів (сполук) у довкіллі. Це кількісні аналітичні методи, для виконання яких необхідна електрохімічна, оптична, радіохімічна та інша апаратура, а також методи, що ґрунтуються на емісії чи абсорбції випромінювання: фотометрія, спектральний аналіз, атомно-абсорбційний спектральний аналіз, маспектрометрія, метод ядерного магнітного резонансу.

Фотометричний метод. Він полягає у порівнянні оптичної щільності досліджуваної та контрольної рідини. Цим методом кількісно визначають понад 70 хімічних елементів, зокрема катіони лужних і важких металів у природних водах.

Спектральний аналіз. Метод є фізичним способом визначення складу та будови речовини за її спектром, упорядкованим за довжиною хвилі електромагнітним випромінюванням. Для збудження речовини використовують полум'я пальника, енергію електричної дуги, іскри. Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини, її будову (атомно-емісійний спектральний аналіз).

Атомно-абсорбційний спектральний аналіз ґрунтується на визначенні концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання. Цей метод характеризується універсальністю, простотою виконання аналізу й високою продуктивністю. Він дає змогу виявити велику кількість елементів у концентраціях 0,1 – 0,01 мкг/л і нижче. Метод атомно-абсорбційного спектрального аналізу є принципом роботи багатьох аналізаторів. Так, атомно-абсорбційний аналізатор МГА-915 – спектрометр із земанівською корекцією – застосовують для елементного аналізу природних, питних та стічних вод, ґрунтів, біологічних проб повітря.

Маспектрометрія основана на розділенні газоподібних іонів у магнітному полі залежно від відношення величини маси іона до його заряду, яке впливає на інтенсивність сигналу. Особливістю методу є дослідження малих об'ємів проб і висока вибіркковість. Застосовують його переважно для визначення відносних ізотопних мас та ізотопного вмісту

елементів, а також відносних молекулярних мас і структури органічних речовин. Масспектрометрією виявляють у ґрунті надзвичайно небезпечну забруднюючу речовину – тетрахлордифенілдіоксин у концентрації 10 – 6 мг/кг.

Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Він відображає взаємодію магнітного моменту ядра молекули речовини із зовнішнім магнітним полем. Він дає змогу працювати у широкому діапазоні концентрацій, визначати, зокрема, вміст різних форм алюмінію та інших металів у природних водах і є дуже ефективним.

Люмінесцентні методи аналізу хімічних речовин (сполук) у довкіллі. Тривалий час у більшості екологічних, технологічних, біохімічних лабораторій домінували фотометричні методи. Однак зниження ГДК і необхідність виявлення забруднюючих і токсичних речовин у надзвичайно малих концентраціях зумовили широке впровадження методів люмінесценції, які мають високу селективність, дають змогу працювати з малими об'ємами, що зумовлює їх переваги над фотометричними методами. Репрезентують цю групу методів люмінесцентний, сортовий та хемілюмінесцентний аналізи.

Люмінесцентний аналіз ґрунтується на здатності речовин випромінювати світло під дією різних збудників: ультрафіолетового (УФ) випромінювання або видимого світла (фотолюмінесценція), розламування (триболлюмінесценція), енергії хімічної реакції (хемілюмінесценція), яка дуже поширена в живій природі: світяться окремі види молюсків, ракоподібних, глибоководних риб, червів унаслідок взаємодії кисню з люциферином. Ця реакція каталізується ферментом люциферазою, а явище називають біолюмінесценцією.

Сортний аналіз (передбачає фіксування світла, що випромінюють досліджувані матеріали) застосовують для визначення якості зерна (свіже і зерно, що псується, світяться по-різному в УФ-променях), різних видів палива, виявлення забруднень, сурогатів, підробок.

Хемілюмінесцентний аналіз оснований на здатності продуктів хімічних реакцій світитися, коли один з компонентів реакції опиняється у збудженому стані. Інтенсивність люмінесценції прямо пропорційна концентрації каталізатора (швидкості хімічної реакції), тому хемілюмінесценцію застосовують у кінетичних методах аналізу. Метод дає можливість визначати метали у надзвичайно малих кількостях (до 10 – 8 %).

Кількісний хемілюмінесцентний аналіз полягає у вимірюванні інтенсивності або кількості виділеного в хімічній реакції світла фотографічним методом і за допомогою хемілюмінесцентних фотометрів. Хемілюмінесцентним методом визначають наявність мастил, каучуків, вітамінів, бітумів. Це один із найчутливіших методів, який дає змогу виявити 10 – 0,001 мкг/мл речовини.

Радіометричні методи аналізу концентрацій хімічних речовин (сполук) у довкіллі. Основою їх є виявлення й вимірювання природної та штучної радіоактивності. Для кількісної характеристики радіоактивності послуговуються поняттями «абсолютна активність радіоактивних речовин», яку вимірюють у кюрі, й «питома активність» (радіоактивність одиниці маси речовини, тобто міри відносного вмісту радіонуклідів у досліджуваному зразкові), яку виражають кількістю розпадів за хвилину або секунду і вимірюють у беккерелях.

За природною радіоактивністю можна кількісно визначити понад 20 хімічних елементів, зокрема уран, торій, радій, актиній. Калій можна виявити у воді в концентрації 0,05 моль/л. Природна радіоактивність вказує на наявність уранових руд, чим користуються під час їх пошуку за допомогою авіації та супутників. Радіонукліди застосовують для виявлення пошкоджень у газопроводах, місцях витікання води з магістральних колекторів стічних і каналізаційних вод.

До радіометричних методів аналізу концентрації хімічних речовин належать такі:

- *активаційний аналіз* (опромінення нерадіоактивних елементів нейтронами, протонами та іншими високоенергетичними часточками, внаслідок чого вони набувають радіоактивності);

- *відносний метод аналізу* (опромінення за однакових умов досліджуваного зразка й еталона з відомим вмістом елемента, який є об'єктом дослідження. Часто зразок після опромінення розчинюють, концентрують його методами осадження, співосадження, екстракції, хроматографії та визначають активність продуктів розділення);

- *ізотопне розбавлення* (введення ізотопу елемента в аналізований розчин, що набуває активності; відтак цей елемент переводять в осад (екстрагують, хроматографують) і визначають активність розчину після його видалення. За різницею визначають активність осаду (екстракту, елюату) й обчислюють вміст компонента в зразку);

- *рентгеноспектральний аналіз* (ґрунтується на послабленні інтенсивності рентгенівського випромінювання під час проходження крізь пробу. В рентгенофлюоресцентному аналізі на пробу діє первинне рентгенівське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне рентгенівське випромінювання проби, характер якого залежить від якісного та кількісного складу аналізованої речовини).

Біологічні та біохімічні методи аналізу кількості хімічних речовин (сполук) у довкіллі. Їх основою є дослідження реакцій рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника. Зміни в організмах можуть стосуватися активності ферментів, проникності мембран, зміни інших органел клітини, окремих органів, систем, організму загалом, популяції, екосистеми.

Біологічні методи використовують при дослідженні стану довкілля (біоіндикація). Тест-об'єктами при вивченні дії токсичних речовин (визначення ГДК і летальних доз), фармакологічного ефекту лікарських препаратів найчастіше бувають живі організми. Біологічні методи ефективні при аналізі біологічно активних речовин: антибіотики аналізують за їх спроможністю зупиняти ріст мікроорганізмів; серцеві глікозиди здатні припиняти роботу ізольованого серця жаби; накопичення фенольних сполук у листі рослин сигналізує про стресову ситуацію.

Здебільшого визначають активність ферментів, оскільки вони мають високу чутливість, вибірккову дію, дають змогу численним хімічним реакціям у живому організмі відбуватися за звичайних умов (амілаза каталізує розщеплення вуглеводів, глюкозооксидаза окислення Д-глюкози).

Активність біохімічних каталізаторів залежить від багатьох чинників, оскільки вони мають білкову природу, а саме від рН середовища, наявності окремих катіонів металів, що можуть підвищувати чи знижувати їх активність, окисно-відновний потенціал тощо.

Коливання активності ферментів фіксують спеціальні електроди на підставі зміни концентрації субстрату чи метаболіту. Вивчення ферментних реакцій має велике значення при дослідженні функцій і виявленні концентрацій мікроелементів та інших біологічно активних сполук. Активність ферментів може бути тестом при моніторингу забруднення довкілля деякими речовинами, зокрема важкими металами, що діють як ферментні отрути, кислотними оксидами тощо.

З метою контролювання стану поверхневих природних вод використовують методи біотестування. Наприклад, зміна статичного стану п'явки медичної на динамічний, динаміка виживання та плодючості дафнії магна, біолюмінесценція окремих видів бактерій тощо є свідченням наявності різних забруднювачів.

Широкий вибір методів спостережень за рівнем забруднення природного середовища дає змогу цілісно оцінити стан довкілля та встановити найменші концентрації речовин у незабруднених об'єктах фонових районів і високі значення їх концентрацій за антропогенної дії протягом тривалого часу.

ТЕМА 7

РІВНІ ТА ВИДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Антропогенний вплив на біосферу розподілений нерівномірно. В одних географічних зонах він майже відсутній (центральна частина Антарктиди, південна частина Південного океану, заповідники на різних континентах), в інших спричиняє відчутні зміни первинних екосистем, рельєфу, навіть особливостей місцевості (райони інтенсивного розвитку промисловості, відкритих розроблень копалин, інтенсивного ведення

сільського господарства, урбанізовані території). Внаслідок антропогенної дії природні середовища таких районів забруднені невластивими для них елементами (хімічними речовинами, їх сполуками). Таке становище зумовлює здійснення певних видів моніторингу на різних рівнях.

Для вивчення природних процесів, що відбуваються в екосистемах і біосфері використовують методи спостережень та досліджень різних галузей знань (геології, гідрогеології, метеорології, хімії, біології, фізики, екології, ґрунтознавства).

Залежно від мети здійснюють моніторинг компонентів біосфери (атмосфери, гідросфери, літосфери), біологічний, екологічний моніторинги, моніторинг чинників впливу, джерел забруднення та інші його види на різних територіальних рівнях. З огляду на предмет спостережень виокремлюють абіотичний, геофізичний, фізичний, хімічний, санітарно-токсичний види моніторингу. Цим далеко не вичерпується класифікація систем моніторингу, оскільки в наукових дослідженнях і практичній діяльності керуються різноманітними підходами й принципами.

Різні види моніторингу можна проводити на певних територіальних рівнях: локальному, регіональному, глобальному, які відрізняються площею охоплення, мережею, програмами спостережень, об'єктами і предметами дослідження.

Об'єктами спостереження можуть бути:

- окремі місця і зони, розміри яких не перевищують десятки кілометрів (локальний моніторинг);
- локальні джерела підвищеної небезпеки: території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, зони впливу АЕС, хімічні заводи (імпактний моніторинг);
- території площею до тисяч квадратних кілометрів (регіональний моніторинг);
- загальносвітові процеси й явища в біосфері та в екосфері Землі (глобальний моніторинг).

Система моніторингу на глобальному рівні, як правило, вибірково охоплює підсистеми регіонального та локального моніторингів.

За критерієм вибору предмета спостереження найбільшу практичну цінність мають екологічний, фоновий, глобальний, кліматичний види моніторингу.

Рівні моніторингу

Параметр	Локальний	Регіональний	Глобальний
Площа, охоплена системою моніторингу, кв. км	1 2 10 – 10	3 6 10 – 10	7 8 10 – 10
Відстань між пунктами відбору проб, км	0,01–10	10–500	До 3000–5000
Періодичність досліджуваних процесів	дні – місяці	роки	десятиліття – століття
Частота спостережень	хвилини – години	декада – місяць	2–6 разів на рік
Кількість компонентів, що спостерігаються	3-30	120-1500	3 6 10 - 10
Точність	частки ГДК	до 30%	десяті частки, %

ТЕМА 8

ФОНОВИЙ МОНІТОРИНГ, ЙОГО РОЛЬ В ОЦІНЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ГЛОБАЛЬНОГО СТАНУ БІОСФЕРИ

Дослідження екологічних змін і організація екологічного моніторингу на фоновому рівні передбачає спостереження у віддалених від локальних джерел забруднення зонах, тобто фонові спостереження, сутність яких полягає у відстежуванні змін стану атмосфери, ґрунту, природних вод, структури земної поверхні на територіях, на які безпосередньо не діють антропогенні фактори.

Фоновий моніторинг – багаторічні комплексні спостереження за визначеними об'єктами природоохоронних зон для оцінювання і прогнозування змін стану екосистем, віддалених від об'єктів промислової та господарської діяльності.

Основним завданням фонового моніторингу є з'ясування й фіксація показників, що характеризують природний фон (стан природного середовища, який не зазнав прямого впливу людської діяльності), а також глобальні й регіональні зміни в процесі розвитку біосфери. Його організовують у біосферних заповідниках, де вивчають, контролюють і прогнозують антропогенні зміни біосфери, абіотичних факторів середовища, а також внутрішні процеси та явища, що відбуваються в екосистемах.

Фоновий глобальний стан біосфери вивчають на фонових станціях, які формуються зі стаціонарного спостережувального полігона (ділянки для відбору проб, гідропости, спостережувальні свердловини) і хімічної

лабораторії, розміщених на територіях біосферних заповідників, де заборонена будь-яка господарська діяльність.

Біосферний заповідник – територія міжнародного значення, виокремлена з метою збереження різноманітності природно-територіальних комплексів і генетичних ресурсів рослинного й тваринного світу, проведення наукових досліджень, фонового моніторингу та вивчення стану довкілля.

Нині у 76 країнах світу функціонує до 300 біосферних заповідників. Площа кожного з них становить від 300 до 2 млн га. В Україні біосферними заповідниками, де проводять фонові спостереження, є Асканія-Нова (33307,6 га), Чорноморський біосферний заповідник (100809 га), Карпатський біосферний заповідник (57880 га), Дунайський біосферний заповідник (46402,9 га).

Якісний і кількісний фоновий стан природного середовища в далекому минулому, до початку впливу людини, можна дослідити за даними історичного моніторингу – аналізу кілець загиблих або давніх дерев, проб льодовиків, донних відкладень тощо.

Програма фонового екологічного моніторингу на основі біосферних заповідників охоплює такі напрями:

- моніторинг забруднення природного середовища та інших факторів антропогенного впливу;
- моніторинг реакції біоти на антропогенний вплив, передусім на фонові рівні забруднення;
- спостереження за зміною функціональних і структурних характеристик еталонних (незайманих) природних екосистем та їх антропогенних модифікацій.

Програма фонового моніторингу формується з абіотичної та біотичної складових.

До абіотичної складової фонового моніторингу належать спостереження за кліматичними, едафічними (грунтовими), гідрологічними, орографічними (рельєфними), геологічними умовами та явищами навколишнього середовища, які впливають на організми екосистеми. При цьому вимірюють гідрометеорологічні величини, концентрації хімічних речовин природного й антропогенного походження у певних середовищах. Гідрометеорологічні та геофізичні характеристики навколишнього природного середовища повинні містити дані про швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск і температуру повітря, вологість і кількість опадів, інтенсивність сонячної радіації, у т.ч. ультрафіолетового випромінювання, витрати, рівень і температуру води, вологість, тепловий баланс ґрунту. Спостереження за абіотичною частиною мають забезпечити інформацією про концентрацію хімічних речовин, їх сполук у навколишньому середовищі, про міграційні процеси, накопичення, трансформацію та кругообіг цих речовин. Визначаючи

необхідність охоплення певних речовин програмою вимірювань у біосферних заповідниках, послуговуються такими критеріями:

1) поширення речовин, їх стійкість і мобільність у навколишньому середовищі;

2) здатність речовин до впливу на біологічні та геофізичні системи.

Деякі забруднюючі речовини, потрапивши у природне середовище, можуть змінити геохімічну рівновагу, легко мігрувати харчовими ланцюжками, накопичуватися у біоті й утворювати складні токсичні сполуки. За даними досліджень, найчастіше спричиняють порушення геохімічної рівноваги ртуть, кадмій і свинець. При оцінюванні змін природного кругообігу речовин, спричинених антропогенною діяльністю, використовують такі показники:

1) коефіцієнт технофільності – відношення щорічного видобутку певного хімічного елемента до його загального вмісту в літосфері;

2) коефіцієнт геохімічної рівноваги – відношення сумарних викидів будь-якої речовини у навколишнє природне середовище до його загального вмісту в літосфері.

У біосферних заповідниках спостерігають, оцінюють і прогнозують забрудненість атмосферного повітря за вмістом у ньому важких металів (свинцю, кадмію, миш'яку, ртуті), забруднюючих речовин, що спричиняють глобальні зміни в атмосфері (діоксиду сірки, озону, оксиду вуглецю, оксидів азоту, вуглеводнів, бенз(а)пірену, хлорорганічних сполук (ДДТ та ін.), фреонів). На основі спостережень за фоновими рівнями забруднення атмосферного повітря цими речовинами розробляють моделі їх перенесення атмосферними фронтами з урахуванням гідрометеорологічних і техногенних факторів.

Однією з передумов аналізу й прогнозування стану забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунту та біотичної складової екологічної системи є спостереження за токсичними й небезпечними для екологічної системи забруднюючими речовинами: бенз(а)піреном, хлорорганічними сполуками (ДДТ та ін.), фреонами, біогенними елементами, важкими металами (свинцем, кадмієм, миш'яком, ртуттю).

Біотична складова фонових моніторингу охоплює оцінювання стану біоти (визначення коефіцієнта розмноження, тривалості життя), прогнозування її реакцій на незначну зміну природного середовища (встановлення залежності біоти від антропогенного забруднення в системі «доза – реакція»).

Станцію комплексного фонових моніторингу формують стаціонарна ділянка спостережень і хімічна лабораторія. Ділянка (полігон) спостереження складається з майданчика для відбору проб, гідропостів, спостережувальних свердловин. На ній відбирають проби атмосферного повітря, атмосферних опадів, вод, ґрунтів, рослинності, проводять гідрометричні та геофізичні вимірювання. Важливим елементом полігону є

базова ділянка фонові станції – майданчик розміром 50 x 50 м, де розміщують устаткування для відбору проб, вимірювальні прилади для визначення хімічного складу й фізичних характеристик повітря. Розташовують її на відкритій, рівній ділянці, віддаленій від будівель, лісосмуг, пагорбів. Хімічну лабораторію зводять не ближче ніж 500 м від базової ділянки. У лабораторії обробляють та аналізують відібрані проби. На фонових станціях визначають і досліджують критерії екологічного моніторингу, уточнюють методи контролювання, оцінювання та прогнозування стану об'єктів спостереження.

ТЕМА 9

ГЛОБАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА (ГСМНС)

У середині ХХ ст. у біосфері відбувалися локальні й регіональні екологічні кризи. Згубний вплив людини на біосферу досяг глобальних масштабів і проявився у тотальному забрудненні природних середовищ, інтенсивному використанні ресурсів природи, зміні геохімічних кругообігів елементів та потоків енергії в екологічних системах, що спричинило розвиток глобальної екологічної кризи. У промислово розвинутих країнах руйнувалися екологічні системи й виснажувалися природні ресурси. Загалом на планеті було втрачено 20% видів живих істот. Великі річки Європи (Рейн, Одер) перетворилися на стічні канали, де через непридатну для життєдіяльності якість води повністю зникла біота, у критичному стані опинилися Дунай і Сена. Активно поширювалася деградація ґрунтів (водна ерозія охопила 56 % площі земель суходолу), хімічне й фізичне ушкодження земель, опустелювання території (загальна площа пустель та напівпустель 48,4 млн. кв. км, щороку вона збільшується на 6 млн. га), скорочення площ тропічних дощових лісів і тайги (призводить до зменшення кількості кисню, зникнення деяких видів рослин і тварин), забруднення атмосфери (наслідком його є розвиток парникового ефекту, утворення озонової діри, кислотних дощів, смогів). Спрогнозувати можливі зміни біосфери з високою точністю у той час було неможливо, оскільки спостереження за станом довкілля держави здійснювали лише на регіональних рівнях за різними програмами. Тому в 1972 р. на Стокгольмській конференції ООН з навколишнього середовища було запропоновано створити Служби Землі, які мають здійснювати глобальний моніторинг довкілля, оцінювання, дослідження та обмін інформацією, вчасно попереджати про природні катастрофи й антропогенні зміни стану довкілля, здатні спричиняти прямі та непрямі збитки здоров'ю людини.

Глобальний (франц. global – всесвітній, загальний) моніторинг – система спостережень за планетарними процесами і явищами, які

відбуваються у біосфері, з метою оцінювання та прогнозування глобальних проблем охорони навколишнього природного середовища.

За результатами роботи Міждержавної наради з проблем моніторингу, що відбулася у Найробі (лютий 1974 р.), було сформульовано такі основні завдання глобального моніторингу:

1. Організація розширеної системи попереджень про загрозу здоров'ю людини.
2. Оцінювання глобального забруднення атмосфери та її впливу на клімат.
3. Оцінювання кількості й розподілу забруднення біологічних систем, особливо харчових ланцюгів.
4. Оцінювання критичних проблем, що виникають унаслідок сільськогосподарської діяльності й землекористування.
5. Оцінювання реакції наземних екосистем на вплив навколишнього середовища.
6. Оцінювання забруднення океану і вплив забруднень на морські екосистеми.
7. Створення міжнародної системи попереджень про стихійні лиха.

Програма глобального моніторингу передбачає систематичне вивчення навколишнього середовища за єдиними правилами та уніфікованими методиками на 8 континентальних, 77 базових і 66 біосферних регіональних станціях, розташованих у різних точках Землі. Вона охоплює спостереження, оцінювання, прогнозування змін природних процесів, контролювання енергетичного й теплового балансу Землі (відношення надходження і витрат енергії на земній поверхні й в системі «атмосфера – Земля»), спостереження за рівнями радіації, вуглекислого газу, кисню в тропосфері (частково в гідросфері), глобальним збільшенням фонових забруднень атмосфери, станом Світового океану, змінами клімату, міграційними шляхами тварин. За деякими із цих напрямів у багатьох країнах давно тривають успішні дослідження та спостереження, за іншими – робота тільки розпочалася. Тому здебільшого необхідна не організація нових служб, а максимально ефективне використання і розвиток наявних систем, їх доповнення, раціональне й ефективне послуговування інформацією.

Сучасна глобальна система моніторингу навколишнього середовища охоплює всі природні зони, а також потенційно небезпечні щодо забруднення компонентів середовища райони, виконуючи такі завдання:

- визначення рівнів окремих критичних забруднювачів у середовищі, аналіз їх розподілу в просторі та змінюваності в часі;
- вивчення розмірів і швидкості потоків забруднюючих речовин, їх перетворень та сполук;
- порівняння використовуваних у різних країнах методів спостережень та аналізу змін довкілля;

– забезпечення необхідною для прийняття управлінських рішень глобальною і регіональною інформацією;

– попередження про можливі природні й антропогенні катастрофи.

Система глобального моніторингу реалізується на імпакті, регіональному, фоновому рівнях, для яких розроблено спеціальні програми.

Імпакті рівень глобального моніторингу (І) полягає у вивченні критичних забруднень на локальних територіях, спричинених одним або кількома джерелами викидів. Об'єктом спостереження може бути потенційно небезпечне підприємство (група підприємств), скиди або викиди якого за певних аварійних умов і метеорологічних характеристик (особливості циркуляції повітряних потоків) можуть спричинити глобальне забруднення довкілля.

Регіональний рівень глобального моніторингу (Р) охоплює вивчення міграції й трансформації забруднюючих речовин і їх сукупної дії, характерних для певних економічних регіонів чинників. Об'єктом дослідження є довкілля в межах конкретного регіону (економічного району, адміністративної області, країни).

Фоновий рівень глобального моніторингу (Ф) передбачає фіксацію фонових стану довкілля з метою подальшого оцінювання рівня антропогенної дії. Спостереження проводять на базі біосферних заповідників, де заборонена будь-яка господарсько-виробнича діяльність і обмежений антропогенний вплив сусідніх територій.

Програми спостережень формують на основі вибору пріоритетних забруднюючих речовин та інтегральних характеристик, використовуючи певну сукупність критеріїв. Ними можуть бути величина фактичного або потенційно можливого впливу забруднюючих речовин на здоров'я людини, стан екосистеми, клімат; здатність забруднюючих речовин до деградації в довкіллі, накопичення в організмі людини і харчових ланцюгах; здатність забруднюючих речовин утворювати шкідливі й токсичні сполуки; міграційна здатність; фактичні й можливі концентрації забруднювачів у довкіллі та в організмі людини. Найпоширеніші забруднюючі речовини оцінюють у балах від 0 до 3 і розподіляють за цими критеріями на класи пріоритетності. Чим вищий клас, тим більший пріоритет забруднювача при організації спостережень у певному середовищі (повітря, питна та морська вода, біота, їжа (внутрішнє надходження забруднюючих речовин до організму людини, тварини) на відповідному рівні (імпакті, регіональному, фоновому).

Визначення пріоритетних об'єктів під час організації систем моніторингу залежить від його мети і завдань: на територіальному рівні перевагу надають промисловим містам, джерелам питної води, місцям нересту риб; стосовно середовища спостережень основними є атмосферне повітря та вода прісних водойм, водотоків, морських акваторій.

Глобальний моніторинг здійснюють з використанням базових (для глобального фонового моніторингу дуже низьких фонових концентрацій найважливіших складових атмосфери) і регіональних станцій за мінімальними (для моніторингу довготривалих змін складу атмосферного повітря, спричинених людською діяльністю на регіональному рівні) та розширеними програмами (для моніторингу довготривалих змін складу довкілля на імпактічному рівні). Мінімальні програми передбачають вимірювання на базових станціях забруднення атмосфери, провідності повітря, вмісту CO₂ у повітрі й хімічного складу опадів; на регіональних станціях – спостереження за мутністю атмосфери та хімією опадів. Розширені програми охоплюють додаткові спостереження за діоксидом сірки, сірководнем, вмістом загального озону, чадного газу і всіх сполук азоту, важких металів.

На основі спостереження, оцінювання і прогнозування в межах системи глобального моніторингу було здійснено:

- глобальне оцінювання стану ґрунту, а також складено карти деградації ґрунтів сільськогосподарського призначення, придатності сільськогосподарських земель у певних агроекологічних зонах, стану пасовищ у посушливих і напівпосушливих регіонах;
- оцінювання покриву тропічного лісу Африки, Латинської Америки, Азії, районування і класифікацію рослинності;
- дослідження водного балансу льодовиків, гідрологічних регіонів;
- прогнозування можливих змін клімату;
- оцінювання запасів морських біологічних ресурсів, забруднення Світового океану;
- виокремлення еталонних екосистем біосфери;
- аналіз даних про причини захворювань у певних забруднених районах.

Функціонування глобальної системи моніторингу довкілля особливо актуальне в постіндустріальну епоху, коли людство переходить на нову модель сталого (еколого-економічно-соціального) розвитку. Перехід до цієї моделі передбачає такий стан суспільства, за якого вплив на навколишнє середовище зберігатиметься в межах господарської ємності біосфери.

Сталий розвиток передбачає формування економічних відносин, які забезпечать можливість спільного збалансованого функціонування системи «природа – суспільство – економіка». Ідея екологічно сталого розвитку біосфери ґрунтується на таких принципах:

- принцип обмеженості (збереження сучасного стану довкілля);
- принцип збереження природного багатства на сучасному рівні (недопущення втрат або зменшення природноресурсного потенціалу й екологічного біорізноманіття);

– принцип балансу між ресурсом і забруднювачем (використання ресурсів у масштабах відновлювальної здатності екологічних систем) та ін.

Реалізувати комплекс принципів можна тільки на основі різнобічної і достовірної інформації (спостережень, оцінювання, прогнозування), яку здатна забезпечити глобальна система моніторингу навколишнього середовища.

ТЕМА 10

КЛІМАТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ І ЙОГО ЗАВДАННЯ

При глобальних перетвореннях довкілля визначальну роль відіграють кліматичні зміни, спричинені природними та антропогенними факторами (парниковий ефект, озонові діри, техногенні забруднення довкілля).

Перебуваючи в тісному взаємозв'язку з усіма компонентами природного середовища, клімат (багаторічний режим погоди, властивий певній місцевості) відчутно впливає на них, на умови життя і самопочуття людини.

З'ясування антропогенних змін і коливань клімату неможливе без вивчення його природної динаміки, яка ґрунтується на даних про стан кліматичної системи «атмосфера – океан – поверхня суші (з річками й озерами) – літосфера – біота» і взаємодію елементів цієї системи за тривалий час. Спостереження за станом кліматичної системи, оцінювання та прогнозування її подальшого розвитку здійснюють за допомогою кліматичного моніторингу.

Кліматичний моніторинг – це система спостережень, оцінювання і прогнозування зміни клімату. До кліматичного моніторингу належить збирання даних про клімат минулого. Для цього вивчають копалини, а також кільця деревини, донні відкладення, на яких позначаються коливання й зміни клімату протягом сотень та тисяч років.

На основі виникнення певних особливостей клімату, зокрема внаслідок впливу на нього антропогенно перетвореної підстилаючої поверхні (будівництва великих гідротехнічних споруд, змін площ лісових насаджень, будівництва міст), а також можливого впливу інтенсивних теплових викидів, трансформацій складу та оптичних властивостей атмосфери (візуального сприйняття, спричиненого викидами аерозольних часток і газових домішок) роблять висновки про обсяги антропогенного втручання.

Природні й антропогенні зміни клімату впливають на стан біосфери загалом, функціонування популяцій рослин і тварин, змінюють умови життєдіяльності людини та стан її здоров'я.

Кліматичний моніторинг пов'язаний з екологічним. Він потребує спеціальної системи спостережень, спроможної забезпечити виконання наукових та практичних завдань, зокрема надати широку кліматичну

інформацію. З цією метою, як правило, створюють службу збору кліматичних даних, сфера діяльності якої простягається і за межі моніторингу антропогенних змін клімату. Для пізнання сутності й антропогенної складової змін та коливань клімату необхідний великий масив даних про параметри елементів біосфери, які характеризують її зміни. Особливо це важливо при простежуванні змінюваності клімату в просторі й часі. Прогнозування сезонних і річних коливань клімату відбувається на основі інформації, яку забезпечує глобальна система спостережень. При цьому слід мати на увазі, що спостереження, спрямовані на вивчення змінюваності клімату, повинні обов'язково враховувати інерційність кліматичної системи.

Моніторинг клімату зосереджується на реалізації таких завдань:

- збирання даних про стан кліматичної системи;
- аналіз й оцінювання природних та антропогенних змін і коливань клімату (включаючи порівняння клімату минулого з сучасним);
- виокремлення антропогенних ефектів у зафіксованих змінах клімату;
- виявлення природних і антропогенних факторів, що зумовлюють зміну клімату;
- виявлення критичних елементів біосфери, вплив на які може спричинити кліматичні зміни.

Кліматичний моніторинг охоплює геофізичний (система спостережень за абіотичною частиною біосфери, а саме: кліматом, рельєфом, температурою, сонячною радіацією тощо) й біологічний (система спостережень за станом біотичної складової біосфери та реакцією на антропогенний вплив) моніторинги, для нього важливі як фактори дії, так і джерела забруднення. У його здійсненні важливу роль відіграють метеорологічні служби, сформовані з наземних та супутникових підсистем, що дають змогу різнобічно відстежувати процеси і явища. Усі основні кліматичні дані й інформацію, необхідні для аналізу змін клімату, поділяють на групи:

1. Вимірювання основних метеорологічних параметрів, вивчення та аналіз атмосферних явищ та процесів, які характеризують відповідний стан погоди. До цієї групи належать дані про температуру і вологість повітря, атмосферний тиск, швидкість та напрямок вітру, інтенсивність опадів, гідрологічні дані, а також дані про сніговий покрив, вологість і глибину промерзання ґрунту й інше, які отримують на метеорологічних та гідрологічних станціях і постах. На основі цієї інформації здійснюють моніторинг атмосферних явищ та процесів, отримують їх національні метеорологічні служби з відповідних станцій за допомогою технічних засобів.

На сучасному етапі у світі функціонує 40000 кліматологічних і 140000 дощомірних станцій, однак розміщені вони нерівномірно.

Міжнародний обмін основними погодними даними забезпечують Всесвітня служба погоди (ВСП), Всесвітня метеорологічна організація (ВМО). ВСП формується з глобальних систем спостережень, телезв'язку й оброблення даних. Метою її роботи є збереження та надання користувачам необхідної інформації.

Глобальну систему спостережень формують наземна й супутникова підсистеми. Наземна підсистема базується на опорній синоптичній мережі. Вона отримує інформацію також з кораблів і літаків, метеорологічних радіолокаторів, різних систем зондування атмосфери. До наземної підсистеми спостережень належать станції вимірювання сонячної радіації, фонового забруднення атмосфери та інших складників атмосфери. Аерозольні частки природного й антропогенного походження, електромагнітне випромінювання, теплове забруднення також становлять інтерес для служб наземної глобальної системи спостережень, оскільки помітно позначаються на кліматі.

Супутникову підсистему утворюють геостаціонарні й розташовані на навколополярних орбітах метеорологічні супутники. Вони відстежують вертикальні профілі температури і вологості, температуру поверхні моря, поверхні суші та верхнього шару хмар, сніговий покрив, радіаційний баланс.

2. Моніторинг стану кліматичної системи (реакція кліматичної системи й її елементів на природні й антропогенні зміни). Він охоплює всю біосферу, але зосереджується на ефектах (реакціях), які безпосередньо стосуються антропогенних змін клімату. Спостереження за станом клімату охоплює моніторинг кліматотворних факторів, а також величин, які характеризують реакцію кліматичної системи та її елементів на різні дії, передусім антропогенні. Важливими є дані про стан підстилаючої поверхні, які характеризують її альбедо (частину падаючої променистої енергії, яку вона відбиває).

Усі ці фактори є кліматотвірними, а змінюються вони внаслідок реакції елементів кліматичної системи на дію різних чинників.

Океан відіграє визначальну роль при формуванні клімату. Тому доцільно здійснювати моніторинг стану океану, який забезпечується вимірюванням температури його поверхні й верхнього шару, вмісту солі та хімічного складу води, хвилювання і течій на різних глибинах. Для отримання даних про взаємодію атмосфери й океану проводять регулярні морські кліматологічні вимірювання температури повітря і води, крапель роси, видимості, напрямку та сили вітру, атмосферного тиску.

3. Моніторинг внутрішніх і зовнішніх факторів (особливо антропогенних факторів та їх джерел), які впливають на клімат і стан кліматичної системи. До зовнішніх факторів належать вплив Сонця й космічного випромінювання. Їх інтенсивність залежить від сонячної активності, параметрів орбіти і швидкості обертання Землі. Ефекти впливу

зумовлюються інтенсивністю його факторів, властивостями та складом атмосфери Землі, властивостями земної поверхні (альbedo).

До внутрішніх факторів, які впливають на клімат і кліматичну систему, відносять теплові викиди й викиди речовин у біосферу, їх перерозподіл між різними середовищами. Він може бути природним (виверження вулканів) та антропогенним. Внутрішні фактори зумовлюють зміну властивостей кліматичної системи (змінюються альbedo підстилаючої поверхні й атмосфери, а також тепло і газообмін підстилаючої поверхні з атмосферою).

При оцінюванні коливань складу атмосфери, вивченні можливого їх впливу на клімат особлива роль належить спостереженням за вмістом і змінами концентрацій CO_2 в атмосфері, за процесами обміну його зі Світовим океаном та наземною біотою. Збільшення кількості вуглекислого газу в атмосфері пов'язане з антропогенною діяльністю – спаленням мінерального палива. На сучасному етапі цей антропогенний фактор найвідчутніше впливає на клімат. Тому особливо важливим є регулярне вимірювання концентрації CO_2 в атмосфері, вивчення балансу вуглецю в біосфері, обміну CO_2 з глибинними шарами океану, впливу нафтової плівки на газообмін між океаном та атмосферою.

Зворотний ефект (можливе похолодання через відбиття частини падаючого сонячного випромінювання) спричиняє підвищення вмісту стратосферних аерозолів, що залежить від природних причин (виверження вулканів, піщані бурі) й антропогенної діяльності (викиди промислових підприємств).

Моніторинг обсягів основних складових атмосфери, забруднень та змін, що відбуваються з ними, здебільшого організований на державному рівні, є важливою частиною глобальної системи моніторингу.

4. Моніторинг можливих фізичних і екологічних перетворень у довкіллі, які відбуваються внаслідок кліматичних змін та коливань. Трансформації клімату, впливаючи на стан біосфери, позначаються й на господарській діяльності людини. Параметри змін у біосфері називають непрямыми показниками змін клімату. Цю групу показників утворюють зміни рівня морів, озер, розташування берегової лінії, річних шарів, донних відкладень озер, снігової лінії та ін. До неї також зараховують і такі екологічні ознаки, як зміна характеру рослинності, врожайності культур, морської мікрофлори й мікрофауни, популяцій комах, особливостей поширення хвороб тварин і рослин, передусім у зонах з найбільшою чутливістю до змін клімату.

Комплекс цих даних необхідний для проведення всебічного аналізу стану довкілля і моделювання клімату, на підставі яких виокремлюють критичні фактори впливу й найчутливіші елементи біосфери, що є передумовою оптимального функціонування системи кліматичного моніторингу.

ТЕМА 11

МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В МЕЖАХ УКРАЇНИ

Організація моніторингу довкілля України ґрунтувалася на основних принципах національної системи моніторингу СРСР, а саме системності та комплексності спостережень, тобто одночасно з дослідженнями рівнів забруднення атмосферного повітря, вод і ґрунтів здійснювали метеорологічні й гідрологічні спостереження. Недоліками цієї системи були неузгодженість систем і методик спостережень (Мінприроди, Держкомгідромет, Держкомводгосп, Держкомзем, Держкомгеології та ін.), розв'язання окремих суто відомчих завдань. Їх було враховано під час розроблення і впровадження власної державної системи екологічного моніторингу України, відображеної у статті 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятому 25 червня 1991 року. Цей Закон став юридичною основою для розроблення та впровадження у 1992 р. в Україні під егідою Національної академії наук і Мінприроди єдиної державної системи екологічного Моніторингу – СЕМ «Україна». 23 вересня 1993 року Постановою Кабінету Міністрів України було затверджено «Положення про державний моніторинг навколишнього середовища», яке стало правовим підґрунтям упровадження та функціонування такої системи в нашій країні. Положення визначало загальні засади системи державного моніторингу довкілля, її структуру й рівні, організацію роботи та порядок функціонування. Перелік об'єктів спостережень охоплював усі компоненти природного середовища: повітря, воду, землю, біоту.

Державний моніторинг навколишнього природного середовища – система спостережень, збирання та оброблення, передавання, збереження й аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

У «Положенні про державний моніторинг навколишнього середовища» визначено два головні етапи створення цієї системи:

1) інвентаризація й оптимізація діючих відомчих мереж, уніфікація методик спостережень, створення окремих ланок СЕМ, передусім у регіонах з напруженою екологічною ситуацією (1992 – 1995);

2) створення локальних, регіональних і національних центрів збирання й оброблення інформації, розроблення контрольно-вимірювальних приладів для спостереження за станом навколишнього середовища, впровадження системи у повному обсязі на всій території України (1996 – 2000).

Складовими «СЕМ Україна» є регіональні системи екологічного моніторингу (СЕМ «Полісся», СЕМ «Донбас» та ін.), які охоплюють

локальні й об'єктні системи, створені на обласному, районному, господарському рівнях і діючі у разі аварійних ситуацій.

Залежно від призначення ці системи здійснюють:

- загальний (стандартний) моніторинг (оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних у єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінювання та прогнозування стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях);

- оперативний (кризовий) моніторинг (спостереження за спеціальними показниками на мережі пунктів у реальному масштабі часу за об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в регіонах, які мають статус зон надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками з метою забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення безпечних умов для населення);

- фоновий (науковий) моніторинг (спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими довкілля, за характером, складом, кругообігом та міграцією забруднюючих речовин, реакцією організмів, окремих популяцій, екосистем і біосфери загалом на забруднення).

Основними завданнями системи державного моніторингу навколишнього природного середовища є:

- спостереження за станом довкілля;
- аналіз стану навколишнього середовища і прогнозування його змін;
- забезпечення органів державної влади систематичною та оперативною інформацією про стан довкілля;
- розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Система державного моніторингу створюється на локальному (на території окремих об'єктів), регіональному (в межах адміністративно-територіальних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів), національному (на території країни) рівнях із дотриманням міжнародних вимог та є сумісною з аналогічними міжнародними системами. Вона базується на принципах об'єктивності й достовірності, систематичності спостережень за станом довкілля та об'єктами впливу на нього, багаторівневості, узгодження нормативного і методичного забезпечення, технічного та програмного забезпечення, комплексності в оцінюванні екологічної інформації, оперативності проходження інформації між окремими ланками системи і вчасного інформування органів державної влади, відкритості екологічної інформації для населення.

Регіональні системи екологічного моніторингу працюють у таких напрямках:

- оперативно-технологічний моніторинг (спостереження за станом екологічних об'єктів з використанням стаціонарних і пересувних технічних засобів, у т. ч. авіаційні та космічні спостереження);
- статистичний моніторинг (непряме спостереження за об'єктами з використанням ретроспективної й оперативної статистичної інформації);
- аудіовідеомоніторинг (спостереження за екологічними об'єктами з використанням аудіо- та відеотехніки);
- соціологічний моніторинг (проведення соціологічних досліджень впливу діяльності людини на стан навколишнього середовища і на рівень екологічної культури);
- науково-публіцистичний моніторинг (спостереження за екологічними проблемами шляхом вивчення наукових та публіцистичних видань).

Основними їх завданнями є спостереження за станом навколишнього природного середовища в областях (мінеральними, органічними, біологічними ресурсами, ґрунтами, підземними та поверхневими водами, атмосферним повітрям); за транскордонним перенесенням забруднюючих речовин в атмосфері та у водних об'єктах; аналіз стану, прогнозування змін довкілля і здоров'я населення, оцінювання якості життя регіону.

На основі отриманої інформації формують комп'ютерний банк екологічних даних, що містить оперативні та ретроспективні дані про стан навколишнього середовища, природних ресурсів і постійно оновлюється, а також електронну екологічну карту.

У результаті проведення моніторингу довкілля отримують первинні й узагальнені дані про стан довкілля на певній території, оцінюють рівні його забруднення, ступінь придатності середовища для життєдіяльності людей, на основі чого здійснюють прогнозування і розробляють управлінські природоохоронні рішення.

ТЕМА 12

СУЧАСНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗЕМЛІ ТА АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА НЬОГО

Суша займає приблизно четверту частину Земної кулі та є осередком людського життя. Наявність ґрунтового покриву зумовила багатоманіття рослинного і тваринного світу, він є джерелом корисних копалин, основою сільськогосподарського виробництва. Саме тому ґрунт піддається величезному антропогенному тиску, легко ушкоджується, порушується та належить до важковідновних природних ресурсів.

Ґрунт — окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворюючих порід, часу.

Головною ознакою, яка відрізняє ґрунти від гірських порід, що формують основну частину літосфери (зовнішня тверда оболонка Землі, котра охоплює всю земну кору й частину верхньої мантії та складається з осадових, вивержених і метаморфічних порід), є родючість.

Родючість — здатність ґрунту задовольняти потребу рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневі системи достатньою кількістю кисню, тепла для нормальної життєдіяльності.

Для порівняльних оцінок родючості ґрунтів за їх природними особливостями (з урахуванням рівнів інтенсифікації землеробства) проводиться *бонітування ґрунтів* (лат. *bonitas* — доброякісність) — порівняльне оцінювання родючості ґрунтів за їхніми природними особливостями та продуктивністю при певних рівнях інтенсифікації землеробства, виражене у балах. В Україні цей показник становить від 22 до 31 бала у дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах до 65 — 100 балів у чорноземах типових. Саме бонітування ґрунтів є однією з найважливіших підвалин головного документа, що визначає основні засади землекористування в Україні.

До складу ґрунту входять: мінеральна основа, що становить 50 – 60% загального складу (неорганічний компонент, котрий утворився з материнської породи в результаті вивітрювання); органічна речовина — до 10% (утворюється при розкладі мертвих організмів і їх частин (листя, тварини)); повітря — до 15 – 25% (знаходиться в порах ґрунту та необхідне для існування кореневої системи рослин); вода — до 25 – 35% (необхідна всім ґрунтовим організмам як розчинник речовин, яких потребують рослини).

Важливим компонентом ґрунту є *гумус* (перегній) — органічна речовина, що утворилася з решток відмерлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів, які переробляють їх, розкладають, збагачують вуглекислим газом, водою, сполуками азоту та іншими речовинами.

Отже, ґрунт – це природно-історичне утворення, що розвивається, набуває певних ознак і властивостей та закономірно розміщується на земній поверхні. Різноманітність природних умов й ґрунотвірних факторів формує дуже строкату картину ґрунтового покриву Землі. Ґрунти, починаючи від примітивних первинних, що формуються на вивітреній породі, до родючих чорноземів, поширені на суходолі.

Види ґрунтів різняться за мінералогічним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, родючістю. В Україні налічується понад 38 основних типів ґрунтів і кілька тисяч відмін за еколого-генетичною класифікацією російського ґрунтознавця Василя Докучаєва (1846 – 1903). Існує також міжнародна номенклатура продовольчої й сільськогосподарської організації ООН/ЮНЕСКО, де використовують назви ґрунтів, які характерні для певних країн (чорнозем, підзол, солонець, солончак) і синтезовані назви (придумані для ґрунтів), поширені на кількох континентах (флювісоль, грейсоль, андосоль, каштанозем та ін.).

Тип ґрунту — опорна, основна одиниця систематики ґрунтів, яка об'єднує ґрунти одного типу ґрунтоутворення, подібні за будовою генетичного профілю, процесами мінералізації органіки, біохімічними процесами, розміщенням у схожих природних умовах.

З усіх типів ґрунтів найродючішими є чорноземи (еталон родючості), вони займають до 60% усіх сільськогосподарських угідь України і розташовані в межах лісостепу та степу. Вміст гумусу в цих ґрунтах становить 4 – 9%, їх товщина сягає 1 – 1,5 м. До 18,5 % площ орних земель припадає на дерново-підзолисті, дернові й сірі лісові ґрунти, які формувалися в умовах надмірної зволоженості, в них мало гумусу, вони переважно кислі, але мають високу природну родючість. Великі площі припадають на бурі лісові й буро-підзолисті ґрунти, поширені в межах лісової смуги вертикальних зон Карпат, Криму, Передкарпаття і Закарпаття, та лучні й болотні ґрунти, які трапляються в західних і північних районах України. Загалом ґрунти України наділені високою природною родючістю.

Ґрунтовий покрив України має виразний зональний характер, із чітким виокремленням найпоширеніших типів.

Дерново-підзолисті та дернові ґрунти поширені в поліській частині України. Вони утворюються переважно на піщаній основі за надмірного зволоження (окремими фрагментами у Західному і Малому Поліссі при неглибокому заляганні крейди трапляються перегнійно-карбонатні ґрунти — так звані рендзини). Всі різновиди ґрунтів цієї групи характеризуються незначним вмістом гумусу, несприятливими водно-фізичними властивостями, зокрема підвищеною кислотністю й низькою родючістю (виняток становлять рендзини, які належать до найродючіших ґрунтових видозмін).

Сірі лісові ґрунти домінують у південних районах Полісся та на північних околицях Лісостепу, їх розглядають як перехідні до чорноземів і, залежно від переважаючих умов ґрунтоутворення (лісових або степових), поділяють на ясно-сірі, сірі й темно-сірі підтипи. Сірі ґрунти теж мають незначний вміст гумусу і підвищену кислотність.

Чорноземи простягаються широкою смугою від Карпат до східних кордонів України, охоплюючи основну частину Лісостепу й північ степової зони. Формуючись на відкладах лесового комплексу за сприятливих кліматичних умов (достатньо теплих і зволжених), чорноземи вирізняються підвищеним вмістом гумусу (4 – 9 %) та є найродючішими ґрунтами. Залежно від зміни природних умов (передусім зволоження) сформувалися різні види чорноземів: у Лісостепу домінують чорноземи опідзолені й типові мало- і середньогумусні, у північному степу — чорноземи звичайні, у центральному степу — чорноземи південні.

Темно-каштанові ґрунти формуються в сухих умовах південної частини степової зони (перехідні від південних чорноземів до каштанових ґрунтів),

у найпосушливіших умовах Присивашся та на окремих ділянках Причорноморської й Приазовської низовин вони поступаються справжнім каштановим ґрунтам з виразними ознаками солонцюватості.

Солонці та солончаки становлять особливу групу ґрунтів у посушливих степах України. Солонці характеризуються незначною водопроникністю і наявністю ущільненого солонцевого горизонту, сформованого нагромадженням натрієвих солей при інтенсивному капілярному піднятті й наступному випаровуванні мінералізованих ґрунтових вод. Фрагментарні, з інтенсивним засоленням, солонці поступаються справжнім солончакам. Поряд з природними особливостями степу (плоский рельєф, незначна кількість атмосферних опадів, підвищене випаровування тощо) надмірному засоленню ґрунтів та утворенню солонців і навіть солончаків сприяють нерозважлива господарська діяльність, зокрема непродумана організація зрошувальних робіт.

Бурі лісові (буроземи) та буро-підзолисті ґрунти, які формуються за відносно теплого і достатньо вологого клімату підлістяними або хвойними лісами, поширені у гірських районах та передгір'ях українських Карпат і Криму. Вони вирізняються грудкуватою або горіховою структурою й підвищеною кислотністю.

Лучні та болотні ґрунти, що формуються в умовах значного і надмірного зволоження, поширені у північних та західних регіонах України, де вони характеризуються розвитком процесів оглеєння. Проте трапляються подібні ґрунти й на окремих локаліях лісостепової та навіть степової зон (на заплавах річок, у глибоких ярах, балках й інших депресіях поверхні), де їх утворення супроводжується процесами засолення.

Рівень гумусованості ґрунтів теж має зональну залежність. Так, якщо дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються невисоким вмістом гумусу (0,7 – 2,0 %), а в лісостепу гумусованість зростає від 1,0 – 2,5 % у ясно-сірих ґрунтах до 4,0 – 6,0 % у чорноземах типових, то в чорноземному степу кількість гумусу знижується у протилежному напрямку — з півночі на південь — від 6,0 до 1,5 % . Протягом останніх десятиріч в Україні спостерігається стала тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах, що пояснюється як природними процесами (насамперед ерозійно-дефляційними), так і спрацюванням гумусу в процесі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. У сільському господарстві ґрунт є основним засобом виробництва, важливою ознакою якого є саме родючість. Людина, використовуючи ґрунт, змінює її за допомогою обробітку, внесення добрив, запровадження сівозмін, зрошення тощо. Залежно від способу використання ґрунт може поліпшуватися, ставати більш родючим або навпаки.

На сьогодні однією з основних проблем людства є охорона і раціональне використання земель, тому що до 98% продуктів харчування населення Землі отримує за рахунок обробітку землі, а за своє існування людство

втратило до двох мільярдів гектарів родючих земель. Земельний фонд становить 13392 млн га, тобто приблизно чверть усієї поверхні Земної кулі.

Земельні ресурси світу поділяють на продуктивні, малопродуктивні та непродуктивні землі. Сільськогосподарські землі займають третю частину земельного фонду. Основним постачальником продуктів харчування є орні землі. Сьогодні можливостей для розширення орних площ практично не залишилося. Навпаки, у багатьох країнах відбувається їх неухильне скорочення за рахунок деградації ґрунтів, опустелювання, а збільшення обсягу продовольчих ресурсів за останні десятиліття досягнуто за рахунок інтенсифікації сільського господарства. За даними ФАО (FAO — Food and Agriculture organization UN — спеціалізована установа ООН, створена у 1945 р., яка займається питанням продовольчих ресурсів і розвитку сільського й промислового господарств у світі), приблизно половина населення планети не отримує повноцінного харчування, від недоїдання щороку страждає до 800 млн людей, які проживають в Африці, Південній Америці, Південно-Східній Азії, та лише такі країни, як Австралія, Канада, Нова Зеландія, США, ПАР забезпечують своє населення продуктами харчування власного виробництва.

Задля збереження світового земельного фонду необхідно раціонально використовувати продуктивні землі, вживати заходів щодо охорони ґрунтового покриву, боротися з деградацією ґрунтів.

Деградовані ґрунти — ґрунти, що втратили або істотно зменшили свою родючість чи відчутно погіршили окремі властивості під впливом несприятливих природних або антропогенних чинників.

Основними причинами погіршення якості земель є природні стихійні лиха (вулкани, землетруси, затоплення) й антропогенні фактори (цілеспрямована діяльність людини): порушення правил агротехніки та сівоzmіни; вирубування охоронних лісів; розорювання схилів; неправильне ведення гідротехнічних меліорацій; надмірний випас худоби; забруднення ґрунтів різними речовинами в результаті сільськогосподарської діяльності; безпідставне вилучення сільськогосподарських земель.

Природа у процесі еволюції виробила механізм самовідновлення ґрунтів і оптимального пристосування до несприятливих умов. Сьогодні техногенні навантаження зростають до розмірів, які переважають поріг стійкості ґрунтів. Відновлення природних ресурсів природним шляхом уже неможливе. Оскільки зменшити або хоча б стабілізувати техногенне навантаження практично неможливо, відбуваються незворотні негативні зміни у стані земельних ресурсів. Наймасштабнішу шкоду земельним ресурсам завдають процеси ґрунтової ерозії, опустелювання, засолення.

Ґрунтова ерозія (лат. erosio — роз'їдання) — руйнування та вилучення ґрунтів і підстиляючих материнських порід під дією вітру, атмосферних опадів і спричинених ними схилових потоків, наслідком чого є деградація ґрунтів, забруднення водного й повітряного басейнів.

Ерозійні процеси поділяють на водні, вітрові та агротехнічні. При цьому вирізняють ерозію нормальну, яка проявляється на територіях, не порушених господарською діяльністю людини, та прискорену, що розвивається внаслідок антропогенного впливу (розорювання схилів, нерегульовані випаси на них худоби, суцільне вирубування лісів тощо). За сучасних умов переважають процеси прискореної ерозії сільськогосподарських угідь. За ступенем еродованості виокремлюють слабо-, середньо- та сильноеродовані землі. В Україні еродовано 12,9 млн га сільськогосподарських угідь (30,8 %), у т. ч. 10,6 млн га ріллі (31,6 %), а площі еродованої ріллі зростають приблизно на 70 тис. га.

Водна ерозія проявляється головним чином через площинний змив на схилах, який зумовлює різні ступені змитості ґрунтів, а також через лінійний розмив, при якому відбувається повне руйнування сільськогосподарських угідь і формується яружно-балковий рельєф.

Найнебезпечнішими з огляду на активізацію водно-ерозійних процесів в Україні є правобережжя Дніпра, Десни, Сейму, Сіверського Дінця, Донецька височина, хоч наслідки водної ерозії спостерігаються практично в усіх областях і регіонах України. Водна ерозія зумовлює вимивання значної частини родючого ґрунту, який, потрапляючи у водні об'єкти, забруднює їх.

Вітрова ерозія (дефляція) полягає у видуванні й перевідкладенні пилюватих (зрідка – дрібнопіщаних) частинок ґрунту і проявляється на розораних просторах степової та лісостепової зон, на переосупінених територіях Полісся і Прикарпаття, проте найбільші площі дефляційних земель зосереджені на територіях Запорізької, Донецької, Херсонської й Луганської областей (по 350 – 400 тис. га в кожній). Значна частина ґрунту внаслідок дефляції потрапляє в атмосферу. Отже, ерозія ґрунтів глобально забруднює біосферу.

Захист ґрунтів від ерозії полягає в здійсненні організаційних, агротехнічних, лісомеліоративних та гідротехнічних заходів. Агротехнічні заходи передбачають регулювання поверхневого стоку талих і дощових вод, правильний обробіток ґрунту (оранка, культивація, посів поперек схилу), борознування, лункування для затримки стоку, обладнання території зливовідвідними борознами, застосування ґрунтозахисних сівозмін (насичення багаторічними травами, виключення просапних культур, полосне розміщення культур поперек схилів), залуження території.

Для боротьби з вітровою ерозією додатково накопичують вологу в ґрунті, створюють захисний рослинний покрив, упроваджують безвідвальний обробіток ґрунту (на поверхні залишається значна частина рослинних решток).

Лісомеліоративні заходи полягають у створенні лісонасаджень певного призначення: лісові й садові смуги (шириною 10 – 20 м) для захисту полів

від вітрової ерозії та суховіїв; смуги для затримання і розподілення снігу; протиерозійні насадження на схилах уздовж балок ярів (шириною до 60 м); суцільне або часткове заліснення земель, непридатних для сільськогосподарського використання; лісові насадження на дні балок, ярів для закріплення русел, які чергуються із залуженими ділянками; водоохоронні насадження на берегах річок, озер, ставків, каналів для зниження замулення та розмиву.

Головною метою гідротехнічних заходів є створення гідротехнічних споруд (вали, тераси, канали та ін.), за допомогою яких перерозподіляють вологу в ґрунтовому профілі й на поверхні земель, відводять надлишкову вологу і поверхневий стік.

Вплив людини на природні процеси посилює тенденцію *аридизації* (лат. *aridus* — сухий) *суші* (поширення сухого клімату, для якого характерне недостатнє зволоження й високе випаровування при високій температурі повітря), яка може призводити до опустелювання, однак цей процес відбувається за будь-яких кліматичних умов, а його інтенсивність залежить від водного та теплового режиму.

Опустелювання — виснаження аридних і напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух.

Сьогодні на планеті приблизно 900 млн га займають пустелі та засушливі землі, 5 млн га родючих земель щорічно вилучають з освоєння внаслідок опустелювання.

Значного збитку ґрунтам завдає засолення і вторинне засолення, яке спричиняє повну непридатність ґрунтів для сільськогосподарського використання. Засолюються ґрунти в усіх країнах Близького та Середнього Сходу, в зрошуваних районах Австралії, США, Мексики, Аргентини, України.

Засолення ґрунтів — процес накопичення розчинних солей (переважно хлористих, сірчаноокислих сполук натрію і магнію) у ґрунті, який спричиняє формування солончакуватих (глибинне засолення) й солончакових (поверхнєве засолення) ґрунтів.

Скорочення площі сільськогосподарських угідь відбувається також унаслідок будівництва та розширення міст, населених пунктів, промислових підприємств, доріг. Антропогенна діяльність спричиняє хімічне забруднення ґрунту.

Хімічне забруднення ґрунту — зміна природного хімічного складу ґрунту внаслідок проникнення в ґрунт нехарактерних для нього речовин або збільшення концентрацій природних речовин до величин, що перевищують норму.

Ґрунтам завдають шкоди два основні джерела хімічних забруднень:

– викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту;

– хімічні засоби захисту рослин та добрива, що використовуються у сільському господарстві.

Розподілення продуктів техногенезу на поверхні ґрунту зумовлено метеорологічними, топографічними, геохімічними факторами і характером джерел забруднення. Забруднення (миш'яком, свинцем, цинком, марганцем, залізом, сіркою), як правило, концентруються навколо промислових центрів та вздовж автомагістралей, а особливо навколо підприємств чорної металургії.

Техногенні аномалії утворюються вздовж автомагістралей та в міських зонах, де особливо сильне забруднення свинцем (з вихлопними газами автотранспорту на земну поверхню потрапляє до 260 тис. т свинцю на рік), цинком, меншою мірою кадмієм та іншими металами. Ширина придорожніх аномалій свинцю досягає 100 м. Найбільше забруднена свинцем рослинність, що знаходиться на віддалі до 10 м від шосе, на висоті 1 – 2 м над рівнем поверхні.

Ґрунт має також властивість адсорбувати забруднюючі речовини з повітря. Доведено, що в середньому кожен квадратний метр поверхні за рік поглинає 6 кг забруднюючих речовин з атмосфери.

Хімічне забруднення ґрунтів спричиняє низку негативних явищ:

- зростання процесів ґрунтової ерозії;
- зміну структури ґрунту, зменшення його пористості;
- зниження водопроникності;
- погіршення водно-повітряного режиму;
- підкислення ґрунту;
- збільшення вимивання мінерального азоту, калію, заліза, фосфатів кальцію, легкоокислювальної органічної речовини;
- гальмування процесів трансформації азоту;
- пригнічення активності більшості ґрунтових ферментів;
- інвертази, уреази, каталази, фосфатази, що відіграють величезну роль у біогенних процесах ґрунту.

Отже, ґрунтовий покрив постійно змінюється, особливо під дією антропогенних чинників.

Відбуваються постійні зміни в структурі й площах земельних угідь за рахунок вилучення орних земель для створення захисних лісових насаджень і полезахисних лісових смуг, будівництва протиерозійних гідротехнічних споруд та ставків-мулонакопичувачів, укріплення берегів, захисту сільськогосподарських угідь, рекультивації порушених земель, переведення сильноеродованих, заболочених, підтоплених площ у сіножаті й пасовища, збільшення площі земель природоохоронного призначення.

Для України характерна висока розораність території, яка становить 57,1 % і перевищує екологічно обґрунтовані межі (розораність території

США — 15,8 %, Великої Британії, Франції, Німеччини — від 28,1 до 31,8 %). Саме висока розораність територій, тобто екстенсивне ведення сільського господарства, спричинили деградацію ґрунтового покриву, призвели до порушення природних процесів ґрунтотворення.

Комплексний моніторинг ґрунтів і реалізація заходів, спрямованих на їх відновлення, є необхідною умовою збереження родючості ґрунтів, їх деградація може стати в майбутньому глобальною екологічною катастрофою, оскільки саме сільськогосподарське виробництво забезпечує людство продуктами харчування.

ТЕМА 13

ШЛЯХИ НАДХОДЖЕННЯ Й ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТІ

Усі види забруднюючих речовин, потрапляючи в навколишнє природне середовище, включаються у природний кругообіг, тобто мігрують (переміщуються). У наземних харчових ланцюгах, які зумовлюють надходження токсичних хімічних речовин в організм людини (атмосфера – ґрунт – рослина – людина; атмосфера – ґрунт – рослина – тварина – людина), ґрунт є найбільш ємною та інертною ланкою, тому від його складу залежить швидкість поширення речовин усіма ланцюгами. Щоб обмежити надходження забруднюючих речовин з ґрунту в рослини, необхідно знати особливості їх поведінки у ґрунті, а також засоби, які дали змогу б закріпити забруднювачі у ґрунтопоглинальному комплексі.

До складу ґрунту потрапляє величезний комплекс хімічних елементів. Рілля й лісові ґрунти забруднюються сіркою та її сполуками, які підкислюють ґрунт. Засолення ґрунтів відбувається внаслідок надходження з різних джерел содових солей. Токсичність ґрунтів спричиняють сполуки цинку, свинцю, міді, арсену, фтору, барію, ртуті. Однією з найнебезпечніших токсичних речовин, що потрапляють у ґрунт з відходами промисловості, є ртуть. Вивчення міграції сполук ртуті свідчить, що верхні шари родючих ґрунтів наділені дуже високою сорбційною здатністю, і вимивання з них ртуті практично відсутнє або зовсім незначне. Сполуки ртуті рухоміші у кислих ґрунтах з легким механічним складом і невисоким вмістом гумусу. Органічні з'єднання здатні швидко випаровуватися з поверхні таких ґрунтів. Випаровування ртуті з ґрунту зменшується зі збільшенням його вологості.

Канцерогеном, який згубно діє на всі ґрунтові організми, є свинець. Він надходить у ґрунт двома шляхами: природним – силікатний пил, вулканічні аерозолі, вулканічні силікатні аерозолі, дим лісових пожеж, морські солі, метеоритний пил. Він адсорбується гумусовим шаром ґрунту. Для цієї речовини характерна незначна міграція в дерново-підзолистих ґрунтах і транзитне перенесення з верхніх шарів у нижні на еродованих ґрунтах. Адсорбція свинцю гумусом активізується в лужному

середовищі. Свинець спричиняє появу важкорозчинних осадів основних карбонатів, фосфатів або гідроокисів, що впливають на живлення рослин. Токсичність ґрунтів для рослин зумовлює концентрація свинцю в межах 20 – 30 мг/кг.

Миш'як надходить у ґрунт унаслідок згоряння вугілля і як складова відходів медичної, металургійної, хімічної промисловості. Він акумулюється в ґрунтах, які вміщують активні форми заліза, алюмінію, кальцію. За значних концентрацій миш'яку відбувається його швидка міграція в нижні горизонти ґрунтового покриву.

Кадмій потрапляє у ґрунт при згорянні дизельного палива, при виплавленні руд і внесенні добрив. Максимальна адсорбція кадмію відбувається в ґрунтах з великою ємністю вбирання, значним вмістом гумусу та високим показником рН. Міграція кадмію в глибину збільшується зі зменшенням вмісту гумусу, а також у ґрунтах з легким механічним складом.

Хімічні речовини, які застосовують у сільському господарстві, потрапляють у навколишнє середовище у великих кількостях. Забруднювачами ґрунтів можуть бути мінеральні добрива і пестициди. Із 170 видів пестицидів, які застосовуються в Україні, 49 є особливо небезпечними внаслідок високої токсичності, надкумулятивності, стійкості. Пестицидами сільськогосподарські угіддя обробляють кілька разів на рік. Вони здатні мігрувати в рослини, воду, повітря, що небезпечно для людини. Одним з основних фізичних факторів, який визначає поведінку пестицидів у ґрунті, є сорбція (поглинання) ґрунтовими частинками, яка залежить від типу ґрунту, вологості, температури, хімічної природи пестициду. Для пестицидів характерні вертикальна та горизонтальна міграції, на які впливають сума й інтенсивність опадів. Пестициди здатні активно (до 20% внесеної кількості) переходити в рослини. Інтенсивність переходу пестицидів з ґрунту в рослини залежить від сорбційної здатності ґрунту (чим більша сорбційна здатність, тим менший перехід), типу культури та будови і складу пестициду.

Зменшення із часом вмісту забруднюючих речовин у ґрунті та в рослинах визначається *періодом напіврозпаду речовини* — часом, необхідним для того, щоб препарат утратив не менше від 95% своєї активності за нормальних умов і звичайної інтенсивності застосування. Залишки пестицидів виявляють у більше ніж половині проаналізованих зразків ґрунту, з них приблизно 15% перевищують ГДК. Найхарактернішими залишками є гербіциди симтразинової групи (більше від третини). Високими є рівні забруднення стійкими хлорорганічними засобами.

В Україні найзабрудненішими залишками пестицидів є ґрунти лісостепової зони. Тут також більша частка земель, що містять

понаднормову кількість залишків фосфорорганічних сполук (умовна щільність забруднення в 1,4 разу вища, ніж на Поліссі та в степових зонах).

Окрему групу забруднювачів ґрунту становлять нафтопродукти. Потрапляючи на ґрунт, вони адсорбуються його структурами. Дощі можуть вимивати водорозчинну фракцію і переміщувати її вглиб ґрунту. Нафта спричиняє утворення брилуватої структури ґрунту і як наслідок – зміну його фізичних, хімічних та біологічних властивостей, яка погіршує родючість ґрунту. При забрудненні ґрунту нафтою зменшуються його вбірна ємність й обмінна здатність, що негативно впливає на доступність рухомих форм фосфору, калію, магнію. Внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами масово гинуть ґрунтові організми і різко збільшується кількість збагаченої на азот органічної речовини.

Отже, забруднюючі речовини зумовлюють у ґрунті різні негативні процеси, які залежать як від ґрунту, так і від забруднювача, та для того, щоб спрогнозувати поведінку сторонньої речовини у ґрунті, необхідно знати фізико-хімічні властивості ґрунту й забруднюючої речовини.

ТЕМА 14

НАУКОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ҐРУНТОВОГО МОНІТОРИНГУ

Широкомасштабний екологічний моніторинг як система спостережень, оцінювання та прогнозування досліджуваного об'єкта, завданням якої є вироблення раціональних управлінських рішень, дає змогу отримати фактичні дані про стан і динаміку екосистем. Ґрунтовий моніторинг — складова загального екологічного моніторингу, якому приділяють велику увагу в розвинутих країнах.

Моніторинг ґрунтового покриву — система стійких спостережень, діагностування, прогнозування та вироблення рекомендацій щодо управління станом ґрунтів з метою збереження і відтворення їх родючості.

За масштабами спостережень та узагальненнями отриманої інформації виділяють локальний, регіональний і глобальний види моніторингу ґрунтів. Контролювання їх стану дає можливість отримати дані про середовище або конкретну його складову в зонах активної виробничої діяльності людини.

Потреба у здійсненні моніторингу ґрунтів зумовлена винятковою важливістю підтримки компонентів природного середовища, зокрема ґрунтового покриву, в стані, за якого він зберігає здатність до регуляції циклів біофільних елементів як основи життєдіяльності людини та біосфери загалом. У всьому світі антропогенний чинник за останні десятиріччя значно посилив фізичну, фізико-хімічну, біологічну, ерозійну деградацію ґрунтів, забруднення екотоксикантами. Ґрунтовий моніторинг не тільки забезпечує контролювання антропогенних впливів, а й запобігає його негативним наслідкам.

Моніторинг ґрунтів усі розвинуті країни здійснюють на основі рекомендацій Організації Об'єднаних Націй з 60 — 70 років минулого

століття, зважаючи на власні національні особливості. Як правило, ґрунтовий моніторинг проводять у проблемних регіонах.

Системи моніторингу ґрунтів ґрунтовані на спостереженнях, дослідженнях, оцінюванні, прогнозуванні, оптимізації родючості ґрунтів, урожайності рослинності; особлива увага приділяється ерозії ґрунтів і опустелюванню.

Практика розвинутих країн свідчить, що ґрунтово-екологічний моніторинг як складова моніторингу довкілля дає змогу істотно підвищувати продуктивність ґрунтів, віддачу від засобів індустріалізації, поліпшувати якість сільськогосподарської продукції.

В Україні система спостережень за окремими складовими навколишнього середовища діє в гідрології, метеорології, агрохімії, ґрунтознавстві, лісівництві тощо. Однак системи відомчих засобів моніторингу стану ґрунтового покриву мають низку істотних недоліків: відсутність комплексної організації робіт на державному рівні (розрізненість та методична несумісність, відсутність позавідомчої мережі центрів розроблення ґрунтово-екологічної інформації та алгоритмів її опрацювання; застарілість методичного й інформаційного забезпечення робіт на галузевих рівнях, відсутність еталонних зразків тощо).

Оперуючи наявною науковою інформацією про деградаційні процеси й вміст у ґрунті екотоксикантів, неможливо виробити чіткі управлінські рішення як на державному, так і на регіональному рівнях, оскільки вона лише частково відображає справжню сутність та масштаби природних і антропогенних процесів у ґрунтовому покриві.

Згідно з проектом Положення про державну систему моніторингу довкілля, моніторинг ґрунтів слід здійснювати за загальнодержавною та регіональними (місцевими) програмами, які визначають спільні дії центральних і місцевих органів виконавчої влади, узгоджені з метою й завданнями щодо охорони навколишнього середовища, екологічної безпеки та раціонального природокористування.

Завданням ґрунтового моніторингу є контролювання динаміки основних фізичних, хімічних, біологічних та інших ґрунтових процесів — у природних умовах та за антропогенних навантажень.

В Україні розроблена концепція ґрунтового моніторингу (В. Медведєв, Т. Лактіонов, 1992), згідно з якою мета моніторингу — отримання інформації для вироблення управлінських рішень щодо стабілізації й поліпшення якості ґрунтів, екологізації землеробства та досягнення кінцевого результату — розширеного відтворення ґрунтової родючості. Земельним кодексом України передбачено проведення моніторингу ґрунтового покриву як основи практичних заходів щодо екологічного оздоровлення ґрунтів. Такий моніторинг має забезпечити:

- підтримання здатності ґрунтів до регуляції циклів біофільних елементів;

- контролювання і запобігання негативному розвитку процесів ґрунтоутворення, які проявляються в дегуміфікації, ерозії, переущільненні, підтопленні, засоленні тощо;
- поліпшення родючості ґрунтів, віддачі від меліорації й хімізації та підвищення якості сільськогосподарської продукції;
- вироблення критеріїв загального оцінювання сучасного стану ґрунтового покриву.

Об'єктами ґрунтового моніторингу є основні типи, підтипи (виділяють у межах типу ґрунту, вони якісно відрізняються за основними процесами ґрунтоутворення і є перехідними між типами), роди (виокремлюють у межах підтипу ґрунту за якісними генетичними особливостями, що формуються внаслідок впливу комплексу місцевих умов: складу ґрунтоутворюючих порід, хімізму ґрунтових вод), види (виділяють у межах роду, вони різняться за ступенем розвитку ґрунтоутвірних процесів: опідзолення, гумусування, засолоненості) та різновиди (визначають за механічним складом верхніх ґрунтових горизонтів і ґрунтоутворюючих порід) ґрунтів, які вибирають у межах ґрунтової провінції та максимально відображають мозаїчність (строкатість) ґрунтового покриву, всі види і рівні антропогенного навантаження.

Ґрунтова провінція — таксономічна одиниця в ґрунтово-географічному районуванні, яка позначає однорідні за складом і структурою ґрунтового покриву, сукупністю факторів ґрунтоутворення та можливістю господарського використання ґрунтів території.

Отримати необхідну інформацію для організації моніторингу можна з ґрунтово-картографічних матеріалів землеупорядних проектних установ, аналітичного і картографічного матеріалу періодичних агрохімічних обстежень, агрокліматичної інформації гідрометеослужби, відомостей наукових та проектних установ про ймовірні джерела забруднення ґрунтів тощо.

Діяльність системи державного ґрунтового моніторингу контролюють Міністерство екології та природних ресурсів (визначення залишкової кількості пестицидів і важких металів на сільськогосподарських угіддях); Міністерство охорони здоров'я (спостереження за хімічним та біологічним забрудненням ґрунтів на території населених пунктів); Міністерство сільськогосподарської продукції (радіологічні, агрохімічні й токсикологічні спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання); Міністерство лісового господарства (визначення концентрації радіонуклідів токсичних речовин у лісовому ґрунті); Державний комітет гідрометеорології (визначення концентрації пестицидів, важких металів у ґрунті).

Гідрогеологомеліоративні експедиції Держкомітету з водного господарства здійснюють моніторинг ґрунтів меліоративного фонду, іригаційної ерозії; гідрометеостанції забезпечують кліматичною

інформацією й оцінюють післядію злив і пилових бур; УкрНДІ «Укрземпроект» та його філії забезпечують вихідну інформацію і контролюють землевикористання; Держсортимережа й дослідні станції надають для моніторингу спеціальні варіанти дослідів.

Обґрунтований вибір пунктів спостережень, їх репрезентативність відповідно до ґрунтово-географічного районування, комплексні спостереження і дослідження, їх координату й узагальнення передбачають науково-організаційні принципи організації ґрунтового моніторингу.

ТЕМА 15

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ І ВИДИ ҐРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Складовою методичної основи ґрунтового моніторингу є система показників контролю, за допомогою яких можна впливати на стан і процеси в ґрунті, регулювати його родючість. Тому необхідним є встановлення регіональних критеріїв гранично допустимих навантажень на ґрунт та ГДК різних забруднювачів і необхідних видів моніторингу.

Критерії оцінювання ґрунтово-екологічного моніторингу. Як ознака виконуваної оцінки, мірило для оцінювання предмета чи явища, вони мають бути порівнюваними у часі й просторі та сприяти управлінню ґрунтовими процесами з метою створення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур. Це зумовлює низку обмежень при доборі критеріїв оцінювання при моніторингу ґрунтів. Найважливішими умовами вибору певних критеріїв є незначна мінливість за відносно довгий проміжок часу під впливом природних факторів при одночасній можливості встановити коливання показників унаслідок дії антропогенних і техногенних факторів; наявність простої й зручної методики, що дає змогу визначити та кількісно оцінити показник; наявність функціональної залежності між критерієм і дією антропогенних факторів; просторово-часову його симетричність (ізотропність).

Перспективний та віддалений моніторинги дають можливість контролювати показники, що характеризують стан структурної частини ґрунту, оцінюючи яку, з'ясовують потенційну родючість. Ці показники (валовий, хімічний, мінералогічний, гранулометричний склад, вміст валових запасів та якісного складу гумусу, валові запаси азоту, фосфору, калію, мікроелементів, важких металів, радіонуклідів) малодинамічні, кількісно змінюються дуже повільно. Контроль за ними слід здійснювати не частіше, як один раз на 5 — 10 років.

Оперативний моніторинг забезпечує постійне спостереження за найбільш динамічними показниками (рухомі форми поживних елементів,

pH, фізичний стан ґрунту, вміст рухомих форм важких металів), що зумовлюють рівень ефективної родючості та агроекологічний стан ґрунтів.

Система моніторингу ґрунтів, яка передбачає комплексне виконання перспективного, віддаленого та оперативного його видів, сприяє отримуванию об'єктивної інформації про гранулометричний, мінералогічний склад ґрунту, вміст у ньому гумусу; показники формування водного, температурного, поживного, окисно-відновного режимів та показники екологічного стану ґрунту (рівень еродованості, ступінь деградованості за рівнем забруднення важкими металами, пестицидами). На основі інформації про стан ґрунту розробляють заходи для управління продуктивністю ґрунтів, тобто підвищення їх родючості та поліпшення екологічного стану ґрунтового покриву.

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів проявляються як на регіональному, так і на глобальному рівнях. Тому розроблення програм спостережень за хімічним забрудненням ґрунту є актуальним завданням. Складання таких програм передусім потребує адекватної оцінки сучасного стану ґрунту та прогнозу його змін. Необхідну інформацію отримують за допомогою системи спостережень, яку здійснюють з метою виконання таких завдань:

- реєстрація наявного рівня хімічного забруднення ґрунтів; виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін забруднення ґрунтів залежно від їх розміщення та технологічних параметрів джерел забруднення;
- прогнозування змін хімічного складу ґрунтів у майбутньому та оцінювання можливих наслідків забруднення ґрунтів;
- обґрунтування складу та характеру заходів щодо регулювання можливих негативних наслідків забруднення ґрунтів і заходів, спрямованих на корінне поліпшення забруднених ґрунтів;
- забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень забруднення ґрунтів.

Зміст і характер проведення спостережень за рівнем забруднення ґрунтів та їх картографування у різних (сільських або міських) умовах мають певні особливості.

Залежно від завдань, які необхідно виконати, виокремлюють такі види спостережень:

1. Режимні спостереження (систематичні спостереження за рівнем вмісту хімічних речовин у ґрунтах протягом визначеного часу).
2. Комплексні спостереження (охоплюють дослідження процесів міграції забруднюючих речовин у системі «атмосферне повітря — ґрунт», «ґрунт — рослина», «ґрунт — вода», «ґрунт — відкладення дна»).
3. Вивчення вертикальної міграції забруднюючих речовин у ґрунтах.
4. Спостереження за рівнем забруднення ґрунтів у визначених відповідно до запитів певних організаційних пунктах.

На основі спостереження за рівнем забруднення ґрунтів одержують інформацію не тільки про ступінь їх хімічного забруднення, а й з'ясовують тенденції розвитку процесів і прогнозують зміни забруднення під дією різноманітних факторів.

У зв'язку з нерівномірним забрудненням довкілля, актуальним є закладення стаціонарних площадок екологічних досліджень у межах адміністративних районів за трьома методами. За першим методом як основу розміщення сітки стаціонарних площадок застосовують розу вітрів, орієнтуючись на 2 – 3 напрямки. На карту у відповідному масштабі в підвітряному напрямку наносять прямі лінії (протилежні напрямку вітру) з позначенням віддалей від джерела забруднення (0,5, 1,5, 10, 20, 30, 50 км). У цих точках закладають постійні або тимчасові ділянки екологічних досліджень. Згідно з другим методом, площадки екологічних досліджень розташовують на перетині ліній двокілометрової сітки на ґрунтовій карті. Відповідно до третього методу на ґрунтову карту наносять основний напрямок вітру та проводять радіуси відповідних румбів. Потім окреслюють дуги на віддалі 2, 3, 4, 5 км від джерела забруднення. Віддаль між радіусами повинна бути не більша ніж 22,5°.

Як правило, ґрунтові проби відбирають на віддалі 5 – 50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас, за переважаючими напрямками розсіювання викидів. У зонах дії основних автомагістралей проби відбирають у межах 10 – 200 м, селищних доріг 5 – 50 м від дороги. Опорні розрізи закладають на глибині 2 м або до рівня ґрунтових вод, загальні розрізи — до глибини 30 см. Проби сухих ґрунтів відбирають у полотняні щільні мішечки, мокрі — в поліетиленові, які після доставки в лабораторію негайно сушать у приміщенні, що добре провітрюється, й аналізують.

Здійснення моніторингу ґрунтів у такий спосіб дає змогу виявити локальні ділянки забруднення ґрунтів і визначити рівень їх забруднення певними хімічними речовинами, встановити джерела забруднення ґрунту, дослідити міграційні особливості шкідливих речовин у ґрунті та розробити комплекс заходів, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації.

ТЕМА 16

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І КОНТРОЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПЕСТИЦИДАМИ

Пестициди різних видів, які широко застосовують для боротьби із шкідниками, бур'янами та хворобами сільськогосподарських рослин на полях, завдають значної шкоди довкіллю.

При підготовці до польових спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами вивчають наявний матеріал про фізико-географічні умови об'єкта досліджень, детально ознайомлюються з інформацією про тривалість застосування пестицидів у господарствах, виявляють господарства, де найінтенсивніше застосовували пестициди протягом останніх 5 – 7 років, аналізують матеріал про врожайність сільськогосподарських культур.

Дослідження проводять на постійних та тимчасових пунктах спостережень. Постійні пункти (діють протягом 5 років і більше) організовують на обстежуваних територіях адміністративних районів, їх кількість залежить від розмірів території. Постійні пункти обов'язково обладнують на території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів та лісгоспів. На тимчасових пунктах спостереження здійснюють протягом одного вегетаційного періоду або року. Як правило, на кожній території району досліджують 8 – 10 полів основної сівозміни.

Проби відбирають двічі на рік: навесні, після сівби, та восени, після збору врожаю. При встановленні багаторічної динаміки залишків пестицидів у ґрунтах або їх міграції в системі «ґрунт – рослина» спостереження проводять не менше ніж 6 разів на рік (фонові – перед сівбою, 2 – 4 рази під час вегетації культур і 1 – 2 рази в період збору врожаю).

Для оцінювання площинного забруднення ґрунтів пестицидами відбирають 25 – 30 проб вагою 15 – 20 г по діагоналі ділянки (глибина відбору проб 0 – 20 см) спеціальним буром. Ґрунт, отриманий з підорного шару, вилучають. Відбір проб можна проводити і лопатою. Якщо спостереження проводять у садах, то кожна проба відбирається на відстані 1 м від стовбура. Одноразові проби, з яких формується вихідна проба, повинні бути близькими за кольором, структурою, механічним складом.

Для вивчення вертикальної міграції пестицидів закладають ґрунтові розрізи (розміром 0,8 x 1,5 x 2,0 м) — глибокі шурфи, які перетинають усю серію ґрунтових горизонтів і відкривають верхню частину материнської породи. Перед відбором проб коротко описують місця розміщення розрізу і ґрунтових горизонтів (вологість, колір, забарвлення, механічний склад, структура, складення, новоутворення, включення, розвиток кореневої системи). Відбирають з кожного генетичного горизонту по одному зразку товщиною 10 см.

Відібрані будь-яким способом проби зсипають на папір, перемішують і квартують (послідовно ділять на чотири частини) 3 – 4 рази, ґрунт після квартування ділять на 6 – 9 частин, із центрів яких беруть приблизно однакову його кількість у крафт-папір. Маса зразка повинна становити 400 – 500 г. Його супроводжують такими даними: порядковий номер зразка, місце відбору, рельєф, вид сільськогосподарського угіддя, площа поля, дата відбору, прізвище того, хто здійснював відбір. Ці проби аналізують у природному вологому стані. Якщо протягом дня аналізу провести неможливо, то проби висушують до повітряно-сухого стану. Середня проба сухого зразка – 200 г. Відібрана проба проходить підготовку до аналізу: розтирається у фарфоровій ступці та просіюється через сито з отворами 0,5 мм, після чого відбирають зразки для аналізу по 10 – 50 г. Одна проба характеризує неоднакові площі поля з огляду на різні категорії місцевості та ґрунтових умов.

Мережа тимчасових та постійних пунктів спостереження за забрудненням ґрунтів пестицидами забезпечує інформацією для визначення залишкової кількості пестицидів, дослідження їх вертикальної й горизонтальної міграції, оцінювання ймовірності забруднення пестицидами ґрунтових вод і сільськогосподарських культур.

ТЕМА 17

ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Життєво важливою для населення є інформація про забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами. Однак фундаментальні дослідження із цієї проблеми відсутні, а фрагментарні дані неоднозначні, нерідко суперечливі.

Більшість особливо забруднених важкими металами земель зосереджена в промислових зонах та прилеглих до них територіях на відстані 1 – 5 км, а концентрації важких металів на землях, віддалених більше ніж на 20 – 50 км від промислових комплексів, перебувають у межах норми. Забруднення важкими металами особливо небезпечне тому, що вони легко переходять із ґрунту в рослинну продукцію, а при її споживанні – в організм тварини і людини.

Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в містах і їх околицях має експедиційний характер. Перед реалізацією польової програми таких спостережень визначають кількість точок відбору проб, складають схему їх територіального розміщення, планують польові маршрути й послідовність робіт, установлюють терміни виконання робіт, формують топографічний матеріал та ґрунтові карти, проводять інвентаризацію джерел забруднення прилеглих територій.

Матеріал для аналізу рекомендовано збирати в сухий період року — влітку або на початку осені (період збирання врожаю основних сільськогосподарських культур). При стаціонарних спостереженнях відбір проб проводять незалежно від експедиційних робіт. Повторний моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами обстеженої території здійснюють через 5 – 10 років.

При виборі ділянок спостереження вихідним документом є топографічна основа. Контури міста, промислового комплексу розміщують у центрі плану місцевості. Із геометричного центру за допомогою циркуля наносять кола на відстанях 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 8,0; 10,0; 20,0; 30,0; 50,0 км, тобто позначають зону можливого забруднення ґрунтів важкими металами. На план місцевості наносять контури багаторічної рози вітрів за 8 – 16 румбами. Найдовший вектор, який відповідає найбільшій повторюваності вітрів, спрямовують у підвітряну сторону, його довжина становить 25 – 30 км (на плані – 25 – 30 см). Отже, контур, утворений розою вітрів, схематично охоплює територію найбільшого забруднення важкими металами. У напрямку радіусів будують сектори шириною 200 – 300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1 – 3 км. У місцях перетину осей секторів з колами розміщують так звані ключові ділянки.

Ключова ділянка — ділянка (площа 1 — 10 га), яка характеризує типові поєднання ґрунтових умов і умов рельєфу, рослинності та інших компонентів фізико-географічного середовища.

На цих ділянках розташовують мережу опорних розрізів, пункти і площадки відбору проб.

При спостереженні за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами велике значення має порівняння змін, які відбуваються залежно від збільшення чи зменшення впливу того чи іншого фактора. Ці закономірності можна виявити за допомогою ґрунтово-геоморфологічних профілів, які перетинають усю територію вздовж переважаючих напрямків вітру.

Ґрунтово-геоморфологічний профіль — вузька, лінійоподібна смуга земної поверхні, на якій встановлена кореляція ступеня забруднення ґрунтів з одним або кількома екологічними факторами.

Комплексний аналіз інформації, отриманої з ґрунтово-геоморфологічних профілів і ключових ділянок, дає змогу отримати цілісну характеристику ситуації щодо забруднень важкими металами. Техногенні викиди забруднюють ґрунтовий покрив через атмосферу і нагромаджуються в поверхневих шарах ґрунту, тому відбір проб проводять з глибини 0 – 10 та 0 – 20 см на ріллі та з глибини 0 – 2,5; 2,5 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40 см на цілині або старому перелозі.

З метою встановлення інтенсивності надходження важких металів у ґрунт щорічно відбирають проби снігу ранньою весною до початку підсніжного стоку талої води. З 1 га отримують 20 – 30 точкових проб, які утворюють об'єднаний зразок.

Реалізуючи програму спостережень за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами в містах, зважають на планування населеного пункту, рельєф місцевості, висоту будівель, розподілення атмосферних опадів і дощового стоку, частку в забрудненні території міста викидами автотранспорту та місцевих промислових підприємств. Відбір проб проводиться за мережею квадратів. З території 100 га відбирають 5 – 6 зразків на глибині 20 см.

В Україні 10 – 30-кратне перевищення ГДК важких металів виявлено в ґрунтах Донецько-Придніпровського промислового регіону й на околицях таких великих міст, як Харків, Одеса, Миколаїв та ін. На вміст промислових токсикантів у ґрунтах були обстежені 15 міст і 2 селища України. Максимальний вміст свинцю в ґрунтах – 94 ГДК — зафіксовано в Кривому Розі (в районі фабрики Північного гірничо-збагачувального комбінату), Костянтинівці (в районі заводу «Укрцинк») – 24 ГДК, Івано-Франківську – 20 ГДК, Іллічівську – 17 ГДК.

Складання карт забруднення ґрунтів важкими металами. При дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами складають спеціальні ґрунтовотехнохімічні карти, де вказують не тільки типи, підтипи, види, різновиди ґрунтів, а й ступінь забруднення ґрунтів цими речовинами.

Карта забруднення ґрунту — топографічне зменшене зображення узагальненого математично визначеного розподілення забруднених ґрунтів на певній території.

Процес побудови карт забруднення ґрунтів передбачає:

- підготовку топографічної основи;
- розроблення шкали ступеня забруднення ґрунту;
- коректування ґрунтових контурів на базі польових обстежень;
- оформлення карти і допоміжних позначень, які характеризують умови забруднення ґрунту.

Оцінювання та картографування ступеня забруднення ґрунту різними інгредієнтами здійснюють за шкалою ступеня забруднення ґрунтів (у відносних одиницях: відношення ГДК концентрації забруднюючої речовини до наявної концентрації її у ґрунті):

- незабруднені ґрунти – менше 1 (для вирощування екологічно чистих продуктів);
- слабозабруднені ґрунти – 1 – 3 (землі для загального використання без обмежень структури посівних культур);

- середньозабруднені – 3 – 5 (землі для вирощування кормових культур);
- сильнозабруднені ґрунти – більше ніж 5 (землі з обмеженим сільським призначенням).

Ускладнювати побудову цих карт може відсутність кількісних показників ГДК, оскільки їх нормативи розроблено не для всіх важких металів. Інколи для характеристики ґрунту використовують *кларк хімічного елемента* – показник, який відображає середній його вміст у незабрудненому ґрунті.

Використовують також карти з виокремленням таких екологічних класів ґрунтів: незабруднених, екологічно чистих; слабкозабруднених (акумулятивні важкі метали III класу токсичності: барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій); середньозабруднених (переважають метали II класу токсичності: бор, кобальт, молібден, мідь, сурма, хром); сильнозабруднених (поширені метали I класу токсичності: миш'як, кадмій, нікель, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор, берилій, талій); сильнозабруднених нітратами; радіоактивно забруднених.

Кarti забруднення ґрунтів важкими металами відображають рівень забруднення, дають змогу прогнозувати процеси, які у них відбуватимуться. Кarti супроводжуються пояснювальною запискою, в якій описують фізико-географічні й метеорологічні умови регіону й характеризують джерела забруднення. Кожному значенню шкали ступеня забруднення ґрунтів на карті відповідають певний колір і штриховка. Такі карти створюють для країн та Землі загалом.

З кожним роком площі ґрунтів, придатних для сільського господарства, скорочуються. Неправильне землекористування, забруднення промисловими, сільськогосподарськими і побутовими відходами посилює деградаційні процеси в ґрунті. З метою отримання систематичної об'єктивної інформації про зміни стану ґрунту, виявлення їх причин та тенденцій розвитку, оптимізації впливу людини на ґрунтовий покрив формують систему моніторингу стану ґрунтів. Його здійснюють за допомогою відповідних служб на визначених об'єктах контролю, він є найдоцільнішою системою науково-інформаційного забезпечення природоохоронних й управлінських рішень.

ТЕМА 18

МОНІТОРИНГ МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

Меліорація земель як комплекс організаційно-господарських і технологічних заходів є важливим фактором соціально-економічних перетворень, що впливає на розвиток агропромислового комплексу, народного господарства загалом. Як складова оптимізації природного середовища вона спрямована на поліпшення земельних угідь з метою оптимального використання природного потенціалу ґрунтів та передбачає

зрошування, осушування, дехімізацію й інші заходи. Однак меліорація може спричиняти і негативні явища та процеси: пересушування або перезволоження земель; розвиток небажаних інженерно-геологічних процесів; недостатній приріст урожайності сільськогосподарських культур. Тому необхідні отримання систематичної об'єктивної інформації про всі зміни на меліорованих територіях, аналіз їх причин та тенденцій розвитку, прогнозування меліоративного стану і його оптимізація, тобто створення системи меліоративного моніторингу.

Меліоративний моніторинг – система спостережень, оцінювання, прогнозування та прийняття рішень з метою оптимізації меліорованих земель і прилеглих до них територій.

Основними завданнями меліоративного моніторингу є:

- вивчення закономірностей багаторічного природного і трансформованого меліоративною діяльністю людини рівневого та гідрохімічного режиму й балансу ґрунтових вод;
- вивчення режиму вологості ґрунтів та порід зони аерації;
- вивчення змін гідрогеологічних, гідрологічних та інженерно-геологічних умов на меліорованих землях і прилеглих до них територіях;
- аналіз та узагальнення гідрогеолого-меліоративної інформації з метою оцінювання фактичного стану осушуваних та зрошуваних земель, визначення ступеня меліоративного впливу на навколишнє природне середовище;
- окремі блоки та прямі й зворотні зв'язки між ними формують систему моніторингу меліорованих земель.

Блок «Спостереження» передбачає вибір індикаторних елементів і параметрів меліоративного стану земель, що підлягають спостереженню та оцінюванню. Блок «Оцінка фактичного стану меліорованих земель» оснований на порівняльному аналізі наявного меліоративного стану осушених або зволжених земель з оцінними критеріями для з'ясування ступеня несприятливих відхилень у меліоративній ситуації. Важливим елементом блока є вибір науково обґрунтованих критеріїв, які повинні диференціювати меліоративний стан земель залежно від дії осушувальної або зрошувальної мережі й нормативно обґрунтувати напрями його оптимізації.

Блок «Прогноз стану меліорованих земель» базується на інформації про стан меліоративних земель на сьогодні та в минулому. Першочергове значення має прогнозування глибини залягання ґрунтових вод, яке є головним критерієм завчасної оцінки меліоративної ситуації й основою для розроблення та оперативної реалізації необхідних експлуатаційних заходів з метою регулювання водного режиму території. При прогнозуванні рівнів ґрунтових вод необхідне встановлення ступеня й особливостей впливу

меліоративних заходів на прилеглі землі для того, щоб зміни в натурально-природній ситуації не порушували екологічної рівноваги.

Реалізуючи блок «Оптимізація меліоративного стану земель», необхідно виявити й ідентифікувати процеси та явища, що порушують нормальне функціонування меліоративних систем, і визначити заходи, які сприятимуть оптимізації становища.

Блоки «Спостереження», «Оцінка стану меліорованих земель», «Прогноз стану меліорованих земель» формують інформаційну систему моніторингу, а блок «Оптимізація меліоративного стану земель» — систему управління.

Система меліоративного моніторингу зорієнтована на накопичення необхідних обсягів порівнюваної інформації, оцінювання наявної меліоративної ситуації, її прогнозування та прийняття рішень із питань оптимізації.

Еталонні об'єкти і методика організації еколого-меліоративного моніторингу. Контролювання й аналізування змін, які відбуваються в природних комплексах унаслідок дії меліоративних заходів, може забезпечити організація *еколога меліоративного моніторингу* — системи комплексних спостережень, оцінювання та прогнозування стану природного середовища на меліорованих і прилеглих землях, а також загальних спостережень за ситуацією на території водозбору.

Еколого-меліоративний моніторинг може бути локальним, регіональним і національним. Ці види є складовими глобального біосферного моніторингу, який комплексно оцінює зміни в природних комплексах внаслідок антропогенної дії.

На локальному рівні основну увагу приділяють отриманню безпосередніх характеристик стану земель, параметрів складових геологічного середовища і режиму його функціонування. Локальний еколого-меліоративний моніторинг забезпечує гідрогеолого-меліоративна служба, а спостереження і дослідження проводяться спільно із зацікавленими проектними й науково-дослідницькими організаціями за єдиною методикою.

На регіональному рівні вирішують питання оцінювання просторово-часової мінливості параметрів *геологічного середовища* (багатокомпонентної динамічної системи, що охоплює верхню частину літосфери, яка перебуває під техногенним впливом (рельєф, ґрунти, підземні води, форми прояву екзогенних геологічних процесів), формують бази даних регіонів, нормативно-довідкову і нормативно-методичну базу галузі у складі регіональних центрів моніторингу. Результати узагальнень передають у національний та галузеві центри.

На національному рівні узагальнюють інформацію по галузях загалом, формують бази даних галузевого центру моніторингу, розробляють заходи та координують роботи з іншими відомствами — суб'єктами державного моніторингу довкілля, міжнародними центрами екологічного моніторингу.

Загальне оцінювання впливу меліорації на природні комплекси здійснюється за допомогою:

- порівняння даних про стан природних комплексів у природних умовах (до проведення меліорації) та в техногенних умовах (через 3 — 5 років після введення осушуваного або зрошуваного об'єкта меліорації в експлуатацію);
- порівняння інформації про стан природних комплексів за техногенних умов з аналогом, розташованим поза зоною впливу меліорації (на прилеглих зонах);
- установа фактичної зони впливу меліорації на прилеглі землі й порівняння з проектною (прогнозованою).

Антропогенний вплив меліорації на природні комплекси призводить до змін:

- режиму рівня ґрунтових вод (РГВ) на гідромеліоративних системах і прилеглих територіях;
- режимів стоку води на водотоках й у водоприймачах при їх регулюванні;
- водного, сольового, окисно-відновного і поживного режимів ґрунтів;
- напрямку природних ґрунтоутворюючих процесів;
- природної родючості ґрунтів, забруднення вод і ґрунтів добривами й пестицидами;
- спотворення та часткової ліквідації природних ландшафтів;
- видового і кількісного складу флори та фауни, характерних для природних екосистем.

Ефективність еколого-меліоративного моніторингу значною мірою залежить від точності вибору й обґрунтування об'єкта досліджень, яким може бути еталонна (типова) осушувальна або зрошувальна система, що у достатньому обсязі характеризує весь комплекс природних умов, а також різновиди способів осушення (зрошування тощо), рівня експлуатації сільськогосподарських меліорованих земель, включаючи і природоохоронні заходи.

При типізації меліоративних систем загальними природними ознаками для виокремлення еталонних систем є: водозбір річки, рельєф, ландшафт, типи водного живлення, ґрунтовий покрив, наявність або відсутність постійних водних джерел для зволоження.

Об'єкти спостережень і досліджень (еталонні системи) вибирають не лише за природними факторами, а й за антропогенними, вдаючись до

типізації, вибору типу та виду меліоративної системи певного класу, характерного для тієї чи іншої таксономічної одиниці природного районування. Основними таксономічними одиницями, які обумовлюють вибір еталонних систем за природними факторами, є водозбори річок.

Моніторинг стану природного середовища на еталонних водозборах здійснюють, використовуючи метод профілів і метод локальних зон.

Метод профілів полягає в тому, що через весь водозбір системи прокладається нівелірний хід (розрахунковий створ), переважно прямолінійний. Таких ходів може бути кілька залежно від крутизни схилів і довжини водозбору. Вздовж розрахункового ходу послідовно виконують: відбори проб ґрунту; відбори проб води на гідрохімічний аналіз; ботанічні й загальні ситуаційні спостереження за станом лісової та лісокущової рослинності, лісової підстилки й ін.

Інформацію, отриману з ділянок детального спостереження, доповнюють даними з локальних зон, одержаними внаслідок спостережень за об'єктами забруднення й проявами ерозійної діяльності (тваринницькими фермами, місцями сховищ мінеральних добрив і пестицидів, гноєсховищами та ін.).

Нівелірні ходи й локальні зони наносять на картографічну основу, додаючи до кожного з них опис і журнал спостережень. Залежно від мети й завдання спостережень визначають обсяг інструментальних робіт. Для впорядкування робіт та визначення їх об'єму виокремлюють 5 зон впливу меліоративної системи:

- 1) внутрішня зона в контурах меліоративної системи;
- 2) внутрішня зона, яка охоплює немеліоровані площі в контурах меліоративної системи;
- 3) зона впливу безпосередньо прилеглих земель;
- 4) віддалена зона впливу;
- 5) зона повітряного простору.

До додаткових ознак належать локальні пониження на прилеглий території та локальні підвищення на об'єкті меліорації (на загальному фоні рельєфу); механічний склад ґрунту і висота капілярного підняття води, потужність ґрунтового покриву й тип ґрунту, домінуюча рослинність на прилеглих землях, загальний напрямок потоку ґрунтових вод, хімічний склад ґрунтових вод і прогноз його змін після зниження рівня ґрунтових вод.

Основою ґрунтово-меліоративних досліджень на еталонних об'єктах є проведення ґрунтово-меліоративної зйомки, масштаб якої залежить від площі об'єкта і складності природних умов. Вона супроводжується закладанням ґрунтових розрізів, які поділяють на основні та контрольні.

Основні ґрунтові розрізи глибиною 2,0 м закладають на переважаючих геоморфологічних елементах для вивчення будови й особливостей ґрунтового профілю, характеру ґрунтоутворюючих і підстилаючих порід, розподілу вологи, щільності та ін.

Контрольні ґрунтові розрізи глибиною 1 — 1,5 м закладають для вивчення ступеня варіації найістотніших ознак ґрунтів, виявлених при описі основних розрізів.

Кількість розрізів, які закладають при ґрунтовій зйомці еталонних масивів, залежить від її масштабу і складності природних умов об'єкта. Середня кількість основних та контрольних розрізів, які закладаються на кожні 100 га досліджуваного еталонного масиву, становить від 3 до 7 при масштабі 1 : 10 000, від 8 до 15 при масштабі 1 : 5000 і від 20 до 35 при масштабі зйомки 1 : 2000.

На торфових масивах при проведенні ґрунтово-меліоративної зйомки виконують зондування торфовищ по поперечниках, закладених залежно від складності об'єкта через 25 або 50 см на всю глибину торфовища до мінерального дна. Зразки торфу відбирають з усіх основних розрізів і не менше ніж з 20 — 50 % контрольних розрізів до глибини 0,3 — 0,5 м через кожні 10 — 15 см.

На обводнених мінеральних ґрунтах відповідно до складності ґрунтового покриву додатково до кожного розрізу закладають від 1 до 3 прикопок. Зразки мінеральних ґрунтів відбирають з генетичних горизонтів. Кількість і види аналізів по кожному розрізу визначають з урахуванням типових особливостей і відмінних ознак різних ґрунтів.

При проведенні ґрунтово-меліоративної зйомки еталонних осушувальних або зволожувальних масивів необхідно охоплювати спостереженнями і прилеглі землі, площі яких приблизно в 1,5 разу перевищують площу еталонного об'єкта.

Водно-фізичні властивості ґрунтів вивчають на дослідних ділянках, закладених на типових для масиву ґрунтах. Кількість аналізів водно-фізичних властивостей ґрунтів залежить від складності ґрунтового покриву.

Завершальним етапом ґрунтово-меліоративної зйомки є складання ґрунтово-меліоративної карти з виокремленням типових ґрунтових ділянок. У цій карті синтезують матеріали ґрунтових, гідрогеологічних та інших досліджень. Вона є фоною при оцінюванні змін, зумовлених меліорацією. Ґрунтові ділянки в майбутньому використовують для здійснення на них спеціальних видів спостережень для оцінювання окремих типів ґрунтів.

ТЕМА 19

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОСУШУВАНИХ ТА ПРИЛЕГЛИХ ДО НИХ ЗЕМЕЛЬ

Одним з основних видів меліорації є осушення. Це комплекс заходів, спрямованих на запобігання або ліквідацію негативного впливу води на господарську діяльність людей. Осушення дає змогу освоювати нові землі, підвищувати їх родючість, забезпечувати раціональне використання засобів механізації та хімізації. Об'єктами осушення в сільськогосподарських цілях є болота, заболочені й мінеральні ґрунти

постійного або тимчасового перезволоження. В основі більшості осушувальних меліорацій лежить підсилення аерації ґрунту, забезпечення аеробних умов для розкладу органічної речовини. Цей вид меліорації суттєво впливає не тільки на екологічний стан осушуваних територій, а і на стан прилеглих до них земель.

Оцінити екологічний стан об'єкта можна шляхом порівняння одержаної внаслідок польових, лабораторних і камеральних (науково оброблених матеріалів, зібраних під час польових та лабораторних спостережень) досліджень інформації із прийнятими за основу даними (базовими). Відхилення параметрів будь-якого компонента природного середовища на 30 — 35 % від базових у процесі антропогенного впливу на природний об'єкт є загальним екологічним обмеженням.

Екологічне обмеження — система кількісних і якісних параметрів екологічної стійкості природного об'єкта, зміна яких у результаті водогосподарської та меліоративної діяльності призводить до порушення системних властивостей, функціональних характеристик об'єкта й незворотних екологічних наслідків у відповідних ландшафтно-кліматичних умовах.

Екологічну оцінку будь-якого з підконтрольних факторів зумовлює відхилення від прийнятої за основу системи даних, які характеризують природний стан об'єкта:

- сприятливий стан (відхилення до 10 %);
- задовільний стан (відхилення не більше ніж 30 %);
- незадовільний (відхилення більше ніж 30 %).

Оцінювання проводять з метою створення на осушуваних землях оптимального водно-повітряного режиму для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

У зв'язку із цим, важливе значення має правильний добір критеріїв меліоративної спрямованості, їх поділяють на дві групи.

До першої групи критеріїв належать:

1. Вологість кореневмісного шару. Практично для всіх культур, крім трав, оптимальною є вологість 60 — 75% відповної вологосмності, а величина аерації — 20 — 40%. Вологість кореневмісного шару в поєднанні з повітряним режимом повинна забезпечувати біологічні потреби під час різних фаз розвитку рослин, оскільки це безпосередньо впливає на формування врожаю сільськогосподарських культур. Від водного режиму ґрунтів залежать терміни та умови обробітку ґрунту, особливо у весняний період.

2. Технічний стан осушувальної мережі. Найбільш руйнівний вплив на меліоративні споруди мають природні (розмиви укосів каналів; заростання і запливання каналів; зміщення дренажних труб; закупорювання дренажних ліній мулом, окисом заліза, корінням рослин; занесення каналів в процесі дефляції торфовищ) та антропогенні фактори (спорудження у каналах перепон; загат для риборозведення; переїздів й інших споруд, не

передбачених проектом).

Вплив цих факторів значною мірою визначає технічні особливості регулювання водно-повітряного режиму осушуваних ґрунтів, можливість проведення сільськогосподарських робіт в оптимальні строки. Тому технічний стан осушувальної мережі є важливим критерієм оцінювання меліорованого стану осушуваних земель.

3. Термін поверхневого перезволоження. При затопленні сільськогосподарських угідь порушується взаємозв'язок ґрунтового повітря з атмосферним, що призводить до загибелі кореневої системи рослин. Весняне затоплення затримує початок польових робіт і вегетаційний період, призводить до порушення процесів фотосинтезу, загибелі посівів озимих культур.

4. Культурно-технічний стан земель. Його характеризують такі показники, як мікрорельєф поверхні, зачагарникованість, забрудненість камінням та ін. Мікрорельєф поверхні впливає на рівномірність зволоження ґрунтів, терміни відводу гравітаційної вологи, графік проведення сільськогосподарських робіт. Інші показники культурно-технічного стану визначають можливість використання меліорованих земель як сільгоспугідь.

До другої групи критеріїв належать:

1. Рівень ґрунтових вод (РГВ), або верховодки. За ступенем участі ґрунтових вод у водному живленні рослин можливі три варіанти:
 - РГВ залягають на оптимальній для росту і розвитку сільськогосподарських культур глибині;
 - РГВ залягають близько від поверхні й спричиняють перезволоження кореневмісного шару ґрунтів;
 - РГВ залягають дуже глибоко і не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунтового покриву.

Оптимальні глибини залягання ґрунтових вод диференціюються залежно від кліматичних зон, ґрунтових різновидів, культур, періодів року. Рівень ґрунтових вод (верховодки) може використовуватися також як критерій оцінки екологічної ситуації, тобто пересушення або перезволоження земель.

2. Рівень родючості й загальний екологічний стан ґрунтів. Для успішної меліорації земель необхідне окультурення ґрунтів з метою забезпечення їх високої родючості та стабільності. Ступінь окультуреності визначається за такими основними параметрами: потужність, структура і водно-фізичні властивості водного горизонту; вміст гумусу та його склад; ступінь насичення обмінними катіонами; реакція ґрунтового розчину; вміст рухомих форм N, P, K; наявність мікроелементів.

Комплексне оцінювання еколого-меліоративної ситуації на осушуваних землях забезпечує використання критеріїв меліоративної спрямованості в поєднанні з критеріями екологічної ситуації, до яких належать:

- наявність негативних процесів (деградація ґрунтового покриву; вторинне заболочування; дефляція, водна ерозія, усідання торфу; наявність самовиливних свердловин);
- хімічний склад підземних, дренажних, поверхневих вод і гідрохімічний режим земель;
- стан рослинності (густота травостою; наявність і площа залисин; стан сільськогосподарських рослин);
- якість сільськогосподарської продукції. Цей критерій є найважливішим, оскільки він пов'язаний з якістю життя і здоров'ям людей.

Оскільки осушування має суттєвий вплив на стан навколишнього природного середовища, в усіх проектах передбачають природоохоронні заходи, спрямовані на запобігання або мінімізацію негативних екологічних наслідків меліорації. Для успішного прогнозування таких заходів необхідний постійний моніторинг усіх ґрунтів, на які діють антропогенні чинники.

ТЕМА 20

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗРОШУВАНИХ І ПРИЛЕГЛИХ ДО НИХ ЗЕМЕЛЬ

Поширеним видом меліорацій є *зрошення* — штучне зволоження ґрунту з метою забезпечення необхідного водного та пов'язаного з ним теплового режимів на сільськогосподарських землях, які зазнають дефіциту вологи, для успішного розвитку вирощуваних культур. Цей вид меліорації впливає на екологічний стан зрошуваних і прилеглих до них земель, а отже, з метою оцінювання й прогнозування змін, що відбуваються на цих територіях, необхідно запроваджувати еколого-меліоративний моніторинг.

Еколого-меліоративний моніторинг зрошуваних і прилеглих до них земель передбачає здійснення спостереження за:

- еколого-меліоративним станом земель і динамікою його мінливості. При цьому визначають рівневий та гідрохімічний режими ґрунтових і підземних вод, водно-сольовий режим ґрунтів та порід зони аерації, окисно-відновний і поживний режими ґрунтів, поширення й інтенсивність розвитку негативних геоекологічних та ґрунтоутворюючих процесів, стан забруднення ґрунтів і підземних вод;
- технічним станом зрошувальних та колекторно-дренажних систем спостережної мережі;
- кількістю та якістю поливних і дренажно-стічних вод.

Кількісне оцінювання еколого-меліоративного стану земель (загального стану геологічного середовища, що зазнало впливу меліорації) на певний момент часу проводять за комплексом гідрогеологічних, інженерно-геологічних і ґрунтово-меліоративних

показників, а також показників забруднення ґрунтів та вод (ґрунтових, підземних, дренажно-скидних). До гідрогеологічних показників належать: середня за вегетаційно-поливний період глибина залягання рівня ґрунтових вод (РГВ); глибина залягання РГВ у передпосівний період; мінералізація ґрунтових вод, їх гідрохімічний склад. Інженерно-геологічні показники охоплюють коефіцієнт пористості орного шару, підорного шару й товщі порід, а також ступінь прояву екзогенних геологічних процесів. При оцінюванні ґрунтово-меліоративних показників установлюють ступінь засолення верхнього метрового шару і зони аерації (при РГВ до 5,0 м), ступінь солонцюватості ґрунтів, ступінь обслуговування ґрунтів, глибину залягання першого від поверхні сольового горизонту, глибину залягання солонцевого горизонту. До показників забруднення належать загальне забруднення ґрунтових, підземних та скидних вод.

Для оцінювання прийнято шкалу – геометричну прогресію, що розширюється відповідно до погіршення еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель. За критеріями оцінювання обов'язкових показників виділяють п'ять категорій стану: добрий (0,2 бала); задовільний (1,0 бал); задовільний із загрозою погіршення (5,0 балів); незадовільний (25,0 балів); дуже незадовільний (125,0 балів).

Еколого-меліоративний стан зрошуваних і прилеглих до них земель оцінюють щороку з метою отримання поточної та оперативної інформації, необхідної для ведення обліку меліоративного стану земель й еколого-меліоративного моніторингу. За результатами оцінювання розробляють заходи для запобігання розвитку негативних явищ на зрошуваних і прилеглих до них землях.

Прогнозування еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель виконують на основі оцінювання потенційної та фактичної стійкості земель.

Еколого-меліоративна *стійкість землі* — *здатність геологічного середовища протистояти впливу зрошувальних меліорацій, ураховуючи рівень техногенного навантаження.*

Потенційною еколого–меліоративною стійкістю земель вважають природно зумовлену здатність геологічного середовища протистояти дії зрошення. Вона характеризує максимально можливі зміни, що виникають під дією агротехнічного навантаження без запобіжних або природоохоронних заходів. Цю стійкість визначають на початку ведення моніторингу зрошуваних і прилеглих до них земель на основі оцінювання показників еколого-меліоративного стану.

Залежно від результатів оцінювання виокремлюють чотири категорії стійкості земель: стійкі (1,0 бал), умовно нестійкі (5,0 балів), нестійкі (25,0 балів), дуже нестійкі (125,0 балів). До першої категорії належать землі

із середнім балом стійкості менше 2; до другої — 2 — 10; до третьої — 10 — 30, до четвертої — понад 30 балів.

Фактична еколого-меліоративна стійкість земель указує на ступінь трансформації геологічного середовища під впливом техногенних чинників на певний момент часу, її оцінюють за показниками, що характеризують еколого-меліоративний стан земель і його зміни у часі з урахуванням рівня техногенного навантаження. За результатами оцінювання виокремлюють п'ять категорій фактичної еколого-меліоративної стійкості: стійкі (0,2 бала), умовно стійкі (1,0 бал), умовно нестійкі (5,0 балів), нестійкі (25,0 балів) і дуже нестійкі (125,0 балів). До I категорії належать землі, де за розрахунками середній бал B_c не перевищує 0,4 бала; до II — 0,4 — 2,0; III — 2,0 — 5,0; IV — 5,0 — 10,0; V — понад 10,0 балів. Оцінювання фактичної еколого-меліоративної стійкості земель залежно від їх еколого-меліоративного стану та техногенного навантаження виконують щороку, за умови, що $B_c > 2,0$ балів і один раз на 4 — 5 років при $B_c < 2,0$.

Прогнозування еколого-меліоративного стану земель в умовах зрошення здійснюють шляхом зіставлення потенційної й фактичної еколого-меліоративної стійкості земель на різні періоди часу з урахуванням рівня техногенного навантаження на територію.

Оцінюючи позитивні та негативні процеси, що супроводжують меліорацію, необхідно проводити систематичні спостереження й контролювання змін, які відбуваються як на меліорованих землях, так і на прилеглих до них територіях. Для з'ясування ситуації на досліджуваних землях та отримання комплексної інформації, крім проведення звичайних спостережень, доцільно використовувати дані аерокосмічної зйомки, отриманої за допомогою супутників, космічних кораблів, літаків. Ці дані дають змогу розробити ефективні природоохоронні заходи для раціонального використання водних і земельних ресурсів.

II. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

ТЕМА 1

ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ СІРКИ (SO_2) У ПОВІТРІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОГЛИНАЛЬНОГО ПРИЛАДУ РІХТЕРА

Сполуки сірки потрапляють в атмосферу як природним шляхом, так і в результаті антропогенної діяльності. Вони утворюються у процесі руйнування органічних речовин за допомогою анаеробних мікроорганізмів. Передбачається, що виділення сірки біологічним шляхом не перевищує 30 – 40 млн т/рік, що становить $\frac{1}{3}$ всієї виділеної кількості сірки. При виверженні вулканів в атмосферу поряд з великою кількістю діоксиду сірки потрапляють сірководень, сульфати й елементарна сірка (2%). Потрапляє сірка в атмосферу і з поверхні океанів у вигляді сульфатів.

У результаті антропогенної діяльності сірка потрапляє в атмосферу в основному у вигляді діоксиду (59 – 69%).

Серед джерел цієї сполуки на першому місці стоїть спалювання вугілля (70% антропогенних викидів). У процесі горіння сірка перетворюється в сірчистий газ, а частина сірки залишається в золі у твердому стані. При згоранні нафтопродуктів сірчистого газу утворюється набагато менше. Основним джерелом утворення SO_2 поряд зі спалюванням викопного палива є металургійна промисловість (переробка сульфідних руд свинцю, міді й цинку), а також підприємства з виробництва сірчаної кислоти та переробки нафти.

Діоксид сірки – найбільш шкідливий газ з розповсюджених забруднювачів повітря. Він викликає захворювання дихальних шляхів, веде до виникнення хронічного бронхіту.

В атмосфері SO_2 під дією кисню окислюється до SO_3 , останній розчиняється в краплинках вологи з утворенням сірчаної кислоти. Це призводить до випадання кислотних дощів. Якщо в атмосфері міститься аміак, то йде утворення сульфату амонію.

У більшості тверді аерозольні частинки являють собою сульфати і туманоподібну H_2SO_4 . Вміст таких частинок у містах досягає 10 мг/м^3 . Гранично допустима концентрація максимальна разова для SO_2 – $0,5 \text{ мг/м}^3$, середньодобова – $0,05 \text{ мг/м}^3$; клас небезпеки SO_2 – 3.

Метод визначення базується на окисненні SO_2 у процесі його вловлювання з повітря розчином пероксиду водню з наступним кількісним визначенням осаду, що утворюється при взаємодії сульфат-іона з хлоридом барію. Вплив сульфатів і сірчаної кислоти усувають уловлюванням їх на фільтр АФА, який розміщують перед поглинаючим пристроєм у пластмасовому фільтротримачі. Метод рекомендується для визначення разових концентрацій. Чутливість визначення 5 мкг у досліджуваному об'ємі проби. Діапазон вимірювальних концентрацій – $0,08$ – $1,5 \text{ мг/м}^3$ при відборі проб об'ємом 80 л .

Матеріали й обладнання: уловлюючий пристрій: аспіратор для відбору проб, поглинаючий прилад Ріхтера, пластмасовий фільтротримач з фільтром АФА; аналітичні ваги; барометр; термометр; фотоколориметр; гліцерин (х.ч.), або етиленгліколь (х.ч.); соляна кислота концентрована ($\rho=1,19$ х.ч.); спирт етиловий, ректифікат; пероксид водню (H_2O_2), х.ч.; калій сірчаноокислий, безводний (х.ч.), K_2SO_4 , поглинаючий розчин, повітря населеного пункту.

Приготування поглинаючого розчину. 10 мл 30% H_2O_2 , розчиніть у 1 л води, 0,3% розчин H_2O_2 зберігайте в темній склянці не більше від 1 тижня.

Приготування барію хлористого. 5,85 г кристалічного хлористого барію ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) розчиніть в 50 мл води. Потім долийте 150 мл етилового спирту та 150 мл гліцерину або етиленгліколю. Величину рН суміші доведіть до 2,5 – 2,8 концентрованою соляною кислотою HCl . Розчин залишіть на 48 годин і в разі появи осаду фільтруйте через фільтр «синя стрічка». Термін зберігання 2 місяці.

Приготування вихідного розчину. Безводний сірчаноокислий калій дрібно розітріть і висушіть при температурі 120 – 150 °С протягом 2 год. Наважку 0,2720 г розчиніть у 100 мл води.

Приготування робочого стандартного розчину. Його готують 10-кратним розведенням вихідного стандартного розчину поглинаючим розчином. Отриманий розчин відповідає вмісту 100 мкг/мл.

Хід роботи

Для визначення разової концентрації SO_2 досліджуване повітря зі швидкістю 4 л/хв протягніть протягом 20 хв через поглинальний прилад Ріхтера, що містить 6 мл поглинаючого розчину. Для очищення повітря від аерозолів сульфатів і сірчаної кислоти, що заважають визначенню, перед поглинаючим приладом розмістіть пластмасовий фільтротримач з фільтром АФА, приєднаним «в стик». Металевий фільтротримач застосовувати не можна.

У лабораторії рівень розчину в поглинаючому приладі доведіть до 6 мл дистильованою водою. Для аналізу 5 мл розчину проби перенесіть у пробірку і додайте 1 мл розчину BaCl_2 . Вміст пробірки ретельно збовтайте та через 15 хв. визначте оптичну щільність розчину у кюветі товщиною 10 мм при довжині хвилі 400 нм відносно нульової проби.

Час від додавання останнього реактиву до вимірювання оптичної щільності для всіх проб повинен бути однаковим. Одночасно проводьте вимірювання нульової проби, для чого 5 мл поглинаючого розчину аналізуйте аналогічно. Оптична щільність нульової проби повинна бути не більше ніж 0,01. Кількість SO_2 в пробах знайдіть за допомогою калібрувального графіка. Аналіз проб можна проводити і візуально. Розрахунок концентрацій C мг/м³ в атмосферному повітрі проведіть за формулою

$$C = a \cdot m / V_o \cdot b,$$

де a – загальний об'єм проби в поглинаючому приладі (6 мл);
 b – об'єм проби для аналізу (5 мл);
 V_0 – об'єм протягнутого повітря, приведений до н.у., л;
 m – кількість SO_2 у пробі, знайдена за калібрувальним графіком, мкг.

Побудова калібрувального графіка

У мірні колби на 100 мл налейте 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 мл робочого стандартного розчину (100 мкг/мл). Розбавте до мітки поглинаючим розчином. Концентрація SO_2 у 5 мл стандартного розчину в мірних колбах становить відповідно: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 мкг. Для приготування шкали стандартів відберіть у пробірки по 5 мл кожного стандарту і проведіть операцію за методикою, описаною раніше.

ТЕМА 2

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АВТОТРАНСПОРТОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЧАДНИМ ГАЗОМ (CO) РОЗРАХУНКОВИМ МЕТОДОМ

Суттєвою складовою забруднення повітряного середовища міст, особливо великих, є викидні гази автотранспорту, які в деяких містах становить 60 – 80% від загальних викидів.

Відомо, що автотранспортом викидається у повітряне середовище більше ніж 200 компонентів, серед яких чадний газ, вуглекислий газ, оксиди азоту й сірки, альдегіди, свинець, кадмій і група канцерогенних вуглеводнів (бензопірен та бензоантроцен). При цьому найбільша кількість токсичних речовин викидається автотранспортом у повітря на тихому ході, на перехрестях, зупинках перед світлофором. Так, на невеликій швидкості бензиновий двигун викидає в атмосферу 0,05% вуглеводів і 0,98% оксиду вуглецю (від загального викиду), а на тихому ході – 5,1% та 13,8% відповідно. Підраховано, що середньорічний пробіг кожного автомобіля 15 тис. км. У середньому за цей час він збіднює атмосферу на 4350 кг кисню та збагачує її на 3250 кг вуглекислого газу, 530 кг оксиду вуглецю, 93 кг вуглецевих сполук і 7 кг окислів азоту.

Ця робота дає можливість оцінити завантаженість ділянки вулиці різними видами автотранспорту, порівняти у цьому відношенні різні вулиці. Зібрані параметри необхідні для розрахунку рівня забруднення повітряного середовища відпрацьованими газами автомобілів за концентрацією оксиду вуглецю в mg/m^3 .

Хід роботи

Перша частина роботи. Студентів ділять на групи по 3 – 4 особи (один рахує, другий записує, інші оцінюють обстановку), яких попередньо необхідно проінструктувати, потім розмістити на певних ділянках різних вулиць з одностороннім рухом. У випадку двостороннього руху кожна група повинна розміститися на своєму боці.

Відбір матеріалу із завантаженості вулиць автотранспортом проведіть або разово, або більш поглиблено із замірами о 8, 13 і 18 год та в нічний час. З декількох замірів вирахуйте середнє. Інтенсивність руху автотранспорту визначте методом підрахунку автомобілів різних типів три рази по 20 хв в кожному з термінів. Підрахунок проведіть методом позначень. Запишіть дані до таблиці.

Час	Тип автомобіля	Число одиниць
	легкий вантажний	
	середній вантажний	
	важкий вантажний (дизельний)	
	автобус	
	легковий	

На кожній точці спостережень проведіть оцінювання вулиці:

1. Тип вулиці: міські вулиці з односторонньою забудовою (набережні, естакади, високі насипи), житлові вулиці з двосторонньою забудовою дороги, дороги у виїмці, магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох боків, транспортні тунелі й ін.
2. Нахил. Визначається екліметром або приблизно.
3. Швидкість вітру. Визначається анемометром.
4. Відносна вологість повітря. Визначається психрометром.
5. Наявність захисної смуги з дерев.

Зібраний матеріал запишіть на дошці в аудиторному або лабораторному приміщенні (в той же день). Автомобілі розділіть на три категорії: з карбюраторним двигуном, дизельні, автобуси, відповідно до даних, наведених у таблиці, побудуйте графік і оцініть рух транспорту на окремих вулицях.

Підсумком першої частини роботи вважається сумарна оцінка завантаження вулиць автотранспортом згідно з ГОСТ- 17.2.2.03-77: низька інтенсивність руху – 2,7 – 3,6 тис. автомобілів за добу, середні – 8–17 тис. і висока – 18 – 27 тис. Проведіть порівняння сумарного завантаження різних вулиць міста залежно від типу автомобілів, дайте пояснення відмінностей.

Друга частина роботи

Ця частина роботи полягатиме у визначенні забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту за результатами даних першої частини роботи.

Розрахунки проведіть за таким алгоритмом. Спочатку накресліть спеціальну таблицю, в якій зазначте варіант, тип вулиці, поздовжній нахил, відносну вологість повітря, тип перехрестя та інтенсивність руху автомобілів за год (ТЧ), наприклад:

Варіант	Тип вулиці	Поздовжній нахил	Швидкість вітру	Відносна вологість повітря	Тип перехрестя	Інтенсивність руху автомобілів (N1)
	Дорога з багатоповерховою забудовою з двох сторін	0	1	100	регульоване зі світлофорами, звичайне	200
	Транспортний тунель	2	2	90	регульоване зі світлофорами, кероване	250
	Міська вулиця з односторонньою забудовою	4	3	80	саморегульоване	300
	Вулиця з однопверховими будівлями	6	4	70	нерегульоване зі зниженням швидкості	350
	Транспортна галерея	8	5	60	нерегульоване кільцеве	400
	Дорога з багатоповерховою забудовою з двох боків	0	6	50	нерегульоване з обов'язковою зупинкою	450
	Транспортний тунель	2	1	80	регульоване зі світлофорами, звичайне	350
	Міська вулиця з односторонньою забудовою	4	2	70.	регульоване зі світлофорами кероване	500
	Вулиця з однопверховими будівлями	6	3	60	саморегульоване	550
	Транспортна галерея	8	4	50	нерегульоване зі зниженням швидкості	600

- Потім, виходячи з даних, одержаних у першій частині, визначте склад автотранспорту в частках одиниці. Наприклад: 0,1 вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 0,1 – із середньою вантажопідйомністю, 0,05 – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами, 0,05 – автобусів, 0,70 – легкових автомобілів.
- Тепер починайте виконувати безпосередньо розрахунки концентрації СО за формулою Бегма (1984), модифікованою Шаповаловим (1990),

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_T) K_a \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_n,$$
де 0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/м,

N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на міській дорозі, автом./год;

K_T – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря оксидів вуглецю;

K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

K_y – коефіцієнт, що враховує зміни забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю залежно від величини поздовжнього нахилу;

K_c – коефіцієнт, що враховує зміни концентрації окису вуглецю залежно від швидкості вітру;

K_b – те саме залежно від відносної вологості повітря;

K_n – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю біля перехресть.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначте як середній для потоку автомобілів за формулою

$$K_T = \sum P_i K_{Ti},$$

де P_i – склад автотранспорту в частках одиниці;

K_{Ti} – визначається за таблицею.

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_{Ti}
Легкий вантажний	2,3
Середній вантажний	2,9
Важкий вантажний(дизельний)	0,2
Автобус	3,7
Легковий	1,0

Приклад розрахунків: Припустимо, дослідження виконується на магістральній вулиці міста з багатоповерховою забудовою з двох сторін, поздовжній ухил якої 2° , швидкість вітру – 4 м /сек, відносна вологість повітря – 70%. Розрахункова інтенсивність руху автомобілів в обох напрямках – 500 автомашин за годину (И). Склад автотранспорту: 0,1 вантажних автомобілів з малою вантажопідйомністю, 0,1– із середньою вантажопідйомністю; 0,05 – з великою вантажопідйомністю з дизельними двигунами; 0,05 – автобусів і 0,7 – легкових автомобілів.

Спочатку визначте коефіцієнт токсичності автомобілів:

$$K_T = 0,1 \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,7 \cdot 1 = 1,41.$$

Значення коефіцієнта K_a , який ураховує аерацію місцевості, визначте за таблицею.

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт K_a
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з двох сторін	1,0
Житлові вулиці з одноповерховими будівлями, вулиці та дороги у виїмці	0,6
Міські вулиці та дороги з односторонніми будівлями, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Для магістральної вулиці з багатоповерховою забудовою $K_a=1$.

Значення коефіцієнта K_n , який ураховує зміни забруднення повітря оксидом вуглецю залежно від величини поздовжнього нахилу, визначте за таблицею.

Коефіцієнт зміни концентрації оксиду вуглецю залежно від швидкості вітру K_c визначте за таблицею.

Значення коефіцієнта K_v , що визначає зміни концентрації оксиду вуглецю залежно від відносної вологості повітря, наведено в таблиці.

Повздо вжний нахил, °	Коефіцієнт K_n	Відносна вологість	Коефіцієнт K_v	Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт K_c
0	1,00	100	1,45	1	2,70
2	1,06	90	1,30	2	2,00
4	1,07	80	1,15	3	1,50
6	1,18	70	1,00	4	1,20
8	1,55	60	0,85	5	1,05
		50	0,75	6	1,00

Коефіцієнт збільшення забруднення повітря оксидом вуглецю біля перехрестя наведено в таблиці

Типи перехресть	Коефіцієнт K_i
Регульоване перехрестя:	
- зі світлофорами звичайне	1,8
- зі світлофорами кероване	2,1
- саморегульоване	2,0
Нерегульоване:	
- зі зниженням швидкості	1,9
- кільцеве	2,2
- з обов'язковою зупинкою	3,0

Підставте значення коефіцієнтів, оцініть рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю:

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,00 = 8,96 \text{ мг/м}^3.$$

Тепер порівняйте концентрацію CO, одержану вами для відповідної урбоєкосистеми, з ГДК CO для атмосферного повітря.

ГДК викидів автотранспорту за оксидом вуглецю дорівнює 5 мг/м³. Зробіть висновки про рівень забруднення урбоєкосистеми викидами автотранспорту. При цьому врахуйте, що зниження рівня викидів можливе завдяки таким заходам:

- заборона руху автомобілів;
- обмеження інтенсивності руху до 300 авт./год;
- заміна карбюраторних вантажних автомобілів дизельними;
- установлення фільтрів.

ТЕМА 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПИЛЕННЯ ПОВІТРЯ ГРАВІМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІЛЬТРІВ ІЗ ТКАНИНИ ФПП

Пил є аерозолем. Аерозолі являють собою частинки речовини (тверді або рідкі) у підвішеному стані. Вони поширені в приземному шарі, тропосфері та стратосфері. Час їх життя різноманітний: від декількох годин до багатьох років. У тропосфері розрізняють 3 типи розподілу частинок: фоновий, океанічний і континентальний. Частинки потрапляють в атмосферу із Землі у готовому вигляді, але значна частина утворюється в результаті хімічних реакцій між газоподібними, рідкими й твердими речовинами, включаючи пари води.

Велика кількість аерозолів утворюється в результаті природних процесів, але немала їх частка має антропогенне походження. За найменшими оцінками, кількість частинок, які щорічно потрапляють у повітряний басейн Землі в результаті діяльності людини, – близько 1 мільярд тонн за рік. Хімічний склад частинок різноманітний. Це діоксид кремнію – пісок, токсичні метали, пестициди, вуглеводні та ін. Максимальний антропогенний вклад припадає на сульфати. Аерозолі в стратосфері менш різноманітні, ніж у тропосфері. Основним твердим компонентом стратосфери є сульфат амонію.

Основне джерело антропогенних аерозолів – процес горіння. Енергетика і транспорт дають відсоток загальної кількості антропогенних аерозолів. Серед інших джерел аерозолів – металургійні підприємства, виробництво будівельних матеріалів, хімічні виробництва.

Аерозолі здатні змінювати клімат Землі, осаджуючись в альвеолах легень, вони викликають важкі захворювання у людей – пневмоконіози. Частинки аерозолів можуть нести на собі радіоактивність, віруси, мікроби, грибки, викликати смоги і кислі дощі, тобто утворювати загрозу не лише живим істотам, але й машинам, механізмам, пристроям, якості чистих матеріалів. Крім того, пил виносить з викидами цінні матеріали і може стати причиною руйнівних вибухів.

Для кількісної характеристики запиленості повітря на сьогодні використовується переважно ваговий метод (гравіметрія). Крім того, існує метод підрахунків. Вагові показники визначають масу пилу в одиниці

об'єму повітря. Це прямі методи вимірювання запиленості. Існує також група побічних методів вимірювання запиленості. Під побічними розуміють методи вимірювання як з виділенням пилу з повітря, так і без виділення, що базуються на виділенні її маси шляхом використання різноманітних фізичних явищ (інтенсивності випромінювання, електричного поля, оптичної густини й т.д.). Найбільш поширений гравіметричний метод визначення вагової концентрації пилу. Через аналітичний фільтр просмоктують певний об'єм запиленого повітря. Масу всього пилу без розподілу на фракції розраховують за збільшенням маси фільтра. Кращими є фільтри з тканини ФПП.

Матеріали й обладнання – уловлювальний прилад: фільтротримач, фільтр із тканини ФППІ, аспіратор для відбору проб, склянка-насадка на фільтротримач, металічний, розбірний, конусовидний для регулювання пропускаючого повітря з розрахунком швидкості вітру; аналітичні терези; ексикатор; пінцет з пластмасовими наконечникам; чашки скляні діаметром 10 см; барометр; психрометр; анемометр.

Хід роботи

Фільтр із тканини ФПП витримайте протягом 40 – 60 хв у ваговій кімнаті, зважте, помістіть у пакет і доставте на місце відбору, де його помістять у фільтротримач, який сильно закрутіть.

Відбір проб проведіть зі швидкістю 250 – 400 л/хв так, щоб наважка пилу на фільтрі була не меншою 4 мг. Відбір проводьте не більше ніж 30 хвилин. Після протягування повітря фільтр пінцетом вивільніть із тримача, складіть учетверо запиленою поверхнею всередину і помістіть у той же пакет, із якого він був узятий. У лабораторії фільтр витримайте протягом 40 – 60 хв при кімнатній температурі та доведіть до постійної ваги. Якщо відбір проводився при відносній вологості, близької до 100%, то фільтр помістіть у скляній чашці в ексикатор з плавленим хлористим кальцієм на 30 – 50 хв, а потім уже витримайте при кімнатній температурі 40 – 50 хв.

Концентрацію пилу C мг/м³ обчисліть за формулою

$$C = \frac{M}{V_0},$$

де M – маса пилу на фільтрі, дорівнює різниці мас забрудненого і чистого фільтра, мг;

V_0 – об'єм аспізованого повітря, приведений до нормальних умов, м³.

ТЕМА 4

ЯКІСНІ АНАЛІЗИ АЕРОЗОЛЮ

Визначення природи частинок аерозолю з повітря проводять різними методами, найбільш поширені й доступні з яких – мікроскопічне визначення зібраних частинок і деякі прості хімічні аналізи.

Мікроскопічне визначення частинок аерозолю

За допомогою біокулярного мікроскопа у відбитому або прохідному світлі можна отримати інформацію про склад і походження багатьох частинок у складі аерозолю. Проте обмежені можливості оптики таких мікроскопів дають змогу вивчати відносно крупні частинки аерозолю, як правило, поперечником не менше ніж 10 мкм. Аналізується фільтр із зібраними із цією метою зразками. В останньому випадкові чисту скляну пластинку розміром 5х5 см з одного боку намастіть тонким рівномірним шаром вазеліну, петролатуму чи іншої подібної липкої речовини та помістіть намащеним боком догори в банку для збирання аерозолю замість води. Після закінчення експозиції пластинку обережно вийміть, помістіть у чашку Петрі й досліджуйте.

Дослідження у відбитому світлі

Матеріали й обладнання: біокулярний мікроскоп і джерело освітлення; скляна пластинка розміром 5х5 см; вазелін.

Хід роботи

Намажте один бік чистої скляної пластинки тонким рівномірним шаром вазеліну. Обережно дістаньте з чашки Петрі фільтр із зібраним за допомогою насоса аерозолем і покладіть його на намазану вазеліном пластинку боком, що містить аерозоль, угору. Розправте пінцетом фільтр, щоб він рівномірно без складок прилип до пластинки. Не покривайте фільтр зверху іншою пластинкою, бо забруднення її пилом та іншими частинками заважатимуть аналізу. Для уникнення забруднення проби накрийте її кришкою чашки Петрі й вивчайте, не відкриваючи кришки.

Розрахуйте джерело освітлення збоку так, щоб промінь світла попав на фільтр під кутом близько 40°.

Перемічаючи пластинку з фільтром у полі зору мікроскопа, послідовно перегляньте всі її ділянки, використовуючи спочатку невелике збільшення (об'єктив), а потім – більше. Склад частинок аерозолю в багатьох випадках можна встановити візуально за її формою, кольором і структурою. Легко, наприклад, визначають металеві стружки, шматочки скла, дерева; волоконця шерсті й волосся мають характерну лускувату поверхню.

Дослідження в прохідному світлі

Додаткову інформацію про склад частинок аерозолю можна отримати, розглядаючи пробу аерозолю в прохідному світлі (коли промінь світла від освітлювача проходить знизу крізь пробу). Цим методом, зокрема, можна вивчати форму дрібних частинок аерозолю.

Матеріали й обладнання: мікроскоп з лампочкою або дзеркалом під його столиком; імерсійна рідина з коефіцієнтом заломлення 1,51; скляна пластинка розміром 5x5 см; чашка Петрі; пінцет.

Хід роботи

Унесіть у кришку чашки Петрі трохи імерсійної рідини. Покладіть фільтр з аерозолем (поверхнею, що містить частинки, догори) обережно пінцетом на рідину в кришці. Дайте імерсійній рідині всмоктатися в папір фільтра. Протягніть фільтр пінцетом через ребро кришки, щоб видалити з нього надлишок рідини. Після цього фільтр стає прозорим і не заважає досліджувати пробу в прохідному світлі. Помістіть фільтр на скляну пластинку й дослідіть його в прохідному світлі спочатку при невеликих збільшеннях, потім – при великих.

Хімічне визначення деяких неорганічних компонентів аерозолю

Розроблені дуже чутливі хімічні методи визначення деяких елементів, зокрема важких металів, які мають особливо негативний вплив на живі об'єкти. Ці методи ґрунтуються на появі характерного забарвлення, за яким можна розпізнавати той чи інший елемент. Для використання аналізів частинки аерозолю розчиняються кислотами. Розчини всмоктуються папером фільтра, на якому частинки були зібрані, а після реакції на цьому папері з'являється пляма певного забарвлення залежно від виду аналізу. Дуже важливо дотримуватися правила: всі реактиви для цих аналізів належить готувати з використанням лише дистильованої води. У водопровідній воді можуть бути сліди деяких металів, зокрема заліза, що призведе до неправильних висновків.

Переведення зразка аерозолю в розчинний стан

Матеріали й обладнання: товстий передфільтр із скляного волокна (наприклад, Мілліпор 47 мм); пластмасова чашка Петрі; пінцет із лакованими або вкритими тефлоном кінчиками (метал звичайного пінцета реагує з кислотами й забруднює зразки); соляна кислота; азотна кислота; сушильна шафа.

Хід роботи

Помістіть скляний передфільтр у пластмасову чашку Петрі. Дайте по 1,5 мл соляної та азотної кислот, щоб його наситити.

Для аналізу на Нікель використовуйте лише соляну кислоту!

Помістіть фільтр із зібраним аерозолем (боком із частками аерозолю вгору) на насичений кислотами передфільтр у чашці Петрі. Закрийте чашку кришкою й поставте її в сушильну шафу чи нагрівальну піч; витримайте там при температурі 60 С° 10 хв. Витягніть фільтр із чашки Петрі й покладіть його на скляну пластинку розміром 5x5 см. Висушіть фільтр у витяжній шафі.

Якщо аналіз проводиться з кількома елементами, розріжте фільтр на відповідну кількість сегментів, кожен з яких аналізуйте на той чи інший елемент.

Примітка. Ножиці чи лезо, якими розрізають фільтр, забруднюють крайні частини його сегментів, але це не впливає на результат аналізів, оскільки дослідження відбувається в центральних, незабруднених частинах сегментів.

Визначення свинцю

Матеріали й обладнання: тетрагідроксихіноновий реагент (готується безпосередньо перед аналізом). Кількість реагенту залежить від кількості планованих для аналізу проб. Для однієї реакції потрібно близько 0,5 мл реагенту, скляний передфільтр (Мілліпор 47 мм); чашка Нефі; пінцет з вкритими тефлоном кінчиками.

Приготування реагенту. Надлишок сухого реагенту всипте у відповідний об'єм ізопропілового спирту. Суміш перемішайте деякий час, потім її профільтруйте. Фільтрат розбавте таким самим об'ємом дистильованої води.

Хід роботи

Змочіть передфільтр у чашці Петрі реагентом. Помістіть сегмент фільтра з розчиненим зразком аерозолі на змочений реагентом передфільтр (верхнім боком фільтра догори). Якщо в складі аерозолі були частки свинцю, фільтр забарвлюється в червоний колір.

Визначення заліза

Матеріали й обладнання: насичений водний розчин фероціаніду калію (одна крапля).

Хід роботи

На фільтр, ще вологий після його обробки кислотою, капніть одну краплю розчину фероціаніду калію. Виразний синій колір свідчатиме про наявність заліза (утворюється сполука, що має назву «берлінська лазур»). Реакція дуже чутлива – синій колір з'являється при вмісті заліза, починаючи від 10^8 г/л.

Розглянемо ще один спосіб визначення заліза; розчинником повинна бути лише *соляна кислота*, реагентом слугує 1 %-ний розчин тіаціанату калію. За наявності солей тривалентного заліза фільтр забарвлюється в червоний колір.

Визначення нікелю

Перед проведенням аналізу фільтр з аерозолем обробіть лише соляною кислотою, оскільки нітрити перешкоджають аналізу.

Матеріали й обладнання: 1 крапля водного розчину тартрату натрію; 1 крапля водного розчину карбонату натрію; 1 крапля 1%-ого розчину деметилгліоксиду в етиловому спирті; 1 крапля 6-М розчину гідроксиду амонію.

Хід роботи

Капніть на висушений фільтр з розчиненим соляною кислотою аерозолем послідовно 1 краплю натрію тартрату, потім натрію карбонату. Далі послідовно капніть по одній краплі диметилгліоксиду і гідроксиду

амонію. Поява червоного кольору свідчатиме про наявність нікелю. Це забарвлення нестійке й зникає через 10 – 15 хв.

Визначення міді

Матеріали й обладнання: 1 крапля 1 %-ого розчину рубеоанової кислоти (дитіоксамиду) в етиловому спирті; 1 крапля 20 %-ого водного розчину малонової (дикарбоксилової) кислоти; 1 крапля 10 %-ого водного розчину етиленедіаміну.

Хід роботи

Якщо відома або передбачається наявність нікелю чи заліза, капніть послідовно на фільтр з розчиненим аерозолем по 1 краплі розчинів малонової кислоти й етиленедіаміну. Капніть 1 краплю рубеоанової кислоти. Якщо в пробі є мідь, з'явиться темний оливково-зелений колір.

Ця реакція дуже чутлива. Оскільки навіть у дистильованій воді можуть міститися сліди міді, то періодично проводиться глухий дослід на мідь (особливо тоді, коли результати аналізів аерозолів постійно вказують на наявність міді).

ТЕМА 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕДАФОТОПУ УРБООКОСИСТЕМ

Едафотопи урбоекосистем характеризуються підвищеним умістом важких металів. На територіях зосередження великих промислових підприємств утворюються техногенні біогеохімічні провінції з аномально високим умістом важких металів та мікроелементів. У зонах забруднення вміст важких металів може сягати тисячі міліграмів на 1 кг ґрунту. Це перевищує нормальний фоновий вміст у сотні – тисячі разів. Розподіл важких металів уздовж шляхів залежить від інтенсивності автотранспорту, напрямку вітру тощо. Максимальне забруднення спостерігається в поверхневому шарі ґрунтів (0 – 5 см) та на глибині 20 – 25 см на відстані 7–10 м від дороги.

Як свідчать результати досліджень, найпомітніше в міських ґрунтах акумулюються цинк, олово, мідь, менше – хром.

При проведенні досліджень міських едафотопів необхідно керуватися такими методологічними положеннями та міркуваннями:

ґрунт – основне джерело більшості хімічних елементів для рослин, а через них – для людини й тварин.

Ґрунт – сильна перепона на шляху промислових викидів і водночас головний акумулятор техногенних мас важких металів (ВМ).

Ураховуючи два перших положення, ґрунт може розглядатися як головний індикатор рівня хімічних елементів у навколишньому середовищі.

Переважає більшість українських та іноземних дослідників при вивченні забруднення ґрунтів важкими металами орієнтується на ГДК для валових форм цих елементів. Проте, як засвідчують останні відомості, для

практичних досліджень більш значима орієнтація лише на ГДК рухомих форм.

Саме у рухомій формі ВМ зумовлюють їх негативну дію відносно до біоти та людини, що і є предметом нормування. ВМ у ґрунті можуть перебувати в різних за ступенем рухомості формах: у вигляді комплексних сполук з органічними та неорганічними лігандами, у складі первинних і вторинних мінералів, адсорбованими на ґрунтових колоїдах, у складі солей різного рівня розчинності, в ґрунтовому розчині у вигляді іонів тощо. За ступенем рухомості всі сполуки металів у ґрунті умовно можна поділити на нерухомі, потенційно рухомі та рухомі форми.

Для одержання рухомих форм металів застосовують водну витяжку ґрунту.

Для вилучення потенційно рухомих форм важких металів із ґрунту в переважній більшості випадків користуються екстрагенами — мінеральними кислотами різної нормальності, ацетатно-амонійним буфером та ін. Доведено, що між умістом рухомих форм важких металів, що вилучаються ацетатно-амонійним буфером (рН=4,8), і показниками біологічної активності ґрунту спостерігається тісний корелятивний зв'язок: коливається від -0,78 до -0,98. Тому при оцінюванні вмісту потенційно рухомих форм металів потрібно надавати перевагу саме цьому екстрагену. Для визначення валового вмісту важких металів у ґрунті проводять попереднє його озолення мокрим спалюванням.

Для кожного з досліджуваних важких металів необхідно визначити перевищення його гранично допустимих концентрацій (ГДК). Нижче наводяться ГДК для валових та потенційно рухомих форм важких металів, прийняті на сьогодні для України ГДК для рухомих форм, на жаль, не встановлені.

Гранично допустимі концентрації важких металів у ґрунтах

Елемент	ГДК валового вмісту, мг/кг	ГДК рухомих форм, мг/кг
Цинк	100	23
Манган	1500	50
Мідь	55	3
Нікель	85	4
Кадмій	1	0,7
Свинець	20	2

Крім перевищення їх гранично допустимих концентрацій (ГДК), для кожного з досліджуваних важких металів необхідно визначити також коефіцієнти концентрацій. За коефіцієнтами їх концентрацій K_c визначають аномальний вміст рухомих форм окремих елементів у поверхневому шарі ґрунтів. Коефіцієнти концентрацій окремих металів визначаються за Саєтом як відношення вмісту елемента в досліджуваній точці С до його фонового вмісту: $K_c = C/C_f$.

Фоновий вміст металів необхідно визначити в одній з еталонних зон міста (за наявності заповідного об'єкта – на його території, за відсутності останнього – у місцях найменшого антропогенного навантаження).

Рівень забруднення поверхневого шару ґрунтів оцінюється за шкалою Саєта.

Шкала рівнів забруднення поверхневого шару ґрунтів важкими металами

Значення сумарного показника забруднення (Z_c)	Рівень забруднення
<16	слабкий
16-32	середній
33-128	високий
>128	дуже високий (небезпечний)

ТЕМА 6

АНАЛІЗ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УРБООКОСИСТЕМ

Мешканці переважної більшості урбоекосистем України споживають як водопровідну, так і криничну воду. Тому екологічний аналіз повинен охоплювати водні об'єкти обох типів. Гігієнічні вимоги для криничної води викладено в нормативних документах. Відповідними документами керуються у своїй діяльності санепідемстанції всіх обласних центрів України.

У цьому розділі подано методики визначення у питній воді лише важких металів та алюмінію.

У таблиці наведено дані щодо ГДК важких металів та алюмінію у водопровідній та криничній воді.

Гранично допустимі концентрації важких металів

Елемент	ГДК у водопровідній воді, мг/л	ГДК у криничній воді, мг/л
Цинк	5	5
Манган	0,1	0,1
Мідь	0,1	1
Залізо	0,3	0,3
Кадмій	0,0001	0,001
Свинець	0,03	0,1
Алюміній	0,5	0,5

Забруднення водопровідної та криничної води міста важкими металами визначають, порівнюючи з ГДК, для відповідних видів іюди, а також з фоновими значеннями.

При визначенні рівня перевищень фонового вмісту важких металів у воді необхідно спочатку розрахувати коефіцієнти концентрацій по кожному з них, за Саєтом, як відношення вмісту елемента в досліджуваній точці до його фонового вмісту:

$$K_c = C/C_{\text{ф}}$$

Фоновий вміст важких металів для криничної води необхідно визначити в одній з еталонних (екологічно чистих) зон міста, а фоновий вміст у водопровідній воді – на виході з очисної станції.

Рівень забруднення визначають за таблицею.

Визначення рівня забруднення питної води важкими металами

Значення сумарного показника забруднення (Z_c)	Рівень забруднення
<10	слабкий
10-30	середній
31-100	високий
>100	дуже високий

ТЕМА 7

ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА НАЯВНІСТЮ, БАГАТСТВОМ І РІЗНОМАНІТТЯМ ВИДІВ ЛИШАЙНИКІВ (ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ)

Дуже інформативними біоіндикаторами стану повітряного середовища і його зміни є нижчі рослини: мохи та лишайники, які накопичують у своїй слані (талом) більшість забрудників (сірка, фтор, радіоактивні речовини, важкі метали). Лишайники поселяються на голих скелях, бідному ґрунті, стовбурах дерев, мертвій деревині, але для свого нормального функціонування вони потребують чистого повітря. Особливо вони чутливі до сірчистого газу. Маленьке забруднення атмосфери не впливає на більшість рослин, викликає масову загибель чутливих видів лишайників.

Науковий напрям біомоніторингу (тобто стеження) за станом повітряного середовища за допомогою лишайників називається **ліхеноіндикацією**. Лишайники – це симбіоз водоростей і гриба. Вони чутливі до забруднення середовища через те, що:

1) у лишайників відсутня непроникна кутикула, завдяки чому обмін газів проходить вільно через всю поверхню;

2) більшість токсичних газів концентрується в дощовій воді, а лишайники втягують воду всією сланню, на відміну від квіткових рослин, які поглинають воду переважно коренями;

3) більшість рослин у наших широтах активні тільки влітку, коли рівень забруднення сірчистим газом набагато нижчий, тоді як лишайники володіють здатністю до росту і при температурах, нижчих від 0°C.

На відміну від квіткових рослин лишайники здатні позбавитися від уражених токсичним речовинами частин кожного року. В містах із забрудненою атмосферою вони ростуть рідко, головний ворог лишайників у містах – сірчистий газ. Установлено, що чим вищий рівень забруднення

природного середовища сірчистим газом, тим більше сірки накопичується в лишайниках, причому жива слань акумулює сірку із середовища інтенсивніше, ніж мертва. Особливо зручні лишайники як індикатори невеликого забруднення навколишнього середовища. Найбільш чутливим симбіонтом лишайників є водорості.

У світі нараховують близько 26 тисяч видів лишайників. Їх розрізняють за зонами проростання (тундра, лісова зона і т.д.), видами субстрату (камені, скали, стовбури й гілки дерев, ґрунт). У лишайників, що ростуть на деревах, видовий склад розрізняється залежно від рН кори. Лишайники зникають, першою чергою, з дерев, що мають кислу кору (береза, хвойні), потім з нейтральних (дуб, клен) та найпізніше – з дерев, що мають слабколужну кору (в'яз дрібнолистий, акація жовта). У лишайникових типах лісу домінують куцисті лишайники (кладонія, цетрарія).

Серед життєвих форм лишайників розрізняють:

- 1) *накипні* (слань має вигляд шкірочок) – наприклад, *бацидіум фісція*;
- 2) *листоваті* (слань має вигляд пластинок) – наприклад, *пармелія*, *стєпова золотянка*, *гіпогімнія*;
- 3) *куцисті* (слань має вигляд куциків або звисаючих «борід», іноді до 1–2 м довжиною) – наприклад *бріорія*, *клафонія*, *цетрарія*.

Практикується і більш детальний поділ життєвих форм лишайників;

Накипні – порошкоподібні слабкоструктуровані; **коркові** – коркоподібні, щільно прилягають до субстрату; **лускаті** – коркоподібні, краї талому припідняті; **пластинчасті** – коркоподібні, краї бороздчаті й утворюють лопасті.

Найбільш чутливі до забруднення повітряного середовища куцисті та листові лишайники (зникають повністю), найменш – накипні.

Лишайники (особливо бріорія, пармелія) є їжею для низки тварин (косуль, оленів), а кладонія – основна їжа північного оленя. Руйнування і зникнення лишайникового покриву у зв'язку із забрудненням території (наприклад, під впливом промисловості та транспорту) руйнує основні харчові ланцюги й призводить до зникання низки тварин, особливо оленів.

Хід роботи

Біоіндикація території за допомогою лишайників може бути організована по-різному і залежить від мети: можна розмістити трансекту довжиною 2 – 3 км перпендикулярно насиченій автотранспортом позаміській дорозі, яка примикає до лісового масиву з невеликої різноманітності деревних порід (наприклад, сосна з домішками берези або дубове насадження з домішками клену); можна розмістити трансекту залежно від віддалі до центру міста (центральні вулиці, на деякій віддалі від центру, окраїна, приміські території). Така трансекта може тягнутися на 20 – 50 км і переходити в зелену зону міста. В цій трансекті повинні вивчатися лише види деревних рослин.

Першу трансекту розбийте на ряд ділянок: біля дороги; на віддалі 100 м; на віддалі 300 м; на віддалі 500 м; на віддалі 1000 м; на віддалі 2000 – 3000 м від дороги.

На кожній ділянці закладіть пробні площадки розміром 20х20 м, 50х50 м, 100х100 м (залежно від розрідження насаджень).

На кожному пробному майданчику врахуйте такі параметри: загальну кількість видів лишайників, ступінь покриття сланню лишайників кожного дерева, частоту (зустріваність) кожного виду; багатство кожного виду.

Для порівняльної оцінки можна використати градації, наведені в таблиці.

Градація частоти (зустріваності) та ступеню покриття дерев сланню лишайників

Оцінка	Частота зустріваності	Ступінь покриття
1	дуже рідка	дуже низька
2	рідка	низька
3	невелика	середня
4	велика	велика
5	дуже висока	дуже велика (зустрічається на більшості дерев)

**Вплив забруднення середовища на зустріваність лишайників
(складена за роботами багатьох авторів)**

Зона забруднення	Оцінка зустріваності лишайників	Забруднення повітря сірчистим газом, мг/м ³	Оцінка забруднення
1	Лишайники на деревах та каменях відсутні	більше ніж 0,3–0,5	сильне забруднення
2	Лишайники також відсутні на стовбурах дерев та каменях. На північному боці дерев у затінених місцях зустрічається зеленуватий наліт водорості плеврококус	близько 0,3	досить сильне
3	Поява на стовбурах і біля основи дерев сіро-зеленуватих твердих накипних лишайників леканори, фісції	від 0,05 до 0,2	середнє
4	Розвиток накипних лишайників – леканори та ін., водорості плеврококуса, поява листових лишайників	не перевищує 0,05	невелике
5	Поява кущистих лишайників	малий вміст	повітря дуже чисте

ТЕМА 8

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ РОСЛИН ДЛЯ БІОІНДИКАЦІЇ ДОВКІЛЛЯ

Відомості відносно використання вмісту хлорофілу та інших пігментів як біоіндикаційних ознак у літературі суперечливі. Чимало вчених вважають цю ознаку недостатньо інформативною та специфічною, хоча першою стадією видимих хлорозів листків якраз і є руйнування хлорофілу під впливом несприятливих факторів. Однак інші вчені показали, що у чутливих до забруднення видів (липи й клена) спостерігається пониження вмісту хлорофілу ще до появи видимих змін і це може слугувати досить надійною неспецифічною біоіндикаційною ознакою.

Неспецифічність цього індикатора в тому, що нестача в ґрунті азоту, заліза та інших елементів, впливає на колір листя в результаті руйнування хлорофілу в них, і цей прояв дуже часто використовують для оцінки низької родючості ґрунту. Це треба враховувати й використовувати цей показник при біоіндикації в поєднанні з іншими ознаками.

Для оцінювання ступеня забруднення наземних екосистем або їх складових листя потрібно брати із середньої частини крони в першій половині вегетації, з огляду на умови проростання (освітленість, мінеральне харчування, обводненість та ін.). Як біоіндикатори у міській сфері рекомендують використовувати такі газочутливі види: липу дрібнолисту, клен платанолистий, каштан кінський, ялину звичайну, сосну звичайну.

Метод оснований на добуванні хлорофілу з листя розчинниками (спирт, ацетон) і визначенні його кількості на фотоелектроколориметрі або спектрофотометрі.

Матеріали й обладнання: торзійні ваги; фотоелектроколориметр – ФЕК; насос Камовського або електричний; колба Бунзена з пробкою та скляним фільтром №2, №3; ступки малі з маточками; скляні палички; ножиці; потовчене та просіяне скло; мірні колби на 100 та 50 мл; калька, вазелін; фільтрувальний папір, мідний купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; біхромат калію $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 7%-ий розчин аміаку; листя рослин-індикаторів, зібране в «забруднених» та «чистих» зонах.

Для роботи можна використовувати і кімнатні рослини, вирощувані спеціально в посудинах на гумусному ґрунті з поливом водою та на малородючому ґрунті з поливом розчином солі якого-небудь важкого металу.

Хід роботи

Визначення хлорофілу в листках можна проводити як на свіжому, так і на фіксованому матеріалі. Фіксацію здійснюють текучою парою (5 хв) чи сухим жаром (при 105°C протягом 5 – 10 хв).

Т.Н. Годнєв (1963) запропонував такий спосіб фіксації для збереження хлорофілу: листи наріжте дрібними кусочками, заверніть у марлю та

занурте у киплячий насичений розчин попареної солі на 1 – 2 хвилини. За цей час матеріал обезводнюється і ферменти вбиваються. Потім матеріал промийте проточною водою, струсіть для вилучення вологи. Висушіть не менше від 2-х діб чи в термостаті при температурі 40°C. Н.А. Шлик (1971) уважав, що найкращі результати дає взаємодія фіксації матеріалу гарячим паром (2 хв) з проведенням якомога швидшої екстракції на холоді.

При роботі з сухим матеріалом візьміть наважку 0,5 – 1 г, зі свіжим – 1–2 г. Попередньо визначте вологість листя. Наважку рослинного матеріалу ретельно подрібніть у порцеляновій ступці, додаючи крейду чи вуглекислий магній. Отримання хлорофілу із сухого матеріалу можна проводити 90%-им спиртом або 80 – 85%-им ацетоном.

До розтертого рослинного матеріалу додайте трохи розчинника і матеріал продовжуйте розтирати разом із розчинником.

У колбі Бунзена в отвір корка прикріпіть скляний фільтр №2 чи №3 (діаметр фільтра повинен відповідати кількості досліджуваного матеріалу). Колбу з'єднайте з насосом і проведіть відсмоктування рідини. Рідину із ступки злийте по скляній паличці у лійку-фільтр, попередньо змастивши вазеліном зовні носик ступки. В ступку перелийте 4 – 5 мл розчинника і знову розітріть протягом хвилини, потім знову злийте у лійку. Цю маніпуляцію повторіть 2 – 3 рази, потім перенесіть на фільтр всю розтерту масу, ущільніть її паличкою та відсмокчіть. Ступку обполосніть декілька разів розчинником, виливаючи його на ущільнений матеріал у лійку, де йому дайте постояти 2 – 3 хвилини, після чого відсмокчіть. Обполіскування проводьте до тих пір, доки стікаючий розчин не стане безбарвним. Потім екстракт перенесіть у мірну колбу на 50 мл, сполосніть декілька раз Бунзенівську колбу і вилийте у мірну. Витяжку доведіть до риски розчинником.

Колорометрування розчину проведіть на фотоелектроколориметрі з червоним світлофільтром. Якщо речовина забарвлена в інтенсивно зелений колір, її необхідно розбавити, оскільки при великих концентраціях величини на ФЕКу можуть виходити за межі розрізняючої здатності приладу.

Для перерахунку хлорофілу на стандартні величини використовуйте розчин Гетрі.

Вимірювання на ФЕКу проведіть декілька раз, потім вирахуйте середнє. За отриманими даними визначте концентрацію хлорофілу в дослідних зразках по калібрувальній кривій. Потім вирахуйте кількість хлорофілу в мг/г листка (за сирою чи сухою масою), одержані результати занесіть у таблиці. У насадженнях сосни вона коливається від 0,08 до 0,14 мг/г. Можна також виразити кількість хлорофілу у відсотках (0,3 – 1,3% абсолютної сухої маси листа).

ТЕМА 9

БІОМОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЗА РЕАКЦІЄЮ ПІЛКУ РІЗНИХ РОСЛИН-ІНДИКАТОРІВ

Відомо, що найбільш чутливими процесами, на які впливають несприятливі та стресові умови (в тому числі й забруднення середовища), є репродуктивна діяльність і тривалість життя рослин. При дії несприятливих факторів можуть спостерігатися зсуви як у чоловічій (пиллох), так і в жіночій (зародковий мішок) сферах. У першому випадкові, це виражається у збільшенні стерильності пилкових зерен, що призводить до пониженого проростання й зменшення росту пилкової трубки, в результаті чого вона не досягає зародкового мішка і не відбувається запліднення. В другому випадку гине сам зародковий мішок на перших етапах поділу після запліднення. Відомо, що клітини, які діляться, володіють високою чутливістю до несприятливих впливів. При сильних антропогенних впливах (забруднення повітря у клітинах зародкового мішка підвищується число мутацій та хромосомних аберацій).

Роботи, проведені різними авторами з різними рослинами (тютюн, мишачий горошок, підбіл, подорожник, кукурудза, сосна звичайна і смолиста, модрина біла й сибірська та ін.), показали, що в зоні впливу заводів, автомобільних доріг збільшується кількість стерильних рослин.

Для аналізу готують тимчасові давлені препарати пилкових зерен; останні обробляють ацетокарміном за Джесеном (1965). Ацетокармін широко застосовують для фарбування хромосом. Можна використовувати як пророслий, так і непророслий пиллох (життєздатні пилкові зерна – червоні). Цей барвник у життєздатних пилкових зерен забарвлює зернисту цитоплазму та спермії у густий карміново-червоний колір, тоді як стерильні пилкові зерна майже не забарвлюються карміном або забарвлюються нерівномірно. Зазначені відмінності між життєздатними та стерильними пилковими зернами неважко встановити, якщо пиллох має тонку екзину. В деяких культурах, наприклад у гречки, пилкові зерна мають товсту екзину, через яку важко побачити спермії за допомогою ацетокарм і нового забарвлення. Тому більш зручним та універсальним виявився йодний метод.

В основі цього методу лежить визначення крохмалю за допомогою йодної реакції (реакція з йодом у йодистому калії), наявність якого показує його життєздатність (синє забарвлення) (З.П. Паушева, 1968). Життєздатні та нежиттєздатні пилкові зерна відрізняються за вмістом крохмалю. Життєздатне пилкове зерно повністю заповнене крохмалем або містить лише сліди. В низці випадків забарвлення може бути від темно-пурпурового до чорного. Крохмаль, що тільки утворився, буде мати забарвлення від червоного до світло-бурого кольору.

Методика визначення проростання пилку і росту пилкових трубок пропонується згідно з У.Х. Смітом (1985). При збиранні пилку необхідно

враховувати, що у деревних видів викид пилку відбувається відносно швидко: від декількох годин до декількох діб. Зібраний пилок може зберігатися в холодильнику досить довго (в окремих видах, хвойних – до року і більше).

Зерно пилку, що потрапило на приймочку чи овулярний конус, повинно прорости й утворити трубку довжиною в декілька міліметрів, щоб досягти зародкового мішка. Численні домішки в повітрі придушують розвиток пилку і ріст пилкової трубки. При цьому деякими авторами встановлена синергічна дія двооксиду сірки та азоту, озону та альдегідів на зниження росту трубки (для тютюну, що ріс біля дороги, ріст знизився на 89 – 98%).

Матеріали й обладнання: мікроскоп, предметні та покривні скельця, препаративні голки, чашки Петрі, термостат, ацетокармін, 45% оцтова кислота, розчин йоду в йодистому калії, агар, 15% розчин сахарози, пилок різних рослин.

Хід роботи

Зібрані квіти в марлевих вузликах зберігайте в холодильнику в маленькій скляній тарі, в 40° спирті до аналізу. Візьміть декілька квітів з одного вузлика. Струсіть пилок з квітів на предметне скельце шляхом різких дотиків квітки до предметного скла. На пилок капніть краплю йодного розчину, видаліть зайві тканини, накрийте покривним скельцем.

Роздивіться пилок при збільшенні мікроскопа 10x40. Нежиттєздатні пилкові зерна в йодному розчині будуть незабарвленими, або буруватими. Синє забарвлення з йодом у йодистому калії свідчать про наявність крохмалю в пилку, а отже, про його життєздатність. Спочатку в полі зору мікроскопа підрахуйте кількість зерен, забарвлених у темно-фіолетовий колір, а потім — безбарвних або слабкозабарвлених. Підрахунок проведіть у декількох (хоча б у 3-ох) полях зору. Підрахуйте відсоток темно-фіолетових (життєздатних) пилкових зерен від загальної кількості обстежених зерен.

Розчин йоду в йодистому калії приготуйте таким чином: у 100 мл дистильованої води розчиніть 2 г йодистого калію, після чого в цьому розчині розчиніть 0,2 г кристалічного йоду.

Визначення проростання пилку і подовження пилкових трубок

Пилок рослин, що рано цвітуть, зберіть та висійте на агар у стерильні чашки Петрі. Проростіть пилок у термостаті при температурі 25 – 26°C декілька діб, потім подивіться під мікроскопом. Підрахуйте кількість пророслих пилкових зерен. Визначте довжину пилкових трубок у різних варіантах досліду. Підрахуйте відсоток інгібування (проростання пилку і подовження пилкових трубок) порівняно з контролем, прийнятим за 100%.

Пилок можна також пророщувати на 15% розчині сахарози, яким змочують 2 фільтри. Пилок хвойних може прорости дуже швидко (1 доба).

2% *агар* приготуйте таким чином: у 100 мл дистильованої води внесіть 2 г агару, нагрійте на киплячій водяній бані до повного розчинення. Гарячий розчин швидко розлийте по 20 – 30 мл у простерилізовані чашки Петрі, дайте застигнути.

ТЕМА № 10

ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА КОМПЛЕКСОМ ОЗНАК (ХВОЇ, ПАГОНІВ, БРУНЬОК) У ХВОЙНИХ ДЕРЕВ

Відомо, що на забруднення середовища найбільш сильно реагують хвойні деревні рослини. Характерними ознаками неблагополуччя навколишнього середовища та особливо газового складу атмосфери слугує поява різного роду хлорозів і некрозів, зменшення розмірів низки органів (довжини хвої, пагони поточного року й минулих років, їх товщини, розміру шишок, скорочення величини і числа закладених бруньок), зменшення галуження. Через менший ріст пагонів та хвої в довжину в забрудненій зоні спостерігається зближення відстані між хвоїнками (їх більше на 10 см пагона, ніж у чистій зоні). Спостерігається потовщення самої хвої, зменшується тривалість її життя (1 – 3 роки в забрудненій зоні та 6 – 7 років – в чистій). Вплив забруднення спричиняє також стерильність насіння (зменшення його схожості). Всі ці ознаки не специфічні, але в сукупності дають доволі об'єктивну картину.

Хвойні зручні тим, що можуть слугувати біоіндикаторами цілий рік. У лісознавстві давно розроблена оцінка стану навколишнього середовища за комплексом ознак у хвойних, при якій використовуються не тільки морфологічні ознаки, які досить мінливі, але і низка біохімічних змін.

Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на великих територіях. Хвойні – основні індикатори, які застосовувались для оцінювання стану лісів Європи. Їх використання також досить інформативне на малих територіях (наприклад, вплив автодороги на прилеглу зону, якщо вона примикає до хвойного лісу; стан навколишнього середовища в міських екосистемах різного рангу і характеру).

Матеріали й обладнання: ваги технічні; різнонажки; лінійки; вимірювальні та прості лупи зі збільшенням в 4 – 10 разів; міліметровий папір; термостат; гілки одного виду хвойних, які проростають у міських посадках або в зоні впливу металургійних підприємств, ТЕС й ін.; гілки взяті у відносно чистій зоні позаміських територій.

Хід роботи

За завданням викладача, за тиждень до занять зріжте гілки умовно одновікових хвойних дерев, найбільш поширених у цій місцевості (наприклад, для міських умов – ялина звичайна і ялина голуба колюча). Гілки зрізають на висоті 2 м з певної частини крони, повернутої до зон із забрудненим повітрям (поблизу автодоріг, підприємств, особливо з

викидами у повітря сірчистого газу, на який хвойні сильно реагують). Контролем слугують гілки з умовно одновікових дерев, зібраних у чистій зоні заповідника, зеленій зоні міста або в посадках лісових культур.

Вивчення хвої

Хвою розгляньте за допомогою лупи, замалюйте виявлені *хлорози*, *некрози* кінчиків хвоїнок і всієї поверхні, їх відсоток та характер (точки, крапчастість, плямистість, мозаїчність). Найчастіше пошкоджуються дуже чутливі молоді голки. Колір пошкодження може бути дуже різним: червонувато-бурым, жовто-коричневим, буровато-сірим, і ці відтінки є інформативними якісними ознаками.

Виміряйте *довжину хвої* на пагоні минулого року, а також її ширину (в середині хвоїнки) за допомогою вимірювальної лупи. Використовуйте міліметровий папір, установіть ціну поділки лупи. Повторність 10 – 20-кратна, оскільки біометричні ознаки доволі мінливі.



Установіть *тривалість життя* хвої шляхом огляду пагонів з хвоєю по мутовках.

Обчисліть *масу* 1000 штук абсолютно сухих хвоїнок. Для цього відрахуйте 2 рази по 500 штук хвоїнок, їх висушіть у термостаті до абсолютно-сухого стану і зважте.

Зближення хвоїнок. У результаті погіршення росту пагона в забрудненій зоні пучки хвоїнок більш зближені та на 10 см пагона їх більше, ніж у чистій зоні. Якщо пагін менше ніж 10 см, підрахунок проведіть по існуючій довжині й переведіть на 10 см. У всіх випадках вимірювань виведіть середнє. Дані занесіть у таблицю.

Схема запису результатів вимірювань ХВОЇ

Місце від-бору зразка	Довжина, мм	Ширина, мм	Тривалість життя, років	Число хвоїнок на 10 см пагона, шт.	Вага 1000 шт, г	Некрози	
						%	характер

Дослідження пагонів. Виміряйте довжину приросту кожного року, починаючи від останнього, рухаючись послідовно по міжвузлах від року до року.

Установіть товщину осевого пагона (на прикладі дворічного). У місцях мутовок підрахуйте розгалуження, виведіть середнє.

На пагонах установіть наявність некрозів (точкове чи іншої форми відмирання кори).

Дослідження бруньок

Підрахуйте число сформованих бруньок, вирахуйте середнє.

Виміряйте довжину і товщину бруньок вимірювальною лупою. Дані, одержані в результаті досліджень пагонів та бруньок, занесіть до таблиці.

Схема запису результатів вимірювань пагонів та бруньок

Місце збору	Пагони			Бруньки		
	довжина осьових пагонів	товщина осьових пагонів	розгалу- ження, шт.	число, шт.	довжина, мм	товщина, мм

Примітка. Для побудови карти стану середовища на певній території за реакцією хвойних усі біометричні показники виражайте в балах (найвищий бал у чистій зоні – 5) і нанесіть на карту, а потім контурними лініями виділіть зони ступеня забруднення.

ІІІ. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ТЕМА 1

ЕКОЛОГІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Екологічний моніторинг довкілля в межах території країни, великих регіонів (Донбас, Крим, Поділля, Карпати тощо), окремих областей, районів, великих міст повинен здійснюватися з додержанням вимог до відповідних масштабів проведення робіт і картографування їх результатів.

Узагалі базовими масштабами проведення екологічних досліджень (за аналогією з геологічним вивченням територій) слід уважати:

- на державному рівні – масштаби 1:1000 000 і 1:500 000;
- на регіональному рівні – масштаби 1:500 000 і 1:200 000;
- на обласному рівні – масштаби 1:200 000 і 1:100 000;
- на районному рівні – масштаби 1:50 000 і 1:25 000;
- на рівні полігону – масштаби 1:10 000 і 1:5000;
- на рівні об'єкта – масштаби 1:2000 і 1:500.

Компонентами НПС є атмосфера, земельні, водні та рослинні ресурси, тваринний світ і населення, кліматичні умови й об'єкти життєдіяльності, які утворюють відповідні предметні ділянки інформаційної моделі довкілля.

Кожний компонент навколишнього природного середовища повинен мати інформаційну характеристику як у просторі, так і в часі, починаючи з визначення природно-історичних тенденцій їх змін, наприклад, за допомогою аналізу поетапних палеогеографічних карт, що відображають, у якому темпі та напрямі йде еволюція природного середовища під впливом природної мінливості, й від антропогенного впливу.

Умовно можна виділити три категорії територій залежно від антропогенного впливу на них:

а) величина техногенного навантаження на навколишнє природне середовище перевищує допустимі рівні;

б) величина техногенного навантаження на навколишнє природне середовище зростає до критичних значень, але не перевищує деградаційного рівня;

в) величина техногенного навантаження на навколишнє природне середовище змінюється в допустимих межах.

Література [3, 4, 5, 8, 9].

Контрольні питання

1. Назвіть базові масштаби проведення екологічних досліджень.
2. Виділіть три категорії територій залежно від антропогенного впливу на них.
3. Яке завдання створення раціональної мережі спостережень для моніторингу НПС?
4. Назвіть основні принципи картографування.
5. Наведіть рівні екологічного моніторингу.

ТЕМА 2

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОЛІГОНІВ

Екологічне районування довкілля здійснюється на основі попереднього вивчення природно-техногенних умов спостережної території за допомогою існуючих аналітичних і картографічних матеріалів та проведення польових рекогносцирувальних робіт.

У загальному випадкові попередній вибір полігонів для екологічних досліджень і екологічного моніторингу довкілля здійснюється з використанням таких карт: карти ландшафтно-геоморфологічного районування, карти землекористування, карти розміщення техногенних об'єктів, монокомпонентних та синтетичних карт забруднення важкими металами, гідрогеологічних (гідрофізичних) карт зони аерації, гідрогеохімічних карт, карт розподілення радіонуклідів (цезію, стронцію, плутонію тощо) в ґрунті, донних відкладеннях і рослинності.

До складу рекогносцирувальних робіт можуть бути включені:

- інспекція основних (провідних) техногенних об'єктів і попереднє встановлення меж їх суттєвого впливу на природне середовище (періорієнтації за переважними напрямками вітру, поверхневого стоку вод у межах водозаборів, гірничих робіт та под.);
- відбір проб ґрунтів, біоти, поверхневих та підземних вод, донних відкладень для визначення аномальних і фонових рівнів забруднення природних середовищ.

Регулярна мережа забезпечує зіставлення й агрегацію результатів різномасштабних комплексів спостережень і досліджень, сувору просторову (топографічну) прив'язку об'єктів та даних спостережень, їх картографічне відображення й інтерпретацію результатів досліджень, а також полегшує комп'ютерне оброблення даних для побудови різних картографічних матеріалів і моделювання екологічних ситуацій, виконання балансових та прогнозних оцінок тощо, однак не завжди вдається проведення спостережень щодо регулярної мережі. Отримані дані від будь-як розташованих об'єктів спостережень повинні бути прив'язані до опорних точок регулярної мережі потрібного масштабу за допомогою існуючих математичних методів.

Література [3, 10, 11, 12].

Контрольні питання

1. На основі чого здійснюється екологічне районування довкілля?
2. Які види карт використовують при попередньому виборі полігонів для екологічних досліджень і екологічного моніторингу?
3. Як здійснюється просторове розташування полігонів і окремих об'єктів спостережень на полігонах?
4. Наведіть склад рекогносцирувальних робіт при визначенні екологічних полігонів.

ТЕМА 3

ВИДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ВИБОРІ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОЛІГОНІВ

При проектуванні мережі об'єктів спостережень будь-якого масштабу треба враховувати, що елементарний інформаційний елемент карти (площею в 1 см² планшета відповідного масштабу) може мати точкове, лінійне або площадне визначення чи бути результатом усереднення (генералізації) даних, що здійснюється за допомогою різних видів дослідження стану об'єктів довкілля.

Оцінки міграційних здібностей забруднюючих речовин відбиваються через коефіцієнти поглинання (накопичення) ЗР у природному середовищі чи біооб'єкті й коефіцієнти переходів між середовищами або середовищем і біооб'єктом.

Як визначальні можуть бути використані два коефіцієнти:

- коефіцієнт біологічного накопичення;
- коефіцієнт біологічного переходу (поглинання).

Гідрохімічне вивчення підземних вод здійснюється пробовідбором із природних джерел, криниць і гідрогеологічних свердловин.

Біогеохімічні дослідження проводять шляхом вивчення речовинного складу рослинності, насамперед її мікрокомпонентного складу.

Біогеохімічному дослідженню підлягають молоді рослини чи паростки 3 – 5-річного віку, бажано одного виду, характерного і розповсюдженого в межах полігону.

Досліджується також трав'яна рослинність, лишайники, мохи, опале листя після розтавання снігу. В зоні широких сільгоспугідь випробуванню підлягають рослини і продукція сільгоспвиробництва.

Грунтово-газові дослідження використовуються для вивчення активних зон тектонічних порушень та вивчення техногенних забруднень вуглеводами підземних вод чи порід.

Гідрогеологічні дослідження спрямовані на вивчення гідрохімічних, гідродинамічних і гідрофізичних особливостей стану підземних вод за допомогою природних джерел, криниць та гідрогеологічних свердловин.

Література [3, 4, 6].

Контрольні питання

1. Назвіть основні види досліджень стану об'єктів навколишнього середовища.
2. Як проводиться оцінювання міграційних здібностей забруднюючих речовин?
3. Схарактеризуйте гідрохімічні та біогеохімічні види досліджень.
4. Схарактеризуйте ґрунтово-газові та гідрогеологічні дослідження.
5. Обґрунтуйте мережу спостережень при проектуванні екологічних досліджень.

ТЕМА 4

НОРМАТИВНІ ПАРАМЕТРИ І ПОКАЗНИКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Відбір проб ґрунтів найчастіше здійснюється «за конвертом» розміром 5×5 м. Глибина відбору проб у кутах і центрі конверта вибирається з урахуванням необхідності ярусного вивчення забруднення ґрунтів.

Дослідження донних відкладень здійснюється за мережею, яка відповідає масштабу робіт і залежить у більшості від параметрів річки. Техногенні відкладення рекомендується досліджувати в інтервалі глибин від 0 до 1,0 м із доведенням ваги об'єднаної проби до 15 – 20 кг.

Дослідження атмосферних опадів у вигляді дощу і снігу здійснюється для вивчення забруднення атмосфери, яке викликає в результаті осаду забруднюючих речовин відповідне забруднення ґрунтів.

Коефіцієнт збагачення визначається за формулою

$$K_i = \frac{C_{Me} / C_{rep. Me} \quad \text{аерозоля}}{C_{Me} / C_{rep. Me} \quad \text{ґрунту}},$$

де C_{Me} – вміст металу в аерозолі чи ґрунті;

$C_{rep. Me}$ – вміст реперного металу в аерозолі чи ґрунті.

За величиною K_i класифікують метали природного й техногенного походження. Елементи зі значеннями K_i від 1 до 10 відносять до природного походження, а елементи з величиною $K_i > 10$ – до техногенного.

Оцінка ступеня небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами визначається з урахуванням коефіцієнтів переходів «ґрунт–рослинність», «ґрунт – мікроорганізми», «ґрунт – ґрунтові води», «ґрунт–атмосферне повітря».

Основним критерієм визначення ступеня небезпеки забруднення ґрунту шкідливими речовинами є «гранично допустима концентрація» (ГДК), яка встановлюється з урахуванням специфіки джерела забруднення, характеру землекористування.

Література [7, 9, 11, 12]

Контрольні питання

1. Наведіть методики визначення нормативних параметрів і показників властивостей природних компонентів.
2. Як визначається питома маса забруднюючих речовин, що надходять з атмосфери на земну поверхню?
3. Класифікація забруднюючих речовин за класами небезпеки.
4. Що є основним критерієм визначення ступеня небезпеки забруднення ґрунту шкідливими речовинами?
5. Що таке коефіцієнт збагачення?

ТЕМА 5

МЕТОДИ АНАЛІТИЧНИХ ВИЗНАЧЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Методи аналітичних визначень складу і властивостей природних компонентів поділяють на хімічні, фізико-хімічні та фізичні.

До хімічних методів аналізу належать вагові, об'ємні, рідше – калориметричні й електрохімічні.

Фізико-хімічні методи аналізу ґрунтуються на вимірюванні різних фізичних властивостей сполук чи простих речовин із використанням відповідних приладів.

Інструментальні (фізичні) методи аналізу – це кількісні аналітичні методи, для виконання яких необхідна електрохімічна, оптична, радіохімічна й інша апаратура.

Серед фізичних методів дослідження органічної речовини найбільш ефективними є ультрафіолетова та інфрачервона спектроскопія, ядерний магнітний резонанс (ЯМР), які використовують для встановлення властивостей і структури складних органічних речовин.

Інфрачервоне випромінювання відноситься до тієї частини електромагнітного спектра, яка знаходиться між видимою і мікрохвильовою зонами. На відміну від ЕПР та ЯМР інфрачервона спектроскопія заснована на явищі резонансного чи нерезонансного поглинання ІЧ-випромінювання окремими атомами чи молекулами речовини.

Із методів атомної спектроскопії практично використовують три методи: атомно-емісійна спектроскопія (АЕС), атомно-флуорисцентна та атомно-абсорбційна спектрометрія (АФС, ААС).

У процесі масспектрометричного аналізу досліджувана речовина бомбардується пучком електронів, а потім проводиться кількісна реєстрація створюваних позитивних іонів.

Спектральний аналіз звичайно здійснюють для визначення речовинного (елементного) складу зразка поза його спектром, збудженим в оптичній зоні за допомогою гарячих джерел (газове полум'я, електрична дуга, іскра, плазма, лазерне випромінювання і т.п.).

Література [3, 5, 6, 9,10, 11, 12].

Контрольні питання

1. Класифікація методів аналітичних визначень складу і властивостей природних компонентів.
2. Опишіть порядок проведення рентгеноспектрального аналізу.
3. Як проводиться спектроскопія ядерного магнітного резонансу?
4. У чому полягає суть інфрачервоної спектроскопії?
5. Наведіть особливості та порядок виконання спектральних методів визначення складу і властивостей природних компонентів.

ТЕМА 6

ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ

Кліматичні фактори значною мірою впливають на зміни в екосистемі і визначають появу осадів у певному регіоні. Метеорологічні спостереження здійснюють для вимірювання й оцінювання сукупності чинників, які характеризують перебіг звичайних та незвичайних природних (кліматичних) явищ і відповідних реакцій екосистеми.

Атмосферне повітря. Вимірювання концентрації шкідливих газів і аерозолей в атмосфері дають змогу оцінити її забруднення та виконати розрахунок об'єму сухого (масового) випадання забруднюючих речовин на полігон.

Атмосферні опади. Атмосферні опади здебільшого створюють надходження забруднювачів в екосистему і можуть бути розділені на сухі та вологі осад.

Підповерхневі води (води зони аерації). Просочування кислих вод через ґрунт розчиняє мінерали і спричинює вивітрювання й вивільнення катіонів основ для поглинання поживних речовин, просочування в більш глибокі шари ґрунту, винесення в річкові, озерні та ґрунтові води.

Ґрунтові води. Ґрунтові води є одним із вихідних середовищ для перенесення елементів в екосистемі, яке значною мірою залежить від особливостей гідрологічного району.

Поверхневі води. Поверхневий стік є основним джерелом виходу розчинених речовин із району водозбору. Величину втрат елементів можна розрахувати на основі вимірювання вмісту забруднюючих речовин у місцях стоку й аналізу їх концентрації у водотоку чи водоймі.

Ґрунти. Для відбору проб ґрунту на полігоні треба окреслити один представничий пробний майданчик (20×20 м – 40×40 м), причому його розміри залежать від неоднорідності ґрунту.

Листя й опад. Аналізи листя, хвої та їх опадів є ефективними засобами оцінювання вмісту в них поживних речовин і забруднювачів.

Література [5, 9, 10, 11, 12].

Контрольні питання

1. Опишіть порядок проведення екологічного контролю кліматичних факторів.
2. Опишіть порядок проведення екологічного контролю атмосферного повітря та атмосферних опадів.
3. Опишіть порядок проведення екологічного контролю підповерхневих, ґрунтових та поверхневих вод.
4. Опишіть порядок проведення екологічного контролю ґрунтів.
5. Опишіть порядок проведення екологічного контролю листя й опадів.

ТЕМА 7

ОПИС І КОДУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ПОКАЗНИКІВ

На практиці програму комплексного моніторингу поділяють на підпрограми, коди яких наведено в таблиці.

Код підпрограми	Найменування параметра дослідження	Код підпрограми	Найменування параметра дослідження
AM	клімат	RB	гідробіологія струмків
AC	хімія атмосфери	LB	гідробіологія озер
DC	хімія осаду	FD	пошкодження лісів
SF	підкроновий стік	VG	рослинність
TF	стовбурний стік	MC	хімія моху
SC	хімія ґрунту	EP	стовбурові епіфіти
SW	хімія земельних вод	AL	надземні зелені водорості
GW	хімія ґрунтових вод	MB	мікробний розклад
RW	хімія вод поверхневого стоку	AR	облік лісних дерев
LC	хімія вод озер	PA	облік рослинного покриву
FC	хімія листя	BB	облік птахів та дрібних гризунів
LF	хімія опаду	BV	облік рослинності

Перелік DA (*класифікатор аналітичних визначників*) уключає: коди, назви, анотації використовуваних аналітичних методів і довідкові дані для хімічних, фізичних, біохімічних та мікробіологічних параметрів і показників, які використовують у дослідженнях компонентів навколишнього середовища: атмосфери, води, ґрунту й органічних речовин.

Коди підпрограм в основному призначені для визначення даних фізико-хімічних властивостей НПС і надають можливість одержати за допомогою кодового позначення достатню довідкову інформацію, наприклад, про якість і стан даних, указаних у кодї.

Література [9, 10, 11, 12].

Контрольні питання

1. Наведіть перелік параметрів дослідження та їх коди.
2. Що таке класифікатор аналітичних визначників та його основний зміст?
3. Яке призначення кодування програм та підпрограм екологічного моніторингу?

ТЕМА 8

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОЗНАК ДАНИХ

На практиці програму комплексного моніторингу навколишнього середовища поділяють на низку підпрограм, які пов'язують через кодування певних параметрів (за методом проходження потоку речовини через суміжні природні середовища: повітря, воду, ґрунт, біоту).

Рекомендовані такі показники ознак:

1. Ознаки якості (визначеності) даних:

E – визначені на основі заміряних значень;

L – визначені на основі умовних значень;

V – існує, але якісні значення не наводяться.

Ознака **L** установлюється, якщо кількісне значення параметра нижче від межі його виявлення будь-яким методом, і його величина визначається розрахунковим методом.

Ознака **V** установлюється для фактів, виявлених при дослідженні, але якісно не визначених, наприклад, тільки за видами об'єктів спостереження й обліку.

2. Ознаки стану даних:

U – одиничне значення;

X – середньоарифметичне значення;

W – середньозважене значення;

S – сумарна величина значень.

3. Ознаки використаного польового методу:

A – лінійний метод спостережень;

B – крапковий метод спостережень;

C – візуальна оцінка місця спостережень.

4. Ознаки (класи) чисельності видів:

1 – незначне число, охоплює менше від одного відсотка;

2 – середнє число, охоплює 1 – 25 відсотків;

3 – переважаюче число, охоплює більше ніж 25 відсотків замірювань і спостережень.

Література [6, 9, 10, 11, 12].

Контрольні запитання

1. Дайте пояснення: що таке ознака якості даних, ознака стану даних, ознака використаного польового методу й ознака чисельності виду.
2. Перелічіть рекомендовані показники ознак.
3. За якими фактами встановлюється ознака **E**, **L** або **V**.
4. Наведіть ознаки стану даних.
5. Як кодуються ознаки використаного польового методу та ознаки чисельності видів?

ТЕМА 9

ОПИС ТА КОДУВАННЯ РАЙОНУ МОНІТОРИНГУ

Місця спостережень або моніторингу можуть являти собою площадки, маршрути, групи дерев, точки відбору проб тощо, обумовлені в екологічному моніторинзі терміном «станція» (англ. station – місце, пункт).

Із метою узагальнення й аналізу даних спостережень станції повинні кодуватися таким чином, щоб той самий код (номер) станції використовувався для різноманітних підпрограм у тому випадку, коли обстеження проводять на тих же площадках, або коли станції розташовані близько.

Район екологічного моніторингу ідентифікується двобуквеним кодом країни за стандартами МОС (Україна – UA) і порядковим номером із двох цифр (01...99).

Усередині району екологічного моніторингу станції однозначно визначають кодовим позначенням, що складається з коду станції, коду організації та коду підпрограми:

- цифровий (буквено-цифровий) код станції з трьох знаків;
- двобуквений код організації, що здійснює спостереження та виміри в цьому місці за конкретною підпрограмою;
- двобуквений код підпрограми екологічного моніторингу.

Тризначний код станції може бути незалежним або сполученим із кодом району екологічного моніторингу. При виборі структури коду станцій варто враховувати також їх можливу максимальну кількість у районі екологічного моніторингу (очевидно, що для ієрархічного тризначного цифрового коду число станцій не повинно перевищувати 99).

Наприклад: кодове позначення 003.BF.AM ідентифікується як метеорологічна площадка обласного центру Держкомгідромету України, яка використовується в підпрограмі КЛІМАТ, а 003.BF.AC – та ж метеорологічна площадка, що застосовується в підпрограмі ХІМІЯ АТМОСФЕРИ.

Література [6, 9, 10, 11].

Контрольні питання

1. Що собою являють місця спостереження при проведенні екологічного моніторингу?
2. Як кодують станції екологічного моніторингу для різноманітних підпрограм екологічного моніторингу?
3. Кодування екологічного району моніторингу.
4. Наведіть приклад кодування метеорологічної площадки підпрограми хімії вод поверхневого стоку.

ТЕМА 10

СКЛАДАННЯ ПАСПОРТА РАЙОНУ ЕКОМОНІТОРИНГУ

Основні відомості про район екологічного моніторингу заносять у паспорт району екологічного моніторингу, вони повинні містити такі дані:

- конституційне найменування і код країни (за стандартами МОС (ISO));
- адміністративно-територіальна приналежність (область, район);
- підвідомність (державна або місцева);
- реєстраційний номер району екологічного моніторингу;
- найменування району екомоніторингу.

Точкою відліку (початком умовних координат X, Y об'єктів у районі екомоніторингу) є лівий нижній кут найменшого прямокутника, що обмежує район екомоніторингу. Вісь X відповідає показанню стрілки компаса на північ, а вісь Y – перпендикуляр на осі X;

- висота над рівнем моря (найвища й найнижча точки рельєфу місцевості, у метрах);
- загальна площа і площа контрольованих ділянок району (га, кв.км);
- водяна площа у відсотках від площі району, включаючи озера довжиною більше ніж 50 м;
- середньорічний рівень опадів у мм за останні 10 – 30 років;
- середня температура в градусах Цельсія за останні 10 – 30 років;
- кількість снігу, у відсотках від загальної кількості опадів;
- тривалість гідрологічного періоду (днів у році);
- тривалість вегетаційного періоду (днів у році);
- антропогенний вплив на регіон (найменування і розташування найближчих об'єктів промислової, сільськогосподарської або іншої діяльності).

Література [9, 10, 11, 12].

Контрольні питання

1. Чим викликана необхідність складання паспорта району екологічного моніторингу?
2. Наведіть основні дані, необхідні при складанні паспорта району екологічного моніторингу.
3. Як визначаються географічні координати при складанні паспорта району екологічного моніторингу?
4. Перелічіть основні види антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.
5. Яка нормативна література необхідна при складанні паспорта району екологічного моніторингу?

ТЕМА 11

ПОПУЛЯЦІЯ ЯК ОБ'ЄКТ МОНІТОРИНГУ

При всіх видах використання природних ресурсів об'єктом діяльності людини виявляються, першою чергою, популяції рослин та тварин – лікарських, сировинних, рибних, мисливських і т.п. В усіх випадках використання спирається на здатність природних популяцій до автономної регуляції чисельності. Після видалення з популяції тієї чи іншої частини особин, їхня чисельність у популяції поступово відновлюється. Більше того, помічено, що в багатьох випадках видалення з популяції деякої кількості особин веде до збільшення потенціалу їх відтворення.

Популяція як елементарна біосферна одиниця життя є першим акцептором, котрий сприймає всю різноманітність порушень, що вносить у навколишнє природне середовище діяльність людини. Якщо антропогенна діяльність навіть і не спрямована прямо на ту чи іншу популяцію, вона опосередковано сприймає такі дії. Оцінювання порогу стійкості популяцій до таких опосередкованих впливів – це важливе прикладне завдання.

Перевищення порогів використання популяцій завжди загрожує серйозними наслідками.

Популяція живих організмів практично завжди виступає як базова одиниця використання та управління. Крім чисельності особин, стійкість популяцій в умовах користування визначається і низкою інших популяційних параметрів – статевую, віковою та розмірною, просторовою структурою й ін. При постійному моніторингу за популяційними параметрами і контролі за величиною видалення з популяції особин популяції можуть існувати та зберігати свої корисні властивості необмежено довгий час.

Управління чисельністю особин у популяціях є актуальним і для видів рослин та тварин, які називаються «шкідниками». Еколого-популяційний підхід повністю виключає таке поняття, як знищення популяції або, ще більше, біологічного виду як шкідливого для людини. Замість цього, зусилля мають бути спрямовані на знаходження таких порогів чисельності популяції, при яких вони б стійко існували в природних або штучних біоценозах, але не завдавали економічно помітних збитків людині.

Література [3, 4, 5, 6].

Контрольні питання

1. Поясніть різницю понять чисельності та щільності.
2. Розкрийте суть поняття «генетичний поліморфізм».
3. Назвіть головні структури популяцій.
4. Поясніть різницю між біотопом популяції та екологічною нішею.
5. У чому полягає управління чисельністю особин у популяціях?

ТЕМА 12

ЛІСНИЙ МОНІТОРИНГ

Лісний моніторинг є необхідною інформаційною системою для забезпечення державних інтересів у сфері управління лісами, включаючи охорону лісів і раціональне використання лісних ресурсів. Така інформаційна система дає можливість оперативного спостереження за змінами стану лісів, природним та антропогенним впливом на лісові ресурси.

Основною метою лісного моніторингу є інформаційне забезпечення органів управління лісним господарством оперативною і точною інформацією про стан та зміни, які відбуваються в лісах для збереження стійкого розвитку лісного сектора економіки як складової частини розвитку суспільства в цілому.

Система лісного моніторингу розвивається за окремими функціональними напрямками для забезпечення управління лісами, контролю за раціональним використанням лісних ресурсів, забезпечення інформаційними потоками блока лісного моніторингу в єдиній системі екологічного моніторингу.

Організаційна структура лісного моніторингу базується на трьох вертикальних рівнях управління лісами – державному, регіональному, локальному. Основною структурною ланкою лісного моніторингу є лісництва та лісові господарства.

Державний рівень лісного моніторингу створює і підтримує у функціональному стані єдину просторову інформаційну систему з оперативної реєстрації поточних змін у стані лісного фонду держави.

Локальний рівень лісного моніторингу використовує наземну систему збору інформації на рівні окремих лісних територій.

При проведенні лісного моніторингу проектується мережа спостережних пунктів. Ведення лісного моніторингу проводиться з використанням дистанційних методів спостережень за всією площею розміщення лісів. Фоновий моніторинг проводиться на еталонних ділянках лісів із використанням матеріалів космічної зйомки. Вибір елементарної одиниці спостережень залежить від рівня агрегації інформації.

Література [3, 4, 6, 8].

Контрольні питання

1. Укажіть концепцію і наукові основи лісного моніторингу.
2. Назвіть постійні пости спостережень за станом лісів.
3. Які є рівні лісного моніторингу?
4. Назвіть періодичність робіт лісного моніторингу.
5. Назвіть етапи організації робіт зі створення системи лісового моніторингу.

ТЕМА 13

ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ

Земля – це багатство суспільства. Важко переоцінити її роль у розв’язанні продовольчої проблеми. Відомо, що потреба населення в основних продуктах харчування в середньому подвоюється кожні тридцять років. Отже, щоб задовольнити продуктами всіх людей, які житимуть у 2010 – 2020 рр., потрібно вдвоє збільшити продуктивність сільськогосподарського виробництва. Розв’язання цього надзвичайно складного завдання насамперед залежить від ефективності використання землі.

У вік науково-технічного прогресу земля, як і біосфера в цілому, перетворилася з системи, що контролюється природними факторами, в систему, котра працює під сильним впливом антропогенних факторів.

Для точної оцінки подібних перетворень і здійснення спрямованого регулювання ґрунтових процесів виникає потреба в організації систематичних спостережень за ними, тобто в організації служби моніторингу.

Ґрунтовий моніторинг – це система спостережень, кількісної оцінки та контролю за використанням ґрунтів і земель із метою організації управління їх продуктивністю. Він є складовою частиною екологічного моніторингу й входить до системи моніторингу суміжних середовищ і біосфери в цілому.

Стан ґрунтів достовірно діагностується за наявності такої інформації: зміни структури ґрунтового покриву, трансформації земельних угідь, оцінки темпів зміни основних властивостей ґрунтів, оцінки інтенсивності прояву ерозії, показників меліоративного стану і, нарешті, оцінки ефективної родючості земель.

Спостереження ведуться наземними і дистанційними засобами. Відпрацювання кореляційних зв’язків між наземними та дистанційними методами здійснюється на спеціальних полігонах. У методиці слід передбачити сучасне математичне забезпечення, включаючи принципи створення банку даних, автоматизовані системи обробки й видачі інформації, способи поточного і довготривалого прогнозів.

Література [1, 4, 6, 7].

Контрольні питання

1. Дати визначення моніторингу ґрунтів.
2. Якими основними факторами визначається необхідність ґрунтового моніторингу?
3. Наведіть методи моніторингу ґрунтів.
4. За якими показниками діагностується стан ґрунтів?
5. Назвіть періодичність робіт ґрунтового моніторингу.

ТЕМА 14

РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ

Радіаційний моніторинг — це інформаційно-технічна система спостережень, оцінювання та прогнозу радіаційного стану біосфери.

Основними і потенційними джерелами радіаційного забруднення в мирний час є атомні електростанції, підприємства з виробництва ядерного палива, склади ядерної зброї, підприємства з переробки ядерних відходів, місця захоронення відходів тощо. Незважаючи на великі зусилля для підвищення безпеки експлуатації ядерних реакторів та інших ядерних об'єктів, усі вони є джерелами ядерної небезпеки й потенційними джерелами радіаційного забруднення навколишнього середовища.

Основними забруднюючими факторами при радіаційному забрудненні є радіоактивне випромінювання (в перші години після виникнення аварійної ситуації) та внутрішнє опромінення радіонуклідами, що попадають в організм людини з продуктами харчування і водою.

Головні задачі при створенні методів комплексного радіаційного моніторингу: розроблення методів відбору проб повітря, вимірювання питомих α -, β - та γ - активностей та процедур відповідного оцінювання доз, стратегія і техніка пробовідбору, вимірювання питомої активності та динамічне моделювання оцінювання очікуваної колективної дози.

Дози довгострокового опромінення населення за рахунок Cs-137 та Sr-90 у продуктах харчування залежать від різної хімічної поведінки радіонуклідів у ґрунті. Після випадання на ґрунт цезій фіксується в мінеральних фракціях ґрунту і стає менш доступним для рослин. Уважається, що такий процес фіксації в мінеральних фракціях ґрунтів завершується протягом перших кількох років, хоча значна частина Cs-137 залишається в хімічних формах, які цілком доступні для рослин.

Методи радіаційного моніторингу повинні включати в себе як оцінку стану джерела забруднення, так і оцінку забруднення навколишнього середовища в близькій зоні (до 5 км) та дальній зоні (до 100 км). Повинні бути розроблені конкретні часові рамки, формати даних моніторингу, процедури їх передачі й використання для прогнозу доз опромінення і вироблення рекомендацій для прийняття рішень.

Література [1, 2, 4, 6, 7].

Контрольні питання

1. Основні завдання радіаційного моніторингу.
2. Основні забруднюючі фактори при радіаційному забрудненні ґрунтів.
3. Назвіть методи радіаційного ґрунтового моніторингу.
4. Опишіть систему радіаційного моніторингу «Гама».
5. Назвіть етапи виконання робіт радіаційного ґрунтового моніторингу.

IV. ПРАВИЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовують словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні й наочні використовують під час лекцій та інструктажів, практичні – при проведенні практичних робіт.

Під час проведення лекцій застосовують такі словесні методи, як розповідь, пояснення та наочні методи: ілюстрація, демонстрація.

Під час проведення практичних робіт застосовують наочні спостереження та словесні бесіди: вступні, поточні, репродуктивні, евристичні, підсумкові; студенти виконують вправи: тренувальні, творчі, усні, практичні, технічні.

Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять визначається викладачем, що проводить заняття.

Модульний контроль проводять наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять, він має на меті перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формує цей модуль. Модульний контроль реалізується шляхом узагальнення результатів поточного контролю знань і проведення спеціальних контрольних заходів.

Підсумковий контроль:

У 6 семестрі формою підсумкового контролю є *іспит*, тож протягом семестру студент може отримати не більше ніж 50 балів, решта – 50 балів відводиться на підсумковий контроль, який проводять у формі тестування.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

За виконання розрахунково-графічної роботи

Загальна трудомісткість РГР – 100 балів. За видами робіт вона розподіляється: пояснювальна записка – до 25 балів, ілюстративна частина – до 25 балів, захист роботи – до 50 балів.

За дисципліну

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів. За видами робіт вона розподіляється:

1. Поточний контроль: захист практичних занять – до 20 балів (до 2 балів за кожне заняття: відсутність на занятті без поважної причини або отримання оцінки «незадовільно» – 0 балів, виконання відповідних завдань без отримання оцінки – 0,5 бала, отримання оцінки «задовільно» – 1,0 балів, «добре» – 1,5 бала, «відмінно» – 2 бали).

2. Модульний контроль: Модульне тестування до 30 балів (по 15 балів за кожну тестову роботу). Модульний контроль вважається зарахованим, якщо студент отримав не менше від мінімальної кількості балів, яка визначена в таблиці (не менше від половини максимально можливих балів). Не зарахований змістовий модуль перескладається викладачу не більше від 2-ох разів. У разі виникнення конфліктних ситуацій створюється кафедральна комісія, рішення якої оформляється окремим протоколом.

3. Підсумковий контроль: (іспит) – до 50 балів. Студент вважається допущеним до підсумкового контролю за дисципліну, якщо виконав усі види робіт згідно із робочою навчальною програмою, та загальна сума балів за попередні звіти не менше ніж 35 балів (що відповідає результату FX за шкалою ECTS). У разі невиконання цих вимог студент отримує незадовільну оцінку і має право на два перескладання: перше – викладачеві, друге – комісії, створеній деканом факультету. У випадку успішного перескладання підсумкового контролю студентом він отримує мінімальну задовільну оцінку (60 – 63 балів – результат E за шкалою ECTS).

Підсумковий контроль проводять у формі тестування. Кількість набраних балів визначається пропорційно відсотку правильних відповідей на тестові питання з урахуванням їх вагового множника.

Визначення рейтингової оцінки

Рейтинговою оцінкою з навчальної дисципліни є сума балів, отриманих студентом у процесі вивчення дисципліни. Рейтингова оцінка складається з усіх видів контролю. Вона враховує виконання всіх видів навчальних робіт протягом семестру, результати модульних та підсумкового контролю знань.

Іспит як форма підсумкового контролю виставляється за наявності рейтингової оцінки понад 60 балів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Базова

1. Закон України про охорону навколишнього середовища. – К.: Мінекобезпеки, 1991.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Положення про державну систему моніторингу довкілля».
3. Моніторинг довкілля: підручник/[В.М. Боголюбов, М.О. Клименко, В.Б. Монін та ін.]; за ред. В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова. – Херсон: Грінь Д.С., 2011. – 530 с.
4. Бурда Р.І. Біологічний моніторинг. Методичні вказівки до проведення практичних робіт для студентів вищих аграрних закладів освіти III – IV рівнів акредитації зі спеціальності 7.070801 – «Екологія та охорона навколишнього середовища». – К.: НАУ, 2001.– 27 с.
5. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля.: Навч. посібник. - Рівне: ВАТ “Рівненська друкар-ня”, 2000. - 504 с.: іл.
6. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навчальний посібник /В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк» 2009. – 312 с.
7. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: ТОВ Лібра, 1998. – 153 с.
8. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984.– Гл.5.– С. 237 – 386.
9. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / А.М. Прищеп, Н.М. – Рівне: УДУВГП, 2002. – 232 с.
10. Кубланов С.Х. Моніторинг довкілля / Р.В. Шпаківський – К.: Мінекобезпеки, 1998. – 92 с.
11. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу /Під кер. проф. М.І. Ромащенко. – К.: Держкомітет України по водному господарству, 2002.
12. Охрана окружающей среды /А.М. Владимиров, Ю.И. Ляхин, Л.Т. Матвеев и др.– Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 144 с.
13. Охрана окружающей среды /Под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1991. – 188 с.
14. Патица В.П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / А.Г. Тараріко – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 296 с.
15. Родючість ґрунтів. Моніторинг та управління /За ред. Медведєва В.В. – К.: Урожай, 1992. – 244 с.
16. Чернишов В.А. Агроекология: учебник / А.И. Чекерес – М.: Колос, 2000. – 533 с.

Допоміжна

1. Веремеєнко С.І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України. – Луцьк, 1997. – 312 с.
2. Матеріали науково-практичного семінару «Статистичний моніторинг екологічного стану регіону, галузі» (16 – 17.12.1997 р., м. Житомир). – К.: НДІ статистики Держкомстату України, 1998. – 133 с.
3. Нейко Є.М. Медико-геоекологічний аналіз стану довкілля як інструмент оцінювання та контролю здоров'я населення / Г.І. Рудько, Н.І. Смоляр – Івано-Франківськ: Екор, 2001. – 350 с.

Навчальне видання

**Рома Валерій Вікторович
Степова Олена Валеріївна**

**Моніторинг довкілля
Навчальний посібник**

Відповідальний за випуск	В.Г. Новохатній
Компютерна верстка	В.В. Рома
Редактор	Н.В. Жигилій
Коректор	О.Г. Бриль

Підписано до друку «_____» 2016 р. Папір ксерокс.
Формат 60x88 1/16. Друк RISO
Обл. – вид. арк. 5,0. Тираж 50 примірників

0447

Поліграфічний центр
Полтавського національного технічного університету
Імені Юрія Кондратюка
36601, Полтава, пр. Першотравневий, 24
Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК, № 3130 06.03.2008 р.

Віддруковано з оригінал-макета ПЦ ПолтНТУ