МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології

С. С. Душкін

КУРС ЛЕКЦІЙ

«МОНІТОРИНГ, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ»

(Частина 1)

Харків
ХНАДУ
2026

УДК 504.064.2/.3

ББК

Душкін С.С. Курс лекцій з дисципліни «Моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля», частина 1 / Душкін Станіслав Сергійович: Курс лекцій. Харків: ХНАДУ, 2026. – 142 с.

Курс лекцій розроблено відповідно вимог освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю Е2 Екологія під навчальне аудиторне навантаження 32 години (16 лекцій).

Зміст лекцій відповідає робочій програмі навчальної дисципліни ОК 21 «Моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля» 2026 р.

Мова навчання – державна

Душкін С.С., 2026

ХНАДУ, 2026

ЗМІСТ

ЛК. 1. Основні принципи та засади функціонування системи моніторингу довкілля…….. 4
ЛК. 2. Онлайн-ресурси та цифрові інструменти екологічного моніторингу……. 14
ЛК. 3. Характеристика державної системи моніторингу довкілля (ДСМД) в Україні…… 25
ЛК. 4. Суб'єкти ДСМД України. Повноваження та взаємодія…… 30
ЛК. 5. Якість природного середовища: критерії та показники оцінки... 37
ЛК. 6. Джерела та наслідки забруднення довкілля. Загальні принципи нормування забруднення компонентів довкілля……. 49
ЛК. 7, 8. Моніторинг атмосферного повітря……. 58
ЛК. 9, 10. Моніторинг водних ресурсів……. 69
ЛК. 11, 12. Моніторинг ґрунтів та земельних ресурсів…… 84
ЛК. 13, 14. Моніторинг біорізноманіття: тваринний та рослинний світ (біомоніторинг). Методи обліку та індикація…… 101
ЛК. 15, 16. Інтегрований моніторинг та екологічний аудит…… 114

Лекція 1.
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Мета лекції полягає в екологічному обґрунтуванні перспектив розвитку та вдосконалення системи моніторингу навколишнього середовища, оцінюванні його фактичного і прогнозованого стану, а також у визначенні заходів для попередження зниження біорізноманітності екосистем, порушення екологічної рівноваги та погіршення умов життєдіяльності людей.

План лекції

1. Сутність, об'єкт, предмет, методи моніторингу довкілля
2. Історичні аспекти становлення моніторингу довкілля як екологічної науки
3. Класифікація систем моніторингу довкілля

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 і 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 (ДСТУ ISO 4225:2008 Якість повітря. Загальні положення. Словник термінів (ISO 4225:1994, IDT)), *моніторинг – це багаторазове вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу*; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану і зміни об'єктів. Цей термін було запропоновано напередодні проведення Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища у 1972 р. на противагу (або на доповнення) до терміну «контроль». Крім спостережень і отримання інформації, моніторинг передбачає і елементи активних дій, таких як оцінювання, прогнозування, розроблення природоохоронних рекомендацій.

Моніторинг довкілля – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом **з** метою раціонального використання природних ресурсів і охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

Завдання моніторингу довкілля полягають у наступному:

– постановка і вироблення теоретичних засад практичного розв'язання проблем організації спостережень;

– наукове обґрунтування складу, структури мережі та 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;

– вибір методів, методик оцінювання і прогнозування стану довкілля;

– розроблення рекомендацій щодо управління станом складових біосфери.

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

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

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

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;

– встановлення факторів і джерел забруднення навколишнього природного середовища;

– виявлення критичних та екстремальних ситуацій, що порушують екологічну безпеку.

Необхідність виконання цих завдань зумовлює певну структуру моніторингу (рис. 1).

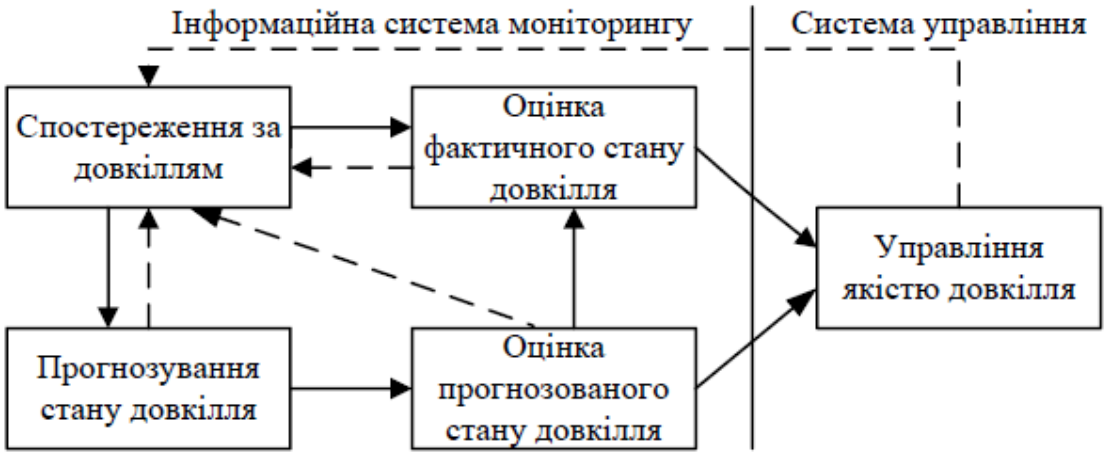

Рис. 1. – Блок-схема системи моніторингу

Система моніторингу може охоплювати:

– локальні райони – локальний і регіональний моніторинги;

– окремі держави – національний моніторинг;

– Землю загалом – глобальний моніторинг.

Моніторинг є важливою складовою системи управління якістю довкілля. Інформація про його стан і тенденції змін є основою розроблення заходів з охорони природи, враховується вона і при плануванні розвитку економіки. Результати оцінювання наявного і прогнозованого стану біосфери визначають комплекс вимог до підсистем спостережень.

2. Історичні аспекти становлення моніторингу довкілля як екологічної науки

Спостереження за причинно-наслідковими явищами і процесами природного середовища було необхідною умовою пристосування до навколишнього світу і запорукою виживання та розвитку людства. Первісна людина спостерігала за довкіллям, робила певні висновки і передбачення. 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).

Найдавнішими письмовими пам’ятками результатів спостереження за довкіллям є:

– трактат Гіппократа «Про повітря, воду і місцевість» (прибл. 390 р. до н.е.) (прибл. 460–370дон.е.), у якому він розглядав вплив навколишнього середовища на здоров’я людини;

– праця Арістотеля «Про виникнення тварин» (прибл. 340 р. до н.е.). висвітлює деякі факти і трактування екологічного спрямування;

– 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. У ХХ ст. людина отримала змогу активно впливати на довкілля та користуватися новими ресурсами. Саме поширенням антропогенного впливу на природу та її змінами і було зумовлене становлення моніторингу довкілля як науки.

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.

Було обґрунтовано наступні *альтернативні концепції моніторингу довкілля як сфери наукового знання і практичної діяльності*:

1. На думку Ю. Ізраеля *моніторинг довкілля* є системою цілеспрямованих, періодично повторюваних і програмованих спостережень за

одним і більше елементами навколишнього середовища у просторі і 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 і дослідження антропогенних змін стану абіотичних компонентів природних середовищ біосфери (також враховують 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.

2. За переконаннями І. Герасимова, *моніторинг довкілля* – це організована на різних рівнях система спостережень, контролювання і 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 і нормальне функціонування екосистеми. Відповідно до завдань і масштабів об’єктів спостереження *І. Герасимов розрізняє такі рівні моніторингу довкілля*: біоекологічний (санітарно-гігієнічний) моніторинг, геоекологічний (геосистемний, природно-господарський) моніторинг та біосферний моніторинг.

3. 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.

За територіальним критерієм вчений виокремлює типи моніторингу довкілля: глобальний, материковий, океанічний, міжнародний, національний, регіональний, локальний.

У період з 1972 по 1974 рік науковий комітет з проблем навколишнього середовища Міжнародної ради наукових союзів (SCOPE) виробив і запропонував ідею *глобального моніторингу*. Теоретично обґрунтував її американський вчений Р. Мунн, який розглядав *глобальний моніторинг* як систему контролю за навколишнім середовищем, що охоплює спостереження за його станом, визначення можливих змін і розроблення заходів з управління довкіллям. *Сутність концепції глобального моніторингу* полягає в необхідності здійснення повторних спостережень за елементами навколишнього середовища в просторі і часі з певною метою за конкретними програмами. На основі цієї концепції виникли *різноманітні підсистеми моніторингу довкілля*:

– моніторинг приземного та 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;

– фізичний моніторинг та 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).

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

Моніторинг довкілля в усіх розвинутих країнах здійснюється 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) та «проблемний» моніторинг (оцінювання нових небезпечних, кризових екологічних ситуацій). Такий підхід дає змогу передбачати екологічні проблеми екосистем, своєчасно організовувати нові моніторингові програми. Моніторинг в *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 XX ст. на території України, моніторинг здійснювала служба спостереження і контролю за забрудненням природного середовища (формувалася з підсистем спостереження і контролювання забруднення атмосферного повітря, вод суші, морів, ґрунту, фонових забруднень певних середовищ). В Україні у 1992 р. розпочалося розроблення і впровадження власної системи екологічного моніторингу України.

3. Класифікація систем моніторингу довкілля

Загальноприйнятими в Україні є наступні види моніторингу довкілля:

Загальний або стандартний – це оптимальні за кількістю параметрів

спостереження на пунктах, об'єднаних в інформаційно- технологічну мережу, які дають змогу на підставі оцінки і прогнозу стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях;

Оперативний або кризовий – це вивчення спеціальних показників на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками для забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їхньої ліквідації, створення безпечних умов для населення

Фоновий або науковий – це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими довкілля, а також за характером, складом, кругообігом і міграцією забруднювальних речовин, за реакцією організмів на забруднення як на рівні окремих популяцій чи екосистем, так і біосфери в цілому. Такий моніторинг проводять на базових станціях у природних і біосферних заповідниках, а також на інших природоохоронних територіях.

Існує велика кількість інших підходів до класифікації систем моніторингу за різними критеріями (табл. 1).

Таблиця 1 – Узагальнена схема класифікації систем моніторингу

Принцип класифікації	**Існуючі або перспективні системи моніторингу**
За універсальністю системи	Глобальний, включаючи фоновий та палеомоніторинг. Національний, «міжнародний» (моніторинг трансграничного переносу ЗР), регіональний
За реакцією основних складових біосфери	Геофізичний моніторинг, біологічний моніторинг (в тому числі генетичний), екологічний моніторинг (включаючи геофізичний і біологічний)
За основними складовими біосфери	Моніторинг антропогенних змін в атмосфері, гідросфері та літосфері
За джерелами впливу	Моніторинг джерел забруднень, інгредієнтний моніторинг (окремих забруднювальних речовин, радіоактивних випромінювань, шумів тощо)
За факторами впливу	Біотичний та абіотичний
За рівнем гостроти та глобальності	Моніторинг океану, клімату Землі, моніторинг озоносфери тощо
За методами спостережень	Аерокосмічний моніторинг (дистанційні методи). Моніторинг за фізичними, хімічними та біологічними показниками
За системністю підходу	Медико-біологічний або санітарно-гігієнічний (стану здоров'я населення), біоекологічний, кліматичний. Варіанти: біо-, геоекологічний, біосферний, природно-господарський та ін.

Система моніторингу довкілля має декілька рівнів:

1. локальний – досліджуються території окремих об'єктів (підприємств, міст, ділянки ландшафтів);

2. регіональний – проводиться у межах адміністративно- територіальних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів;
3. національний – досліджується територія держави в цілому;
4. глобальний – вивчаються території континентів та Земна куля в цілому (табл. 2).

Таблиця 1.2 – Характеристика рівнів моніторингу довкілля

Параметр	**Локальний**	**Регіональний**	**Глобальний**
Площа, охоплена системою моніторингу, км^2	$10^1 – 10^2$	$10^3 – 10^6$	До $10^7 – 10^8$
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	$10^3 – 10^6$
Точність	частки ГДК	до 30%	десяті частки, %
Оперативність видачі інформації	у реальному масштабі часу	через 1 – 3 місяці з початку відбору проб	роки з дня відбору проб

Національний або державний моніторинг відрізняється від глобального моніторингу не тільки масштабами, але й тим, що основним завданням національного моніторингу є одержання інформації та оцінки стану навколишнього середовища в національних інтересах. Так, підвищення рівня забруднення атмосфери в окремих містах чи промислових районах (на певному часовому інтервалі) може і не мати суттєвого значення для зміни стану біосфери в глобальному масштабі, але може бути надзвичайно важливим для прийняття певних рішень і виконання заходів у даному регіоні, тобто на національному рівні.

Найбільш універсальним підходом до формування систем моніторингу є організація глобальної системи моніторингу з одночасним вирішенням всіх задач, які виникають при цьому. Тут необхідно виділити моніторинг антропогенних забруднень та моніторинг антропогенних збурень і змін, не пов’язаних із забрудненнями.

У загальному вигляді *об'єктами спостереження* системи моніторингу можуть бути:

– окремі точки і зони, розміри яких не перевищують десятків кілометрів (локальний моніторинг);

– локальні джерела підвищеної небезпеки, наприклад території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, хімічні заводи тощо (імпактний);

– території до тисяч квадратних кілометрів (регіональний моніторинг);

–загальносвітові процеси і явища в біосфері Землі (глобальний моніторинг).

Виділяють 5 розділів спостережень – від локальних джерел і факторів впливу на довкілля до впливу змін стану довкілля на здоров’я і добробут населення (табл. 3).

Таблиця 1.3 – Класифікація реакцій природних систем, джерел і факторів впливу, які повинні бути охоплені системою моніторингу

Розділ спостережень	Класифікація
А. Локальні джерела та фактори впливу	А.1. Джерела забруднень і впливів А.2. Фактори впливу (забруднювальні речовини, випромінювання і т. д.)
Б. Стан навколишнього природного середовища	Б.1. Стан середовища, який характеризується фізичними та фізико-географічними даними Б.2. Стан середовища, що характеризується геохімічними даними, даними про склад та характер забруднень
В. Стан біотичної складової біосфери	В.1. Реакція біоти – відгуки та наслідки: а) в окремого організму, б) у популяції, в) в угрупуваннях та екосистемі
Г. Реакція великих систем і біосфери в цілому	Г.1. Реакція великих систем (погода і клімат) Г.2. Реакція біосфери в цілому
Д. Стан здоров'я та добробуту населення	Д.1. Вплив стану довкілля на захворюваність і здоров'я населення Д.2. Вплив змін стану довкілля на добробут населення

Спостереження за локальними джерелами впливів і забруднень та за факторами впливів виділені у спеціальний розділ (*розділ **А***). Такі джерела можуть бути природними (виверження вулканів) і антропогенними (викиди промислових підприємств; сільськогосподарські джерела – тваринницькі ферми і поля після внесення хімічних добрив та засобів для боротьби зі шкідниками рослин; повітряний водний та наземний транспорт тощо).

Спостереженням за факторами впливів (головним чином, антропогенних) потрібно приділити найбільшу увагу. Важко проаналізувати стан середовища і виявити причини змін у ньому без досконалого вивчення факторів впливу – різноманітних забруднюючих речовин, випромінювань тощо. Спостереження за факторами впливів внесені також у розділ спостережень за станом середовища (*розділ **Б***), оскільки в деяких випадках вони досить повно характеризують стан середовища (наприклад, за геохімічними даними).

Спостереження за раптовими джерелами різноманітних впливів (сонячні спалахи, сонячні та галактичні потоки корпускул), які потрібно враховувати при оцінюванні та прогнозуванні стану природного середовища, ведуться геліофізичною та астрономічною службами.

*Розділ **Б*** містить також спостереження за станом і змінами середовища за геофізичними даними, що їх одержують шляхом послідовних і безперервних змін відповідних параметрів, які характеризують миттєвий стан середовища. Такі спостереження вже проводяться рядом геофізичних служб. Спостереження за стихійними природними явищами катастрофічного характеру (вулкани, землетруси, цунамі, посухи, повені, ерозія ґрунтів, снігові лавини, урагани та ін.), в основному, знаходяться у компетенції вказаних служб.

Фізико-географічні дані, включаючи дані про розподіл суші та води,

рельєф поверхні земної кулі, природні ресурси (мінеральні, земельні, рослинні, водні, ресурси фауни), народонаселення, урбанізацію тощо, також надають важливу інформацію про стан природного навколишнього середовища.

В цей же розділ включені спостереження за станом середовища і змінами цього стану, які характеризуються геохімічними даними, тобто спостереження за кругообігом речовин у природі, за складом сторонніх різноманітними специфічними фізичними характеристиками середовища, включаючи спостереження за шумовим, тепловим забрудненнями (поняття забруднень в останніх випадках є умовними, але загальноприйнятими) і різноманітними випромінюваннями (іонізуючими і неіонізуючими).

До *розділу* ***Б*** відносять також спостереження за хімічним складом (природного і антропогенного походження) атмосфери, опадів, поверхневих і підземних вод, вод океанів та морів, ґрунтів, відкладень дна, рослинності, тварин, а також спостереження за основними шляхами розповсюдження забруднень. Саме ці спостереження найчастіше відносять до першоступеневих за важливістю в системі моніторингу.

Розділ ***В*** включає спостереження за реакцією біоти (живої складової біосфери) на різноманітні фактори впливів і змін станів навколишнього середовища; до цих спостережень належать спостереження за відгуком (оборотні зміни) і наслідками (необоротні зміни) в біоті. Можливі спостереження за функціональними та структурними біологічними ознаками. До функціональних ознак можна віднести, наприклад, приріст біомаси за одиницю часу, швидкість поглинання різноманітних речовин рослинами і тваринами; до структурних – чисельність видів рослин і тварин, загальну біомасу. Ці спостереження повинні бути організовані на різних рівнях – окремого виду і популяції, угрупування і екосистеми.

Розділ ***Г*** – спостереження за реакцією великих систем (погоди, клімату) і біосфери в цілому – включає всю систему спостережень, системи і вимагає спеціальних узагальнень і оцінок.

При вивченні антропогенного впливу на біосферу потрібно визначити глобальний фоновий стан біосфери у теперішній час в місцях, віддалених від локальних джерел впливу (джерел забруднення), і локальний фоновий стан, характерний для кожного регіону.

Для оцінювання стану навколишнього природного середовища, з урахуванням змін антропогенного характеру, необхідно вміти, з одного боку, визначати можливі збитки від природного та антропогенного впливу а з іншого – вміти впізнавати додаткові природні можливості самовідновлення для використання їх в інтересах людини. Для цього потрібно знати величину гранично допустимих навантажень (ГДН) на середовище та екологічний резерв даної екосистеми.

Розділ ***Д*** є не менш важливим, ніж інші. Через велику складність і малу дослідженість впливу довкілля на людину, повне комплексне обстеження є задачею дуже складною і досі не вирішеною в повному обсязі.

Таким чином, задача екологічного моніторингу полягає у виявленні в

екосистемах змін антропогенного характеру (на фоні природних флуктуацій). Вирішити цю задачу можна різними методами, зокрема шляхом безпосередніх вимірювань окремих характеристик забруднень біоти та її реакцій на ці забруднення, а також за допомогою неперервних вимірювань інтегральних показників на значних територіях.

Контрольні питання

1. Що становить сутність моніторингу довкілля згідно з міжнародним стандартом?
2. Яка подія 1972 року стала поштовхом для впровадження терміна «моніторинг» у міжнародну практику?
3. У чому полягає основна мета моніторингу довкілля?
4. Які основні завдання вирішує система моніторингу для забезпечення екологічної безпеки?
5. Що є об’єктом моніторингу довкілля залежно від рівня та мети досліджень?
6. Що вивчає предмет моніторингу довкілля як окремої науки?
7. З яких основних блоків складається інформаційна система моніторингу згідно зі структурою управління?
8. Які рівні моніторингу виокремлював І. Герасимов та в чому полягає їхня специфіка?
9. У чому полягає концептуальна різниця між підходами Ю. Ізраеля та І. Герасимова щодо управління якістю середовища?
10. Чим відрізняється фоновий (науковий) моніторинг від оперативного (кризового)?
11. За якими територіальними критеріями класифікуються системи моніторингу?
12. Які параметри (площа, періодичність, точність) характерні для глобального рівня моніторингу порівняно з локальним?
13. Які джерела антропогенного впливу на довкілля підлягають спостереженню в розділі «А» системи моніторингу?
14. У чому полягає важливість спостереження за реакцією біоти на зміну стану довкілля?
15. Які історичні пам’ятки свідчать про зародження екологічних спостережень у період Античності?

Лекція 2
«ОНЛАЙН-РЕСУРСИ ТА ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ»

Мета лекції полягає у вивченні сучасних цифрових інструментів та онлайн-ресурсів для моніторингу довкілля, ознайомленні з глобальними та національними системами спостереження Землі, а також в опануванні спеціалізованого програмного забезпечення (ГІС, ДЗЗ) для аналізу екологічних даних та розв'язання практичних завдань у сфері охорони природи.

План лекції

1. Вступ до сучасних викликів екологічного моніторингу
2. Глобальні системи екологічного моніторингу
3. Національні системи моніторингу в Україні
4. Онлайн-ресурси за напрямами моніторингу
5. Програмне забезпечення для аналізу даних
6. Практичне застосування інструментів
7. Висновки та перспективи

1. Вступ до сучасних викликів екологічного моніторингу

До ключових викликів XXI століття належать:

– техногенне навантаження на довкілля;
– погіршення якості повітря та водних ресурсів;
– деградація ґрунтів та втрата біорізноманіття;
– необхідність систематичного контролю.

XX століття → Локальні спостереження за окремими параметрами
XXI століття → Комплексні взаємопов'язані системи глобального рівня

2. Глобальні системи екологічного моніторингу

Таблиця 1 - Глобальні системи екологічного моніторингу

Англійська назва	**Англійське скорочення**	**Українська назва**	**Українське скорочення**	**Web Address**	**Особливості**
Global Earth Observation System of Systems	GEOSS	Глобальна система систем спостереження Землі	ГСССЗ	www.earthobservations.org	Всесвітня публічна інфраструктура, яка надає широкий спектр екологічних даних, що охоплюють такі сфери, як біорізноманіття, клімат, стихійні лиха та водні ресурси.
Global Environment Monito-	GEMS	Глобальна система моніторі-	ГСМД	www.unep.org/gems	Ініціатива під керівництвом ООН, яка контролює та оцінює стан глобального довкілля,

ring System		нгу довкілля			зосереджуючись на забрудненні, якості води та повітря.
Global Climate Observing System	GCOS	Глобальна система спостере-ження за кліматом	ГСЗК	public.wmo.int/en/programmes/global-climate-observing-system-gcos	Міжнародна програма, яка забезпечує довгострокове спостереження за глобальним кліматом, надаючи дані для кліматичних досліджень і політики.
Integrated Global Observing Strategy	IGOS	Інтегрова-на глобальна стратегія спостере-жень	ІГСС	www.igospartners.org	Партнерство міжнародних організацій, що мало на меті розробити комплексну глобальну систему спостережень для екологічного моніторингу. (Примітка: Цю ініціативу замінено на GEOSS)
Global Ocean Observing System	GOOS	Глобальна система спостере-ження за океаном	ГСО	goos.ioc-unesco.org	Глобальна мережа, яка контролює океани світу, надаючи дані про стан океанів, клімат та екосистеми.

Таблиця 2 - Глобальні системи супутникового моніторингу

Англійська назва	**Англійське скорочен-ня**	**Україн-ська назва**	**Українсь-ке скоро-чення**	**Web Address**	**Особливості**
Landsat Program	Landsat	Програма Лендсат	«Лендсат»	www.usgs.gov/landsat	Це спільна програма NASA та Геологічної служби США (USGS), яка надає найдовшу безперервну космічну історію спостережень Землі.
Sentinel Program	Sentinel	Програма Сентінел	«Сентінел»	www.copernicus.eu/en/sentinel-satellites	Основний компонент програми ЄС «Коперник», що складається з кількох місій, які забезпечують безперервний збір даних про сушу, океани та атмосферу.
Meteorolo-gical Operat-ional (MetOp) satellite program	MetOp	Програма метеороло гічних оператив-них супу-тників «МетОп»	«МетОп»	www.eumetsat.int/metop	Європейська програма полярних орбітальних метеорологічних супутників, які надають дані для прогнозу погоди та кліматичних досліджень.
NOAA's Polar-orbiting Operational	POES	Оператив ні еколо-гічні	ПОЕС	www.nesdis.noaa.gov/satellites/poes	Система супутників, керована Національним управлінням океанічних і

Environmental Satellites		супутники NOAA на полярній орбіті			атмосферних досліджень США (NOAA), що збирає дані про погоду, клімат та навколишнє середовище.
Geostationary Operational Environmental Satellite	GOES	Геостаціонарний оперативний екологічний супутник	ГОЕС	www.nesdis.noaa.gov/satellites/goes	Серія супутників NOAA, що постійно спостерігає за погодою та навколишнім середовищем над Західною півкулею.

Таблиця 3 - Державні структури України та використання глобальних даних моніторингу

Державна структура	**Використання глобальних баз даних моніторингу**	**Використання глобальних даних супутникового моніторингу**
Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України	***GEMS:*** для аналізу забруднення повітря та води. ***GBIF*****:** для вивчення стану біорізноманіття. ***Global Forest Watch:*** для моніторингу лісових масивів.	***Sentinel-2 (Copernicus):*** для моніторингу лісових пожеж та змін у землекористуванні. ***Landsat:*** для довгострокового аналізу змін у стані водойм та ґрунтів.
Міністерство аграрної політики та продовольства України	***Global Forest Watch:*** для моніторингу змін у лісових територіях, що впливають на сільськогосподарські угіддя. ***WDCC:*** для аналізу кліматичних даних та їх впливу на врожайність.	***Sentinel-2:*** для оцінки стану посівів та прогнозування врожайності. ***Landsat:*** для аналізу історичних змін на сільськогосподарських полях.
Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС)	***GEMS:*** для відстеження великих викидів та забруднень.	***Copernicus Emergency Management Service:*** для оперативної оцінки масштабів повеней, пожеж та зсувів ґрунту.
Державна екологічна інспекція України	***Global Forest Watch:*** для виявлення незаконних рубок.	***Sentinel-2*** та комерційні супутники: для моніторингу несанкціонованих звалищ, незаконної забудови та промислових викидів.
Державне агентство лісових ресурсів України	***Global Forest Watch:*** для комплексного моніторингу лісових ресурсів.	***Sentinel-2*** та ***Landsat:*** для виявлення незаконних рубок та оцінки санітарного стану лісів.
Збройні сили України	- (Дані, як правило, комерційні або специфічні, а не з відкритих баз)	***Sentinel-2*** (відкриті дані) та комерційні супутники: для розвідки, моніторингу ситуації та картографії.

3. Національні системи моніторингу в Україні

3.1. Загальна характеристика

Національна система моніторингу довкілля (НСМД) в Україні - це комплексна багаторівнева система спостережень, що забезпечує збір, обробку,

аналіз та передачу інформації про стан навколишнього середовища. Її метою є оцінка екологічної ситуації, прогнозування її змін та інформаційне забезпечення державних органів для прийняття управлінських рішень.

Система охоплює спостереження за такими компонентами: атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, грунти, ліси, тваринний та рослинний світ, сміттєзвалища та відходи.

3.2. Структура НСМД

НСМД складається з центральних і регіональних (місцевих) органів, які виконують різні функції.

Таблиця4 - Структура НСМД в Україні

Рівень управління	**Основні виконавці**	**Функції**
Загально-державний	Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), Державна гідрометеорологічна служба, Державна екологічна інспекція України	Формування єдиної екологічної політики, розробка та затвердження нормативів, ведення державних кадастрів та реєстрів, координація діяльності.
Регіональний	Органи місцевого самоврядування, регіональні підрозділи Міндовкілля, ДСНС, Держгеокадастру тощо	Здійснення моніторингу на підвідомчих територіях, контроль за дотриманням природоохоронних норм, реагування на локальні екологічні загрози.
Галузевий	Державне агентство лісових ресурсів України, Державне агентство водних ресурсів України, Державна інспекція ядерного регулювання України	Проведення моніторингу в межах своєї галузі (ліси, води, радіаційна безпека).
Виробничий	Підприємства-забруднювачі	Проведення відомчого моніторингу викидів і скидів, контроль за дотриманням встановлених лімітів та норм.

3.3. Види моніторингу

Національна система моніторингу здійснює різні види спостережень залежно від їх мети та масштабу.

Таблиця 5 - Види моніторингу довкілля в Україні

Вид моніторингу	**Характеристика**	**Приклади**
Базовий	Спостереження за станом навколишнього середовища в умовах мінімального антропогенного впливу. Використовується для вивчення фонових рівнів забруднення.	Моніторинг у заповідниках, на віддалених територіях.
Фоновий	Спостереження за станом навколишнього середовища, що зазнає незначного антропогенного впливу, для визначення регіональних тенденцій.	Моніторинг у малонаселених районах.

Імпактний (локальний)	Спостереження в зонах прямого впливу джерел забруднення. Має за мету оцінку впливу конкретного об'єкта.	Моніторинг повітря навколо заводів, стану річок нижче за течією від промислових підприємств.
Кризовий (оперативний)	Проводиться у разі виникнення аварійних ситуацій або надзвичайних подій, що призводять до значного забруднення.	Моніторинг після аварій на підприємствах, повеней, лісових пожеж.

3.4. Використання даних супутникового моніторингу в НСМД

Україна активно використовує супутникові дані для доповнення та вдосконалення традиційних методів моніторингу. Ці дані дозволяють швидко отримувати інформацію про великі території та недоступні об'єкти:

- Лісове господарство: виявлення незаконних вирубок, моніторинг лісових пожеж, оцінка стану лісів.
- Сільське господарство: оцінка стану посівів, прогнозування врожайності.
- Водні ресурси: моніторинг повеней, стану річок та озер, виявлення забруднень.
- Надзвичайні ситуації: оперативна оцінка масштабів стихійних лих.

3.5. Проблеми та перспективи

Основні проблеми НСМД в Україні включають застаріле обладнання, недостатнє фінансування, низький рівень автоматизації та розрізненість даних. Перспективи розвитку пов'язані з інтеграцією з європейськими системами моніторингу, впровадженням новітніх технологій (дистанційне зондування, ГІС) та створенням єдиної цифрової платформи для управління екологічними даними.

4. Онлайн-ресурси за напрямами моніторингу

4.1. Загальна характеристика

Доступ до відкритих онлайн-ресурсів та платформ є ключовим елементом сучасного моніторингу довкілля. Ці ресурси дозволяють швидко отримувати актуальні дані, проводити аналіз та візуалізувати інформацію без необхідності власного збору даних. Вони надають доступ до супутникових знімків, даних про погоду, клімат, біорізноманіття, забруднення та інші екологічні показники.

4.2. Ресурси для моніторингу якості атмосферного повітря

Таблиця 6 - Онлайн-ресурси для моніторингу повітря

Ресурс	**Веб-адреса**	**Особливості**
World Air Quality Index	aqicn.org	Надає інформацію про якість повітря по всьому світу в реальному часі, використовуючи дані з офіційних та комерційних моніторингових станцій.
Copernicus Atmosphere Monitoring	atmosphere.copernicus.eu	Сервіс ЄС, що надає дані та прогнози про стан атмосфери, включаючи вміст

Service (CAMS)		парникових газів, аерозолів та хімічних речовин.
IQAir AirVisual	www.iqair.com	Глобальна мережа моніторингу якості повітря з даними в реальному часі, прогнозами та історичною інформацією.

4.3. Ресурси для моніторингу водних ресурсів

Таблиця 7 - Онлайн-ресурси для моніторингу водних ресурсів

Ресурс	Веб-адреса	Особливості
Global Runoff Data Centre (GRDC)	www.bafg.de/GRDC	Збирає гідрологічні дані (стік води) з усього світу, надаючи інформацію для досліджень клімату, водних ресурсів та гідрології.
NASA Earthdata	earthdata.nasa.gov	Надає доступ до великих обсягів даних дистанційного зондування, включаючи інформацію про рівень води в океанах та озерах.
Global Water Monitor	globalwatermonitor.org	Платформа для моніторингу водних ресурсів по всьому світу, з акцентом на поверхневі води та повені.

4.4. Ресурси для моніторингу клімату та лісів

Таблиця 8 - Онлайн-ресурси для моніторингу клімату та лісів

Ресурс	Веб-адреса	Особливості
Copernicus Climate Change Service (C3S)	climate.copernicus.eu	Надає доступ до даних про стан клімату в Європі та світі, включаючи температуру, опади та інші кліматичні показники.
Global Forest Watch (GFW)	www.globalforestwatch.org	Інтерактивна платформа, що моніторить зміни лісового покриву в режимі реального часу, використовуючи супутникові дані.
Global Forest Resources Assessment (FRA)	www.fao.org/forest-resources-assessment	Звіт Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) про стан лісових ресурсів світу.

4.5. Ресурси для моніторингу біорізноманіття

Таблиця 9 - Онлайн-ресурси для моніторингу біорізноманіття

Ресурс	Веб-адреса	Особливості
Global Biodiversity Information Facility (GBIF)	www.gbif.org	Міжнародна мережа, яка надає вільний доступ до даних про поширення біологічних видів.
IUCN Red List of Threatened Species	www.iucnredlist.org	Найбільш авторитетний у світі список видів, які перебувають під загрозою зникнення.
Protected Planet	www.protectedplanet.net	Платформа, що надає інформацію про заповідні території та інші природоохоронні зони по всьому світу.

5. Програмне забезпечення для аналізу даних

5.1. Загальна характеристика

Аналіз великих обсягів даних моніторингу довкілля, включаючи супутникові знімки та інформацію з датчиків, вимагає використання спеціалізованого програмного забезпечення. Це ПЗ допомагає обробляти, візуалізувати та інтерпретувати дані для отримання цінної інформації про стан навколишнього середовища.

5.2. Геоінформаційні системи (ГІС)

Геоінформаційні системи (ГІС) - це програмні комплекси, призначені для збору, зберігання, аналізу та графічної візуалізації просторових даних (карти, знімки, координати). Вони є основою для роботи з даними моніторингу.

Таблиця 10 - Популярне ГІС-програмне забезпечення

Програма	**Тип**	**Особливості**
QGIS	Відкритий код	Потужна, безкоштовна, з широкими можливостями для роботи з векторними та растровими даними. Ідеально підходить для аналізу супутникових знімків та картографії.
ArcGIS	Комерційний	Стандарт індустрії з великою кількістю інструментів для просторового аналізу, моделювання та 3D-візуалізації. Має високу продуктивність та підтримку.
Google Earth Engine	Хмарний	Платформа для геопросторового аналізу на основі великих обсягів супутникових даних. Дозволяє обробляти терабайти інформації, не завантажуючи їх.
GRASS GIS	Відкритий код	Розроблена для академічних цілей, має розширені можливості для обробки растрових даних, топологічного моделювання та аналізу змін у часі.

5.3. Програмне забезпечення для дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)

Програми для ДЗЗ спеціалізуються на обробці та аналізі даних, отриманих з космічних апаратів.

Таблиця 11 - ПЗ для дистанційного зондування

Програма	**Тип**	**Особливості**
SNAP (Sentinel Application Platform)	Відкритий код	Розроблена Європейським космічним агентством (ESA). Призначена для обробки даних з супутників Sentinel та інших місій ESA.
ENVI (Exelis Visual Information Solutions)	Комерційний	Популярний програмний пакет для обробки, аналізу та візуалізації гіперспектральних та багатоспектральних зображень.
ERDAS IMAGINE	Комерційний	Широкий функціонал для роботи з геопросторовими зображеннями, включаючи аналіз, моделювання та класифікацію.

5.4. Статистичне та аналітичне ПЗ

Для аналізу числових даних, моделювання та прогнозування часто використовується статистичне програмне забезпечення.

Таблиця 12 - Статистичне та аналітичне ПЗ

Програма	**Тип**	**Особливості**
R	Відкритий код	Мова програмування та середовище для статистичних обчислень та графіки. Має безліч пакетів для аналізу екологічних даних.
Python	Відкритий код	Універсальна мова програмування з бібліотеками (pandas, NumPy, matplotlib) для аналізу, візуалізації та машинного навчання, що часто використовується в екології.
MATLAB	Комерційний	Мова та середовище для технічних обчислень, що використовується для складного моделювання та аналізу великих масивів даних.
Microsoft Excel	Комерційний	Базовий інструмент для роботи з табличними даними, який підходить для простих розрахунків, візуалізації та підготовки звітів.

Таким чином вибір програмного забезпечення залежить від поставлених завдань, доступних ресурсів та рівня підготовки користувача. Поєднання кількох інструментів, наприклад, QGIS для картографії та Python для аналізу, дозволяє досягти найкращих результатів у сфері моніторингу довкілля.

6. Практичне застосування інструментів

6.1. Загальна характеристика

Практичне застосування інструментів моніторингу - це інтеграція розглянутих раніше програмних продуктів, баз даних та онлайн-ресурсів для вирішення конкретних екологічних завдань. Це дозволяє перетворити сирі дані на корисну інформацію, яка використовується для прийняття рішень, складання звітів та проведення досліджень.

6.2. Приклад 1: Оцінка лісових пожеж

Завдання: Виявити та оцінити масштаби лісових пожеж на певній території.

Етап	**Дії**	**Використані інструменти**
1. Збір даних	Отримати актуальні супутникові знімки високої роздільної здатності за період до і після пожежі.	Copernicus Sentinel Hub або Google Earth Engine
2. Обробка та аналіз	Використати ГІС-ПЗ для порівняння знімків, визначення меж вигорілої площі та аналізу інтенсивності пожежі.	QGIS (з плагінами для аналізу растрових даних) або ArcGIS
3. Візуалізація	Створити карту з нанесеними межами пожежі, площею вигорілого лісу та іншими показниками.	QGIS або ArcGIS
4. Складання звіту	Підготувати звіт, який включає статистичні дані (площа, оцінка збитків), карти та візуалізації.	Статистичні пакети R або Python для аналізу, Microsoft Excel для таблиць.

6.3. Приклад 2: Моніторинг стану сільськогосподарських угідь

Завдання: Оцінити стан посівів кукурудзи на великому полі протягом вегетаційного періоду.

Етап	Дії	Використані інструменти
1. Збір даних	Регулярно отримувати супутникові знімки поля, наприклад, раз на тиждень.	Sentinel-2 (через Copernicus Sentinel Hub) або Landsat Program
2. Аналіз вегетаційного індексу	Розрахувати Нормалізований індекс вегетації (NDVI), який показує "здоров'я" рослин.	SNAP або QGIS
3. Виявлення аномалій	Порівняти значення NDVI у різних частинах поля, щоб виявити ділянки з низькою вегетацією (наприклад, через нестачу вологи або шкідників).	QGIS
4. Інтерпретація та рекомендації	Інтерпретувати отримані дані та надати агроному рекомендації щодо необхідності поливу або обробки конкретних ділянок.	Таблиці в Excel, візуалізації в QGIS.

6.4. Приклад 3: Моніторинг якості повітря в місті

Завдання: Визначити основні джерела забруднення повітря у міському середовищі.

Етап	Дії	Використані інструменти
1. Збір даних	Отримати дані про концентрацію забруднюючих речовин (наприклад, PM2.5, NO_2) з моніторингових станцій.	World Air Quality Index або інші локальні ресурси.
2. Зв'язування даних з ГІС	Нанести точки моніторингових станцій на карту міста.	QGIS або ArcGIS
3. Просторовий аналіз	Використати інструменти ГІС для створення теплових карт забруднення, виявлення зон з найбільшою концентрацією та їх зв'язку з промисловими об'єктами або автошляхами.	QGIS (інструменти інтерполяції)
4. Моделювання та прогнозування	Використати спеціалізоване ПЗ для моделювання розповсюдження забруднюючих речовин, враховуючи дані про напрям вітру та інші метеорологічні фактори.	R або Python з відповідними бібліотеками.

7. Висновки та перспективи

7.1. Висновки

Система моніторингу довкілля в Україні є складною та багатокомпонентною. Вона поєднує в собі традиційні методи спостережень (через стаціонарні пости) з сучасними технологіями, такими як дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та використання глобальних баз даних.

Ключові висновки:

- Комплексність: НСМД охоплює моніторинг усіх основних компонентів довкілля - від повітря до ґрунтів.
- Багаторівневість: Система має чітку ієрархію — від центральних державних органів до локальних підрозділів.
- Інтеграція: Українські установи активно використовують відкриті глобальні ресурси (наприклад, Copernicus, Landsat) для отримання даних, що є економічно ефективним та дозволяє проводити моніторинг великих територій.

- Інструментарій: У роботі з даними моніторингу широко застосовується спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема ГІС (QGIS, ArcGIS) та аналітичні платформи (Google Earth Engine).

7.2. Перспективи розвитку

Розвиток національної системи моніторингу довкілля в Україні спрямований на подолання існуючих проблем та інтеграцію з європейськими та світовими стандартами.

Основні напрями розвитку:

- Цифровізація та автоматизація: Перехід від ручного збору даних до автоматизованих систем. Це включає встановлення сучасних станцій моніторингу, які передають дані в режимі реального часу, та створення єдиної цифрової платформи для їх агрегації.
- Розширення застосування ДЗЗ: Більш широке використання супутникових даних для моніторингу територій, що є важкодоступними або небезпечними. Це дозволить оцінювати екологічні наслідки бойових дій, моніторити незаконну діяльність та контролювати великі площі лісів і сільгоспугідь.
- Створення єдиної екосистеми даних: Розробка єдиної національної платформи, яка об'єднає дані всіх відомств, що займаються моніторингом. Це дозволить уникнути дублювання інформації, підвищить її точність та доступність для всіх зацікавлених сторін.
- Інтеграція з європейськими системами: Гармонізація українських стандартів моніторингу з вимогами Європейського Союзу. Це сприятиме обміну даними та участі України в європейських програмах, таких як Copernicus та Galileo.

У сучасному світі ефективний екологічний моніторинг є не лише інструментом контролю, а й основою для сталого розвитку, забезпечення екологічної безпеки та прийняття науково обґрунтованих рішень.

Контрольні питання

1. Які основні техногенні виклики XXI століття зумовлюють необхідність переходу до комплексних систем моніторингу?
2. У чому полягає головна відмінність підходів до моніторингу у XX та XXI століттях?
3. Яка роль глобальної системи GEOSS у забезпеченні доступу до екологічних даних?
4. Які основні напрями контролю охоплює ініціатива ООН під назвою GEMS?[
5. Яку інформацію надають системи супутникового моніторингу серій Landsat та Sentinel?
6. Як Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України використовує дані системи Global Forest Watch?
7. Які державні структури України використовують дані програм Landsat та Sentinel-2 для моніторингу лісових пожеж та змін у землекористуванні?

8. Що є основною метою функціонування Національної системи моніторингу довкілля (НСМД) в Україні?

9. Які існують рівні управління в структурі НСМД та які функції вони виконують?

10. Чим імпактний (локальний) моніторинг відрізняється від базового та фонового видів спостережень?

11. Які онлайн-ресурси є найбільш ефективними для відстеження якості атмосферного повітря в реальному часі?

12. У чому полягають переваги використання геоінформаційних систем (ГІС), таких як QGIS та ArcGIS, для аналізу екологічних даних?

13. Для чого призначене спеціалізоване програмне забезпечення SNAP (Sentinel Application Platform)?

14. Які етапи включає практичний алгоритм оцінки масштабів лісових пожеж за допомогою засобів ДЗЗ?

15. Які основні напрями розвитку НСМД пов’язані з впровадженням новітніх технологій, таких як дистанційне зондування та єдині цифрові платформи даних?

Лекція 3
ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ

Мета лекції полягає у вивченні теоретичних і правових засад створення Державної системи моніторингу довкілля (ДСМД) в Україні, визначенні її структури, підсистем та нормативно-правової бази, а також у формуванні розуміння принципів функціонування, завдань суб'єктів моніторингу, рівнів та режимів роботи системи для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку.

План лекції

1. Визначення поняття системи державної системи моніторингу довкілля
2. Мета, завдання та принципи функціонування ДСМД
3. Рівні державної системи моніторингу довкілля та режими її функціонування
4. Екологічна інформація

1. Визначення поняття системи державної системи моніторингу довкілля

Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (ст.20, 22) передбачено створення *державної системи моніторингу довкілля* та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення. Виконання цих функцій покладено на Міндовкілля та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля.

Державна система моніторингу довкілля (ДСМД) – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища та впливу на нього, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень в Україні з метою забезпечення досягнення екологічно орієнтованих цілей сталого розвитку.

Інформаційні потреби управління в галузі охорони навколишнього природного середовища є основою для формування та функціонування державної системи моніторингу довкілля.

Державна система моніторингу довкілля включає наступні підсистеми: моніторинг атмосферного повітря, моніторинг вод, моніторинг земель, моніторинг біо- та ландшафтного різноманіття, моніторинг лісів, моніторинг місць утворення, зберігання і видалення відходів, моніторинг ендогенних і екзогенних геологічних процесів, моніторинг впливу фізичних факторів (температура, шум, вібрація, випромінювання, радіація).

Порядок функціонування державної системи моніторингу довкілля та її підсистем визначається Кабінетом Міністрів України.

Органи, на які законодавством покладено обов'язок щодо здійснення

моніторингу довкілля, несуть відповідальність за його здійснення, оприлюднюють екологічну інформацію, отриману в порядку такого моніторингу, та забезпечують доступ до неї відповідно до закону.

Фінансування державної системи моніторингу довкілля здійснюється за рахунок коштів державного, місцевих бюджетів, а також інших джерел, не заборонених законодавством.

ДСМД України є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн та реалізується на основі Постанови КМУ №391 від 30 березня 1998 р. «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля».

Крім того, *до основних нормативних актів, що регламентують моніторинг об'єктів довкілля України, відносяться*:

– постанова КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря»;

– постанова КМУ від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»;

– постанова КМУ № 661 від 20.08.1993 р. «Про затвердження Положення про моніторинг земель» (діє редакція від 22.05.2021);

– постанова КМУ № 51 від 26.02.2004 р. «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення».

ДСМД являє собою відкриту інформаційну систему, пріоритетами функціонування якої є:

– захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства;

– збереження природних екосистем;

– відвернення кризових змін екологічного стану довкілля;

– запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

2. Мета, завдання та принципи функціонування ДСМД

Система моніторингу спрямована на:

– підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля;

– підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;

– підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення;

– сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Основними завданнями суб'єктів системи моніторингу є:

– довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;

– аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;

– інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;

– інформаційне обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією

населення країни і міжнародних організацій.

Створення і функціонування системи моніторингу ґрунтується на наступних принципах:

– узгодженості нормативно-правового та організаційно- методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;

– систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;

– своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання екологічної інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу;

– об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної екологічної інформації та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, зацікавлених міжнародних установ та світового співтовариства.

3. Рівні державної системи моніторингу довкілля та режими її функціонування

Функціонування державної системи моніторингу довкілля здійснюється на таких рівнях:

– національний (державний) рівень, який охоплює пріоритетні напрямки та завдання моніторингу в масштабах України та обмежується даними та інформацією, що визначені як інформаційні потреби управління в галузі охорони навколишнього природного середовища;

– регіональний рівень, який охоплює пріоритетні напрямки та завдання моніторингу в масштабах території визначеного регіону;

локальний (місцевий) рівень, який охоплює пріоритетні напрямки та завдання моніторингу в масштабах окремих територій з підвищеним антропогенним навантаженням;

– об’єктовий рівень, який охоплює пріоритетні напрямки та завдання моніторингу в рамках окремого об’єкта.

З метою підвищення ефективності функціонування державної системи моніторингу довкілля *можуть утворюватися регіональні центри моніторингу довкілля*, порядок створення та примірне положення про які затверджуються центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.

Дані та інформація, що отримуються в порядку функціонування державної системи моніторингу довкілля та її підсистем, надходять до мережі загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення прийняття управлінських рішень та доступу до екологічної інформації.

Державна система моніторингу довкілля функціонує у таких режимах:

– повсякденного функціонування (за відсутності загроз виникнення надзвичайної ситуації);

– підвищеної готовності (у разі виникнення загрози надзвичайної ситуації);

реагування на надзвичайні ситуації (у разі виникнення надзвичайної ситуації);

– відстеження у відновлювальний (реабілітаційний) період (в період відновлення після ліквідації надзвичайної ситуації).

Порядок функціонування державної системи моніторингу довкілля визначає перелік заходів, завдання та порядок взаємодії органів, що здійснюють моніторинг довкілля, під час функціонування зазначеної системи у відповідному режимі.

Спостереження за станом навколишнього природного середовища здійснюється підприємствами, установами та організаціями, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища, а також органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, фізичними або юридичними особами.

Якщо спостереження здійснюються з використанням засобів вимірювальної техніки, такі засоби повинні відповідати вимогам законодавства про метрологію та метрологічну діяльність.

Органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи та організації, а також фізичні або юридичні особи, які здійснюють спостереження за станом навколишнього природного середовища, безоплатно передають центральному органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, дані та аналітичні матеріали своїх спостережень.

4 Екологічна інформація

Екологічна інформація – це будь-яка інформація в письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій матеріальній формі про:

а) *стан довкілля та його компонентів* таких як повітря та атмосфера, води, ґрунти, землі, надра, ландшафти та природні території, включаючи водно-болотні угіддя, прибережні та морські території, біологічне різноманіття та його компоненти, включаючи генетично модифіковані організми, та взаємодію між цими компонентами;

б) *фактори* такі як речовини, енергія, шум, вібрація, електромагнітне випромінювання, радіація або відходи (включаючи радіоактивні), викиди, скиди або інші вивільнення у довкілля, які впливають або можуть вплинути на стан довкілля та його компонентів, зазначених у пункті «а» цієї частини;

в) *заходи* (включаючи адміністративні) такі як державна політика, законодавство, документи державного планування, угоди в галузі довкілля, та діяльність, які впливають або можуть вплинути на стан компонентів довкілля або факторів, зазначених у пунктах «а» та «б» цієї частини, а також заходи та діяльність, спрямовані на охорону цих компонентів;

г) *звіти про виконання екологічного законодавства*;

ґ) *витрати, пов'язані із здійсненням природоохоронних заходів* за рахунок фондів охорони навколишнього природного середовища,

інших джерел фінансування, економічний аналіз та припущення, використані в рамках заходів та діяльності, зазначених у пункті «в» цієї частини;

д) *стан здоров'я та безпеки людей*, включно із забрудненням харчового ланцюга на всіх етапах виготовлення харчових продуктів, стан умов життя людини, культурних об'єктів і споруд тією мірою, якою на них впливає або може вплинути стан компонентів довкілля, зазначених у пункті «а» цієї частини, або будь-які фактори і заходи, зазначені у пунктах «б» і «в» цієї частини, які впливають або можуть вплинути через ці компоненти;

е) *загрозу виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій*, результати ліквідації цих явищ, рекомендації щодо заходів, спрямованих на зменшення їх негативного впливу на природні об'єкти та здоров'я людей;

є) *інші відомості* та/або дані, що становлять екологічну інформацію згідно із законодавством.

Контрольні питання

1. Якими статтями Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено створення державної системи моніторингу довкілля?
2. Дайте повне визначення поняття «Державна система моніторингу довкілля» (ДСМД).
3. Що є основною базою для формування та функціонування ДСМД в Україні?
4. Які основні підсистеми входять до складу державної системи моніторингу довкілля?
5. На який орган виконавчої влади покладено функцію визначення порядку функціонування ДСМД та її підсистем?
6. Яка постанова Кабінету Міністрів України є базовою для реалізації ДСМД та затверджує Положення про неї?
7. Назвіть спеціалізовані нормативні акти (постанови КМУ), що регламентують моніторинг вод та атмосферного повітря.
8. Які пріоритети функціонування ДСМД як відкритої інформаційної системи ви знаєте?
9. У чому полягає основна мета спрямованості системи моніторингу довкілля?
10. Які основні завдання стоять перед суб'єктами системи моніторингу щодо інформаційного обслуговування?
11. На яких ключових принципах ґрунтується створення і функціонування ДСМД?
12. Охарактеризуйте ієрархічні рівні функціонування державної системи моніторингу.
13. Які режими функціонування ДСМД передбачені залежно від наявності чи відсутності надзвичайних ситуацій?
14. Яким вимогам має відповідати вимірювальна техніка, що використовується під час спостережень за станом довкілля?
15. Що включає в себе поняття «екологічна інформація»?

Лекція 4
СУБ'ЄКТИ ДСМД УКРАЇНИ. ПОВНОВАЖЕННЯ ТА ВЗАЄМОДІЯ

Мета лекції полягає у детальному вивченні інституційної структури Державної системи моніторингу довкілля (ДСМД) України, аналізі функцій та взаємодії ключових суб'єктів (Міндовкілля, Держекоінспекції, УкрГМЦ та інших), а також в ознайомленні з сучасними методами збору даних (традиційними, автоматизованими та дистанційними), міжнародними стандартами інтеграції та стратегічними перспективами цифрової трансформації системи.

План лекції

1. Інституційна структура ДСМД
2. Методи та інструменти моніторингу довкілля
3. Міжнародне співробітництво та інтеграція
4. Проблеми та виклики функціонування ДСМД
5. Перспективи розвитку системи

1. Інституційна структура ДСМД

Державна система моніторингу довкілля (ДСМД) спирається на мережу центральних органів виконавчої влади, підвідомчих агентств і служб, а також місцеві органи влади та громадські організації. Від чіткого розподілу ролей і якості міжвідомчої взаємодії залежить повнота даних і швидкість управлінських рішень (Рис. 1).

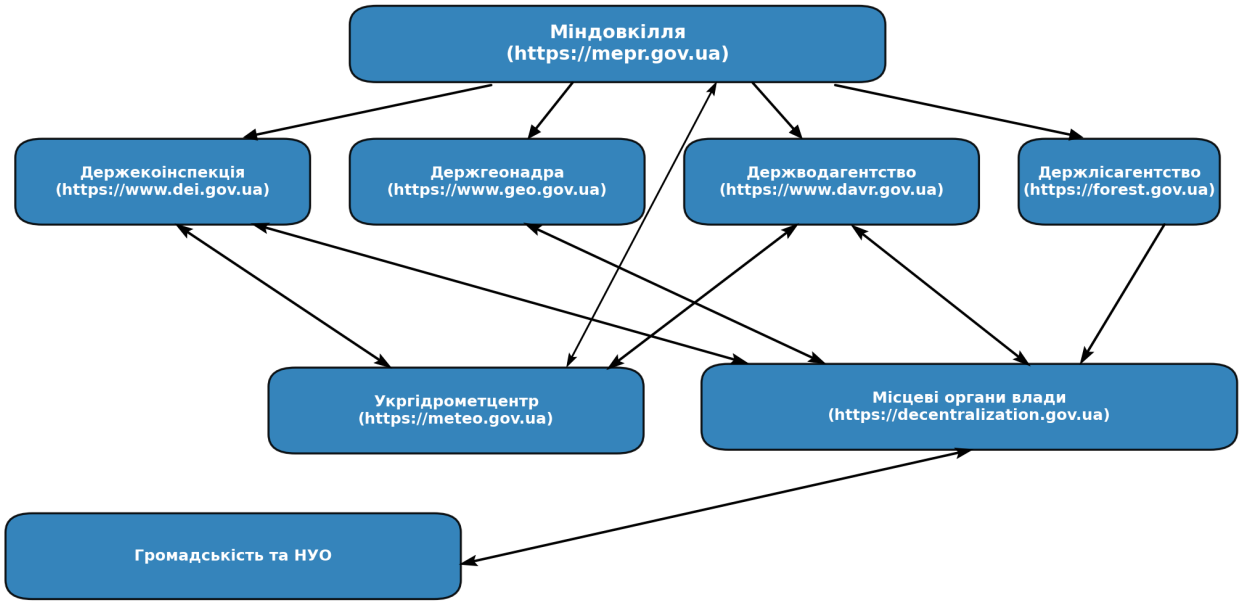

Рис.1. Інституційна структура ДСМД та взаємодія органів

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля) [https://mepr.gov.ua/] — цей центральний орган виконавчої влади відповідає за формування державної політики у сфері екологічного моніторингу. Він розробляє методики та стандарти, координує діяльність

підвідомчих служб, інтегрує екологічну інформацію для уряду та забезпечує міжнародну звітність, адаптуючи українське законодавство до права Європейського Союзу.

Державна екологічна інспекція (Держекоінспекція) [https://www.dei.gov.ua/] — здійснює державний нагляд і контроль за дотриманням природоохоронного законодавства. Інспекція проводить планові та позапланові перевірки, видає приписи щодо усунення порушень, розраховує збитки, завдані довкіллю, та передає результати перевірок до Міндовкілля, а за потреби — до органів досудового розслідування.

Державна служба геології та надр України (Держгеонадра) [https://www.geo.gov.ua/, додатково державний геологічний портал: https://www.nadra.gov.ua/] — веде державні реєстри у сфері надрокористування, здійснює облік і кадастр родовищ. Вона займається погодженням спеціальних дозволів та забезпечує науково-методичний супровід геомоніторингу.

Державне агентство водних ресурсів України (Держводагентство) [https://www.davr.gov.ua/] — реалізує басейновий підхід до управління водами, координує мережу пунктів моніторингу поверхневих і підземних вод. Агентство відповідає за лабораторний контроль і звітність, а також за узгодження планів управління річковими басейнами.

Державне агентство лісових ресурсів України (Держлісагентство) [https://forest.gov.ua/] — займається веденням лісового господарства та моніторингом стану лісів, включаючи санітарний, пожежний контроль і оцінку біорізноманіття. Воно здійснює лісовпорядкування та надає дані для екосистемних оцінок.

Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ) [https://www.meteo.gov.ua/], що входить до складу Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) [https://dsns.gov.ua/], — здійснює безперервні метеорологічні, гідрологічні та радіаційні спостереження. Центр відповідає за попередження про небезпечні явища і передачу даних до національних та міжнародних систем.

Місцеві органи влади — організовують і співфінансують локальні програми моніторингу, забезпечують публічний доступ до інформації на рівні громад та взаємодіють з неурядовими організаціями (НУО) і громадянами, сприяючи їхньому залученню до процесу моніторингу.

Міжвідомча взаємодія та проблеми координації

Успішна реалізація ДСМД значною мірою залежить від ефективної взаємодії між усіма згаданими органами. На схемі суцільні стрілки вказують на налагоджену координацію, що, як правило, підтримується по вертикалі від Міндовкілля до підвідомчих служб. Однак, міжвідомчі обміни даних між окремими службами, а також взаємодія між центральними та місцевими органами влади, найчастіше потребують уніфікації форматів та спільних регламентів. Це відображається пунктирними стрілками на схемі, що позначають зони ризику та "вузькі місця" у координації.

Наприклад, взаємодія між Держекоінспекцією та Місцевими органами влади є проблемною, оскільки оперативні дії на місцях часто затримуються через брак ресурсів або повноважень у громад. Також, інтеграція даних між Держводагентством та Держлісагентством ускладнена через розбіжності у переліках показників, періодичності моніторингу та використанні різних ГІС-форматів. Дублювання гідрологічних параметрів та різна оперативність даних між УкрГМЦ та Держводагентством вимагає узгодження протоколів обміну.

Крім того, інтеграція даних про підземні води між Держгеонадрами та Держводагентством утруднена через недостатню сумісність історичних масивів геоданих. Нарешті, якість локальних відкритих порталів, що ведуться Місцевими органами влади, часто є нерівномірною, а дані публікуються у форматах, що не є машиночитними, що обмежує участь громадськості та НУО у моніторингу. Таким чином, незважаючи на законодавчі засади, міжвідомча співпраця та обмін інформацією залишаються ключовими викликами для ефективного функціонування ДСМД.

2. Методи та інструменти моніторингу довкілля

Методи та інструменти, що використовуються в державній системі моніторингу довкілля (ДСМД), еволюціонували від традиційних підходів до застосування передових цифрових технологій. Це дозволило значно підвищити точність, швидкість і повноту збору даних.

Традиційні методи спостережень

Традиційні методи моніторингу залишаються основою системи. Вони включають мережу стаціонарних і пересувних постів спостереження, на яких здійснюється ручний або напівавтоматичний відбір проб повітря, води та ґрунту. Відібрані зразки потім транспортуються до спеціалізованих лабораторій для детального аналізу. Наприклад, Український гідрометеорологічний центр (**https://meteo.gov.ua/**) має розгалужену мережу таких постів для моніторингу атмосферного повітря в містах. Проби аналізуються на вміст специфічних забруднювачів, таких як діоксид сірки, оксиди азоту, а також формальдегід. Хоча цей метод є трудомістким, він забезпечує високу точність лабораторних досліджень і залишається критично важливим для отримання повних даних про склад компонентів довкілля.

Використання геоінформаційних систем (GIS) і дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)

Сучасний моніторинг неможливий без застосування геоінформаційних систем (GIS) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). GIS дозволяють збирати, зберігати, аналізувати та візуалізувати просторові дані про стан довкілля. За допомогою цих систем можна створювати детальні карти забруднення, аналізувати динаміку поширення лісових пожеж або змін у межах сільськогосподарських угідь. ДЗЗ включає отримання інформації з космосу, зокрема, за допомогою супутникових знімків. Це дає змогу проводити моніторинг величезних територій, що було неможливим раніше. Наприклад, дані із супутників Європейської космічної агенції (ESA) в рамках програми Copernicus (**https://www.copernicus.eu/en**) використовуються для

оцінки стану лісового покриву, рівня забруднення водних об'єктів та моніторингу танення льодовиків. Держгеокадастр (**https://land.gov.ua/**) активно використовує ці технології для моніторингу земельних ресурсів та контролю за цільовим використанням земель.

Автоматизовані системи збору даних

Автоматизовані системи є наступним кроком в еволюції моніторингу. Вони складаються з мережі датчиків, які в режимі реального часу передають дані про стан навколишнього середовища до центральних серверів. Це значно підвищує оперативність реагування на надзвичайні ситуації. Наприклад, в Україні активно розвиваються та використовуються громадські ініціативи, які створюють власні мережі автоматизованого моніторингу якості повітря. Прикладом такої системи є **EcoCity** (**https://eco-city.org.ua/**), яка надає дані в режимі реального часу, або **LUN Misto Air** (**https://misto.lun.ua/air**). Їх впровадження є одним із ключових напрямків розвитку ДСМД в Україні, оскільки такі системи дозволяють оперативно інформувати населення про поточний стан якості повітря.

3. Міжнародне співробітництво та інтеграція

Державна система моніторингу довкілля України не функціонує ізольовано. Вона активно співпрацює з міжнародними організаціями та програмами, що є ключовим елементом для підвищення її ефективності та приведення у відповідність до світових стандартів.

Відповідність стандартам ЄС та міжнародним угодам

Інтеграція України в європейський екологічний простір вимагає гармонізації національного законодавства з нормами ЄС. Одним із ключових аспектів є виконання вимог **Орхуської конвенції** (**https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_015**), яка гарантує право громадськості на доступ до екологічної інформації, участь у прийнятті рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля. Це зобов'язує ДСМД бути максимально відкритою та прозорою. Крім того, співпраця з **Європейською агенцією з довкілля (EEA)** (**https://www.eea.europa.eu/**) дозволяє Україні використовувати її методології та передовий досвід для збору та аналізу екологічних даних, а також обмінюватися інформацією на постійній основі.

Участь України в глобальних моніторингових програмах

Україна бере участь у низці глобальних моніторингових програм, що розширює її можливості та сприяє обміну даними на міжнародному рівні. Однією з таких програм є **Глобальна система систем спостережень Землі (GEOSS)** (**https://www.earthobservations.org/**). Вона об'єднує різноманітні системи спостережень за Землею, що дозволяє отримувати повну картину стану планети. Участь України в цій системі дає змогу використовувати глобальні дані для вирішення національних екологічних проблем. Ще однією важливою ініціативою є програма ЄС **Copernicus** (**https://www.copernicus.eu/en**). Вона надає доступ до величезного масиву супутникових даних та інформації про стан довкілля, які українські фахівці

можуть використовувати для моніторингу лісових пожеж, якості повітря та води, а також для аналізу кліматичних змін.

4. Проблеми та виклики функціонування ДСМД

Незважаючи на чітку нормативно-правову базу та розгалужену інституційну структуру, державна система моніторингу довкілля в Україні стикається з низкою серйозних проблем, які перешкоджають її ефективній роботі та повній інтеграції у міжнародні моніторингові мережі.

Недостатнє фінансування

Однією з головних проблем є хронічне недофінансування. Держава виділяє недостатньо коштів на оновлення матеріально-технічної бази, закупівлю сучасного моніторингового обладнання та навчання персоналу. Це призводить до того, що багато станцій спостереження використовують застарілі технології, які не відповідають міжнародним стандартам. Наприклад, багато датчиків не можуть вимірювати такі важливі показники, як дрібнодисперсний пил (PM2.5), який має значний вплив на здоров'я людини. Крім того, брак коштів на обслуговування обладнання призводить до його частих поломок, що ускладнює отримання безперервних та достовірних даних.

Технічна відсталість і фрагментарність даних

Технічна відсталість української ДСМД проявляється у відсутності єдиної автоматизованої платформи для збору, обробки та зберігання екологічних даних. Інформація збирається різними відомствами і часто зберігається у розрізнених базах даних, що робить її фрагментованою та ускладнює комплексний аналіз. Немає єдиної системи, яка б інтегрувала дані з різних джерел - моніторингу повітря, води, ґрунту та лісів. Це створює "сліпі зони" та унеможливлює швидке та адекватне реагування на надзвичайні екологічні ситуації, а також ускладнює прогнозування.

Доступ громадськості до екологічної інформації

Попри законодавчі вимоги **Орхуської конвенції** та **Закону України «Про доступ до публічної інформації»**, доступ громадськості до екологічних даних залишається обмеженим. Інформація часто публікується з запізненням, у незручних для аналізу форматах (наприклад, у вигляді статичних PDF-звітів, а не інтерактивних баз даних). Такий стан речей не дозволяє громадянам повноцінно оцінювати екологічну ситуацію у своїх населених пунктах та брати участь у прийнятті рішень. Це, у свою чергу, обмежує можливості для громадського контролю та сприяє зниженню довіри до державних органів.

5. Перспективи розвитку системи

Для подолання наявних проблем та забезпечення ефективного функціонування ДСМД в Україні необхідно орієнтуватися на використання сучасних технологій та залучення громадськості. Це ключові напрямки для її модернізації.

Перехід до цифрових платформ екологічного моніторингу

Перспективи розвитку системи значною мірою пов’язані зі створенням єдиної цифрової платформи для збору та аналізу екологічних даних. Така платформа дозволить інтегрувати інформацію з усіх підсистем ДСМД (повітря, вода, ґрунти, ліси тощо) в єдину, централізовану базу. Це усуне проблему фрагментарності та забезпечить комплексний підхід до аналізу стану довкілля. Наприклад, на єдиній інтерактивній карті можна буде відслідковувати кореляцію між якістю повітря, станом водних об'єктів та динамікою захворюваності населення в конкретних регіонах.

Використання Big Data, IoT та штучного інтелекту

Модернізація ДСМД передбачає широке впровадження технологій Big Data, Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту (ШІ). Датчики IoT, розташовані по всій країні, зможуть в режимі реального часу передавати величезні обсяги даних, які потім можуть бути оброблені за допомогою Big Data аналітики. Це дозволить здійснювати безперервний моніторинг та оперативно виявляти аномалії. Штучний інтелект, у свою чергу, може бути використаний для автоматичного аналізу супутникових знімків, прогнозування поширення забруднень або оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. Наприклад, ШІ може аналізувати знімки з програми Copernicus (**https://www.copernicus.eu/en**) для швидкого виявлення незаконних вирубок або змін у лісових масивах.

Участь громадян у моніторингу (Citizen Science)

Розвиток ДСМД неможливий без залучення громадськості. Концепція **«громадянської науки» (Citizen Science)** передбачає активну участь людей у зборі екологічних даних за допомогою простих та доступних інструментів, таких як мобільні додатки та недорогі сенсори. Такі ініціативи, як **EcoCity** (**https://eco-city.org.ua/**), демонструють, що громадськість може бути важливим джерелом інформації. Інтеграція даних, зібраних громадянами, в офіційну систему моніторингу дозволить значно розширити мережу спостережень, підвищити прозорість та довіру до екологічних даних.

Висновки

1. Державна система моніторингу довкілля (ДСМД) України є ключовим інструментом для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку країни. Вона відіграє критично важливу роль у зборі, аналізі та поширенні інформації про стан довкілля, що є основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Незважаючи на існуючі проблеми, такі як недостатнє фінансування, технічна відсталість та фрагментарність даних, ДСМД залишається фундаментом для розробки та реалізації природоохоронних заходів. Її ефективне функціонування дозволяє ідентифікувати джерела забруднення, прогнозувати екологічні ризики та оцінювати ефективність державних програм.

2. Інтеграція ДСМД України в міжнародні моніторингові мережі має величезне значення. Співпраця з такими організаціями, як **Європейська агенція з довкілля** та участь у програмах **Copernicus** та **GEOSS**, дозволяють

Україні використовувати світові практики та отримувати доступ до сучасних технологій. Це сприяє підвищенню точності та достовірності екологічних даних, а також їх гармонізації з міжнародними стандартами. Така інтеграція не лише покращує якість національного моніторингу, а й зміцнює позиції України на міжнародній арені, демонструючи її готовність відповідати глобальним екологічним викликам та виконувати свої зобов'язання в рамках європейської та світової екологічної політики.

Контрольні питання

1. Який центральний орган виконавчої влади відповідає за формування державної політики та розробку стандартів у сфері екологічного моніторингу в Україні?
2. Які функції виконує Державна екологічна інспекція в межах ДСМД та кому вона передає результати перевірок?
3. Чим відрізняються зони відповідальності Держводагентства та Держгеонадр у питаннях моніторингу водних ресурсів?
4. Яка роль Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ) у системі моніторингу та до складу якого відомства він входить?
5. Назвіть основні проблеми міжвідомчої взаємодії при обміні екологічними даними в Україні.
6. У чому полягає різниця між традиційними методами спостережень та автоматизованими системами збору даних?
7. Які переваги надає використання супутникових даних програми Copernicus для екологічного моніторингу?
8. Наведіть приклади громадських ініціатив (Citizen Science) в Україні, що займаються моніторингом якості повітря.
9. Яке значення має Орхуська конвенція для функціонування ДСМД та доступу громадськості до інформації?
10. Як недостатнє фінансування впливає на технічний стан мережі постів спостереження та перелік вимірюваних показників (наприклад, PM2.5)?
11. Чому фрагментарність даних у розрізнених базах даних відомств вважається суттєвим викликом для ДСМД?
12. Які можливості для прогнозування екологічних ризиків відкриває використання штучного інтелекту (ШІ) та Big Data?
13. Що передбачає перехід до єдиної цифрової платформи екологічного моніторингу «ЕкоСистема»?
14. Як інтеграція даних від звичайних громадян (Citizen Science) може підвищити довіру до офіційних екологічних показників?
15. Які стратегічні переваги отримує Україна від інтеграції в міжнародні мережі, такі як GEOSS та Європейська агенція з довкілля (EEA)?

Лекція 5
ЯКІСТЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: КРИТЕРІЇ ТА ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ

Мета лекції: сформувати систему знань про методологічні основи оцінки стану довкілля; вивчити ієрархію екологічних нормативів (ГДК, ГДВ, ГДС); опанувати принципи класифікації показників якості природних компонентів та методи розрахунку комплексних індексів забруднення для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

План лекції

1. Теоретичні основи нормування якості довкілля
2. Система санітарно-гігієнічних нормативів (ГДК)
3. Виробничі нормативи емісій: ГДВ та ГДС
4. Комплексні показники та індекси якості компонентів довкілля
5. Сучасні підходи до оцінки: екологічні ризики та біоіндикація

1. Теоретичні основи нормування якості довкілля

1.1. Поняття екологічного регламенту та нормативу

Екологічне нормування – це діяльність державних органів та наукових установ із встановлення гранично допустимих меж впливу антропогенних чинників на навколишнє природне середовище (НПС). Об’єктивною основою нормування є екологічна стійкість – здатність екосистеми поглинати певну кількість шкідливого впливу без незворотного порушення своїх функцій.

Норматив екологічної безпеки – це встановлений у законодавчому порядку граничний показник (кількісний або якісний), що характеризує стан довкілля, за якого ризик виникнення негативних наслідків для здоров’я людини та стану природних об'єктів мінімізований.

Ієрархія критеріїв оцінки:

1. Критерій антропоцентричний – оцінка якості середовища базується на ступені його безпеки для людини: пріоритет збереження здоров’я, працездатності та тривалості життя.

2. Критерій екоцентричний (біоцентричний) – оцінка базується на збереженні цілісності біогеоценозів: деякі види флори та фауни є значно чутливішими до забруднення, ніж людина (наприклад, лишайники чутливі до SO_2), тому нормативи, орієнтовані лише на людину, не завжди гарантують збереження природи.

Методологічні підходи до встановлення нормативів:

1. Концепція «нульового ризику» (застаріла) – передбачає повну відсутність будь-якого впливу. В сучасних промислових умовах є технічно неможливою.

2. Концепція «прийнятного ризику» (сучасна) – визнає можливість певного впливу, який суспільство готове прийняти в обмін на соціально-економічні вигоди, за умови, що цей вплив не призводить до патологічних змін.

Об'єкти нормування:

– атмосферне повітря населених місць та робочої зони;

– вода (питна, рибогосподарського призначення, рекреаційного призначення);

– грунти (сільськогосподарського використання, міських територій);

– фізичні фактори (електромагнітні поля, вібрація, шум, радіація).

Юридичне значення нормативів: правовою основа для екологічної експертизи проектів будівництва, визначення розмірів збитків при порушенні законодавства, встановлення лімітів на викиди/скиди (ГДВ/ГДС), проведення державного екологічного моніторингу.

1.2. Класифікація нормативів

У системі екологічного управління нормативи класифікуються за об’єктом впливу, характером обмежень та сферою застосування. Ця класифікація дозволяє реалізувати комплексний підхід до охорони довкілля, поєднуючи медичні, технічні та правові вимоги.

Основні групи нормативів:

1. Нормативи екологічної безпеки (Санітарно-гігієнічні):

Призначення: спрямовані на захист життя та здоров'я населення.

Ключові показники: гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних речовин у повітрі, воді та ґрунті, а також гранично допустимі рівні (ГДР) фізичних чинників (шум, електромагнітне випромінювання, радіація).

Особливість: є єдиними для всієї території держави та обов'язковими для дотримання всіма суб'єктами.

2. Екологічні нормативи якості компонентів довкілля:

Призначення: забезпечення сталого функціонування екосистем та збереження біологічного різноманіття.

Зміст: встановлюють граничні значення параметрів стану природних об'єктів (наприклад, вміст кисню у водоймі, рівень заліснення території, структура ґрунтового покриву).

Особливість: можуть мати регіональну специфіку залежно від природних особливостей місцевості.

3. Нормативи гранично допустимих емісій (Виробничо-господарські):

Призначення: регулювання антропогенного навантаження безпосередньо на джерелі впливу.

Ключові показники: гранично допустимі викиди (ГДВ) в атмосферу та гранично допустимі скиди (ГДС) у водні об'єкти.

Особливість: розраховуються індивідуально для кожного підприємства на основі ГДК, враховуючи фоновий стан середовища та технологічні можливості виробництва.

4. Нормативи використання природних ресурсів:

Встановлюють ліміти на вилучення природних багатств (води, корисних копалин, лісу) з метою запобігання їх виснаженню.

Вимоги до розробки нормативів:

– наукова обґрунтованість: базується на результатах токсикологічних, епідеміологічних та біологічних досліджень;

– систематичність: регулярний перегляд нормативів у зв'язку з появою нових даних про токсичність речовин або розвитком технологій моніторингу;

– метрологічна забезпеченість: наявність офіційно затверджених методик вимірювання, які дозволяють зафіксувати концентрацію на рівні встановленого нормативу.

2. Система санітарно-гігієнічних нормативів (ГДК)

2.1. Класифікація ГДК та режими впливу

ГДК є фундаментальним критерієм якості середовища в системі ДСМД. Оскільки характер впливу хімічних речовин на організм залежить від тривалості експозиції та шляхів надходження, у нормуванні використовується диференційований підхід.

1. Класифікація ГДК для атмосферного повітря:

Встановлюється окремо для повітря населених місць, щоб захистити найбільш вразливі групи населення (дітей, людей похилого віку), які перебувають під впливом середовища цілодобово.

ГДК м.р. (максимально разова):

Призначення: запобігання рефлекторним реакціям організму (відчуття запаху, подразнення слизових оболонок, зміна світлової чутливості очей).

Регламент: концентрація при осередненні проби протягом 20 хвилин.

Застосування: використовується для контролю короткочасних викидів підприємств.

ГДК с.д. (середньодобова):

Призначення: запобігання хронічному загальнотоксичному, мутагенному, тератогенному чи канцерогенному впливу при тривалому (протягом років) вдиханні речовини.

Регламент: осереднюється за 24 години.

Застосування: використовується як основний норматив для оцінки довгострокового екологічного стану території та планування житлової забудови.

2. ГДК робочої зони (ГДК р.з.):

Це концентрація, яка при щоденній роботі (8 годин) протягом усього робочого стажу не повинна викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я працівників. ГДКр.з. зазвичай у десятки разів вища за ГДК для населених місць, оскільки час впливу обмежений робочою зміною, а контингент (працівники) проходить медичний відбір.

3. Класифікація за класами небезпеки:

Всі речовини за ступенем шкідливості поділяються на 4 класи (відповідно до ГОСТ 12.1.007-76):

I клас – надзвичайно небезпечні (ртуть, свинець, бенз(а)пірен).

II клас – високонебезпечні (сірчистий ангідрид, хлор, оксиди азоту).

III клас – помірно небезпечні (сажа, цементний пил).

IV клас – малонебезпечні (бензин, етиловий спирт).

4. Режими впливу та біологічна відповідь:

– поріг специфічної дії: мінімальна концентрація, що викликає зміни в організмі, які виходять за межі фізіологічних реакцій;

– кумуляція: здатність речовини накопичуватися в організмі (матеріальна кумуляція) або накопичувати викликані нею негативні ефекти (функціональна кумуляція). Нормативи ГДК с.д. розраховуються з урахуванням ефекту кумуляції.

2.2. Поняття про лімітуючий показник шкідливості (ЛПШ)

Встановлення нормативів ГДК для складних середовищ, таких як вода чи ґрунт, ускладнюється тим, що одна і та сама речовина може одночасно впливати на здоров'я людини, змінювати органолептичні властивості води або пригнічувати життєдіяльність мікроорганізмів. Для розв'язання цієї проблеми використовується концепція лімітуючого показника шкідливості.

ЛПШ – це показник, що характеризується мінімальною концентрацією речовини, яка викликає перший (найбільш ранній) прояв негативного впливу. Саме за цим показником встановлюється норматив для даної сполуки.

Основні групи ЛПШ для водних об'єктів:

1. Органолептичний (орг.):

Суть: речовина змінює колір, запах, смак води або викликає появу піни та плівок на поверхні.

Приклад: нафтопродукти або феноли можуть надавати воді специфічного запаху при концентраціях, які ще не є токсичними для організму, але роблять воду непридатною для споживання.

2. Загальносанітарний (заг.-сан.):

Суть: речовина впливає на процеси самоочищення водойм, пригнічуючи діяльність сапрофітної мікрофлори.

Показники: зміна біохімічного споживання кисню (БСК), розчиненого кисню або активної реакції середовища (pH).

3. Санітарно-токсикологічний (сан.-токс.):

Суть: безпосередній шкідливий вплив на організм людини або теплокровних тварин (токсичність, канцерогенність).

Застосування: використовується для важких металів, пестицидів та складних органічних сполук.

4. Рибогосподарський:

Суть: враховує вплив на риб, їхню кормову базу та процеси розмноження.

Особливість: часто ці нормативи є значно жорсткішими за санітарні, оскільки гідробіонти перебувають у водному середовищі постійно.

Алгоритм визначення ГДК за ЛПШ:

Під час лабораторних досліджень для кожної речовини визначають порогові концентрації за кожним із показників. Найменша з отриманих величин приймається як офіційна ГДК.

Приклад: Якщо для речовини "Х" поріг за запахом – 0,5 мг/л, за токсичністю – 1,0 мг/л, а за впливом на мікрофлору – 0,8 мг/л, то ГДК буде встановлено на рівні 0,5 мг/л за органолептичним ЛПШ.

2.3. Ефекти сумування забруднювачів (Адитивність)

У реальних умовах довкілля організм людини та екосистеми рідко піддаються впливу лише однієї ізольованої речовини. Як правило, у викидах підприємств або скидах стічних вод присутня суміш десятків сполук. У таких випадках виникає явище комбінованої дії.

Адитивність (сумування) – це вид комбінованої дії, при якому сумарний ефект суміші дорівнює сумі ефектів кожної речовини окремо. Це найбільш поширений тип взаємодії, який офіційно враховується в екологічному нормуванні.

Умова безпеки при сумуванні:

Для речовин, що мають односпрямовану дію (впливають на ті самі органи чи системи організму), сума їхніх відносних концентрацій не повинна перевищувати одиницю. Розрахунок ведеться за формулою:

$$\frac{C_1}{ГДК_1}+\frac{C_2}{ГДК_2}+\cdots+\frac{C_i}{ГДК_i}\leq 1$$

де: C_1, C2, C_i – фактичні (виміряні) концентрації речовин у середовищі;

$ГДК_1$, $ГДК_2$, $ГДК_i$ – відповідні встановлені нормативи для цих речовин.

Групи речовин з ефектом сумування (приклади):

В офіційних переліках нормативів зафіксовані групи речовин, для яких розрахунок за формулою адитивності є обов'язковим:

– діоксид азоту (NO_2) та діоксид сірки (SO_2);

– діоксид сірки (SO_2) та аерозоль сірчаної кислоти;

– фенол та ацетон;

– вальпроєва та оцтова кислоти.

Хоча нормування переважно базується на адитивності, науці відомі й інші механізми:

1. Синергізм (потенціювання): підсилення ефекту, коли сумарна дія більша за просте сумування (наприклад, алкоголь підсилює дію багатьох токсинів).

2. Антагонізм: послаблення дії однієї речовини іншою (основа дії антидотів).

3. Незалежна дія: речовини впливають на різні органи, і їхні ефекти не пов'язані між собою.

Практичне значення:

Якщо в повітрі міста концентрація NO_2 становить 0,8 ГДК, а SO_2 – 0,4 ГДК, то попри те, що кожна речовина окремо не перевищує норму, загальний стан повітря вважається ***незадовільним***, оскільки сума часток складає 0,8 + 0,4 = 1,2 (що більше за 1).

3. Виробничі нормативи емісій: ГДВ та ГДС

3.1. Гранично допустимі викиди (ГДВ) в атмосферу

На відміну від ГДК, які визначають якість повітря в зоні проживання людей, ГДВ регулює кількість шкідливих речовин безпосередньо «на зрізі»

труби підприємства. Це основний інструмент екологічного контролю за діяльністю промислових об'єктів.

Гранично допустимий викид (ГДВ) – це науково-технічний норматив, що встановлює масу викиду забруднюючої речовини в одиницю часу (г/с або т/рік) для конкретного джерела, за умови перевищення якої в приземному шарі атмосфери не створюється концентрація, що перевищує ГДК.

Ключові фактори розрахунку ГДВ:

При встановленні нормативу для конкретного джерела (труби) враховуються такі параметри:

1. Геометричні параметри джерела: висота труби (H) та її діаметр (D). Чим вища труба, тим більшим може бути ГДВ за рахунок розсіювання.

2. Фізичні параметри викиду: швидкість виходу газової суміші та різниця температур між викидом і навколишнім повітрям (ΔT). Теплі викиди піднімаються вище, що покращує розсіювання.

3. Метеорологічні умови: коефіцієнт стратифікації атмосфери (A), швидкість вітру, рельєф місцевості.

4. Фонове забруднення (Сфон): враховується вже існуючий рівень забруднення повітря від інших джерел у даному районі.

Формула розрахунку балансу (спрощено):

$$C_{max} + C_{фон} \leq ГДК$$

де C_{max} – максимальна приземна концентрація, що створюється саме цим джерелом.

Тимчасово погоджені викиди (ТПВ):

Якщо підприємство з об'єктивних технологічних причин не може забезпечити рівень ГДВ, йому можуть бути встановлені ТПВ. Це тимчасові ліміти на період поетапного впровадження очисного обладнання або модернізації виробництва.

Документальний супровід:

Нормативи ГДВ фіксуються в Дозволі на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, який видається Міндовкілля або місцевими державними адміністраціями.

3.2. Гранично допустимі скиди (ГДС) у водні об'єкти

Нормування скидів стічних вод має на меті підтримання такого складу води у водоймі-приймачі, який відповідає встановленим ГДК для конкретного виду водокористування (господарсько-питного, культурно-побутового або рибогосподарського).

Гранично допустимий скид (ГДС) – це маса речовини у стічних водах, максимально допустима до відведення у встановленому режимі в даному пункті водного об'єкта в одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

Ключові чинники розрахунку ГДС:

На відміну від атмосфери, де діє розсіювання, у водних об'єктах враховуються процеси змішування та самоочищення. Основними параметрами є:

1. Гідрологічний режим водойми: витрата води в річці (Q), швидкість течії, глибина та коефіцієнт звивистості русла.

2. Характеристики стічних вод: витрата стічних вод (q) та фактична концентрація забруднювачів.

3. Змішування: розраховується коефіцієнт змішування (γ), який показує, яка частина річкового потоку бере участь у розбавленні стічних вод до досягнення контрольного створу.

4. Контрольний створ: місце на водоймі, розташоване нижче за течією від скиду (зазвичай на відстані до 1 км), де якість води вже має відповідати нормативам ГДК.

5. Фонова концентрація ($C_{фон}$): вміст речовини у річці вище за течією від місця скиду.

Умова встановлення ГДС:

Основне рівняння балансу для розрахунку ГДС базується на тому, що після змішування концентрація не повинна перевищувати ГДК:

$$C_{ст} + C_{фон} \cdot \gamma \cdot Q \leq ГДК \cdot (q + \gamma \cdot Q)$$

де $C_{ст}$ – допустима концентрація речовини у стічній воді, яка і стає основою для розрахунку ГДС (г/год або т/рік).

Особливості нормування скидів:

Заборона скиду: категорично забороняється скидати стічні води, що містять речовини, для яких не встановлено ГДК, а також ті, що можуть бути усунуті шляхом організації оборотного водопостачання.

Вимоги до очистки: якщо фактичний скид перевищує розрахований ГДС, підприємство зобов'язане забезпечити таку ступінь очистки, яка б гарантувала дотримання нормативів у контрольному створі.

4. Комплексні показники та індекси якості компонентів довкілля

4.1. Індекс забруднення атмосфери (ІЗА)

Оскільки в атмосферному повітрі міст одночасно присутні десятки різних речовин, оцінка якості за кожною окремою ГДК не дає цілісної картини. Для порівняння рівня забруднення різних міст або одного міста в різні роки використовується комплексний показник – Індексу забруднення атмосфери (ІЗА).

Методологія розрахунку:

ІЗА враховує не лише кратність перевищення ГДК, а й ступінь шкідливості кожної речовини, зводячи їх до показника забруднення діоксидом сірки. Розрахунок проводиться за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{C_i}{ГДК_{с.д.i}} \right)^{K_i}$$

де: C_i – середня річна концентрація *i*-ї речовини;

$ГДК_{сді}$ – середньодобова гранично допустима концентрація *i*-ї речовини;

K_i – безрозмірний коефіцієнт (показник ступеня), що залежить від класу небезпеки речовини (K_1=1.7 для I класу, K_2=1.3 для II класу, K_3=1.0 для III класу, K_4=0.85 для IV класу).

Класифікація рівнів забруднення за ІЗА:

За величиною комплексного індексу ІЗА (зазвичай розрахованого за 5-ма пріоритетними речовинами – $ІЗА_5$) стан атмосфери оцінюється наступним чином:

Низький: ІЗА ≤ 5

Підвищений: 5 < ІЗА ≤ 7

Високий: 7 < ІЗА ≤ 14

Дуже високий: ІЗА > 14

Пріоритетні речовини: для розрахунку $ІЗА_5$ в Україні найчастіше обирають речовини, які мають найбільші значення внеску в сумарне забруднення (наприклад: пил, діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, формальдегід).

Переваги показника:

– дозволяє ранжувати міста за ступенем екологічного благополуччя.

– враховує ефект тривалої (хронічної) дії забруднювачів на населення.

– дає змогу відстежувати динаміку змін якості повітря протягом десятиліть.

4.2. Індекс якості води (ІЯВ) та класифікація вод

Для комплексної оцінки стану водних об'єктів використовується розрахунок інтеральних показників, які дозволяють трансформувати велику кількість гідрохімічних параметрів у єдину шкалу якості. Найбільш поширеним у системі моніторингу є Індекс якості води (ІЯВ) або Індекс забрудненості води (ІЗВ).

Методологія розрахунку ІЗВ:

Індекс розраховується за обмеженим числом найважливіших показників (зазвичай 6), до яких обов'язково включаються:

1. Розчинений кисень (O_2).
2. Біохімічне споживання кисню ($БСК_5$).
3. Чотири найбільш критичні забруднювачі для даного водного об'єкта (наприклад, амонійний азот, нафтопродукти, феноли, важкі метали).

Формула розрахунку:

$$ІЗВ = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{ГДК_i}$$

де: C_i – середня концентрація компонента;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація для відповідного типу водокористування (рибогосподарського або санітарно-побутового);

n – кількість показників, що використовуються для розрахунку (зазвичай n=6).

Класифікація вод за ступенем чистоти:

Залежно від величини розрахованого індексу, водні об'єкти поділяються на класи:

I клас (ІЗВ ≤ 0,3): Дуже чисті.

II клас (0,3 < ІЗВ ≤ 1,0): Чисті.

III клас (1,0 < ІЗВ ≤ 2,5): Помірно забруднені.

IV клас (2,5 < ІЗВ ≤ 4,0): Забруднені.

V клас (4,0 < ІЗВ ≤ 6,0): Брудні.

VI клас (6,0 < ІЗВ ≤ 10,0): Дуже брудні.

VII клас (ІЗВ > 10,0): Надзвичайно брудні.

Особливості нормування:

Для показників, що лімітуються органолептично, перевищення ГДК свідчить про втрату споживчої цінності води.

Для кисню та інших показників, де вихід за межі норми означає зменшення значення, формула адаптується (використовується зворотне відношення ГДК / С).

Ці показники є базою для розробки Планів управління річковими басейнами (ПУРБ), що відповідає стандартам Водної рамкової директиви ЄС.

4.3. Показники стану ґрунтів та коефіцієнт Zc

Нормування якості ґрунту має свої особливості, оскільки ґрунт є депонуючим середовищем, де забруднювачі накопичуються протягом тривалого часу. Оцінка проводиться за показниками санітарного стану та рівнем хімічного забруднення.

1. Коефіцієнт концентрації забруднюючої речовини (Kc):

Показує кратність перевищення вмісту конкретної речовини відносно фонового рівня або нормативу:

$$Kc = \frac{C}{C_{\text{фон}}} \text{ або } Kc = \frac{C}{\text{ГДК}}$$

2. Сумарний показник забруднення (Zc):

Використовується для оцінки техногенного навантаження при багатокомпонентному забрудненні металами та іншими токсикантами. Він розраховується як сума коефіцієнтів концентрацій окремих елементів:

$$Zc = \sum_{i=1}^{n} Kc_i - (n-1)$$

де: Kc_i – коефіцієнт концентрації і-ї речовини;

n – кількість компонентів, що враховуються.

3. Класифікація рівнів забруднення ґрунту за Zc:

Допустимий: Zc < 16. (мінімальний рівень захворюваності населення).

Помірно небезпечний: 16 ≤ Zc < 32. (збільшення загальної захворюваності).

Небезпечний: 32 ≤ Zc < 128. (збільшення дитячої захворюваності, порушення репродуктивної функції).

Надзвичайно небезпечний: Zc ≥ 128. (високий рівень захворюваності, патології вагітності).

4. Санітарне число Хлєбнікова:

Це інтегральний показник санітарного стану ґрунту, що визначається як відношення кількості «гумусного» азоту до загального органічного азоту. Воно характеризує здатність ґрунту до самоочищення від органічних забруднень. Чистий ґрунт має показник 0,98–1,0.

При оцінці якості ґрунтів сільськогосподарського призначення обов'язково враховується показник переходу речовин у рослини (транслокаційний ЛПШ), щоб не допустити накопичення токсинів у продуктах харчування.

5. Сучасні підходи до оцінки: екологічні ризики та біоіндикація

5.1. Методи біоіндикації та біотестування

Фізико-хімічні методи аналізу (вимірювання концентрацій у мг/л чи мкг/м³) дають точну кількісну характеристику забруднення, але не дозволяють оцінити реальну біологічну реакцію живих організмів на сукупний вплив усіх чинників довкілля. Для отримання інтегральної оцінки використовують біологічні методи.

1. Біоіндикація:

Це оцінка стану середовища за допомогою живих організмів (біоіндикаторів) у їхньому природному середовищі існування.

Види біоіндикації:

Специфічна: реакція організму на конкретну речовину (наприклад, хлороз листя при надлишку хлору).

Неспецифічна: загальна реакція на будь-який стресовий чинник (сповільнення росту, зміна видового складу).

Приклади біоіндикаторів:

Лишайники (ліхеноіндикація): вкрай чутливі до діоксиду сірки та сполук фтору. За їх наявністю та станом визначають зони забруднення атмосферного повітря.

Хвойні дерева: реагують на кислотні опади зміною забарвлення та тривалості життя хвої.

Безхребетні (бентос): за складом популяцій у донних відкладеннях визначають клас якості води (індекс Майєра, індекс Вудівісса).

2. Біотестування:

Це лабораторний метод оцінки токсичності середовища (води, витяжки з ґрунту) за допомогою тест-об'єктів, які спеціально вносяться у відібрану пробу.

Тест-об'єкти:

Дафнії (Daphnia magna): оцінюється летальність за певний проміжок часу.

Зелені водорості (Chlorella): оцінюється зміна швидкості росту та інтенсивності фотосинтезу.

Бактерії (система "Vibrio fischeri"): оцінюється пригнічення біолюмінесценції під дією токсинів.

Переваги біологічних методів:

Ефект сумування: враховується комбінована дія всіх присутніх речовин, включаючи ті, для яких не встановлено ГДК.

Біодоступність: фіксується лише та частина забруднення, яка реально впливає на біоту.

Економічність: можливість швидкого скринінгу великих територій без дорогого аналітичного обладнання.

Обмеження:

Складність стандартизації через індивідуальну мінливість живих організмів.

Неможливість ідентифікувати конкретну хімічну речовину-винуватця без додаткового хімічного аналізу.

5.2. Основи методології оцінки екологічного ризику

Оцінка ризику є сучасним інструментом, що дозволяє прогнозувати ймовірність виникнення негативних наслідків для здоров'я людини при певному рівні впливу чинників довкілля. Вона доповнює систему ГДК, дозволяючи приймати рішення в умовах, коли нормативи перевищені, але необхідно оцінити реальну небезпеку.

1. Етапи оцінки ризику:

Методологія включає чотири обов'язкові стадії:

Ідентифікація небезпеки: виявлення потенційно шкідливих чинників (хімічних речовин) та оцінка повноти даних про їхню токсичність.

Оцінка експозиції: розрахунок реальних доз речовин, які надходять в організм через повітря, воду або їжу протягом певного часу.

Оцінка залежності «доза-відповідь»: встановлення зв'язку між кількістю речовини та ступенем/ймовірністю прояву шкідливого ефекту.

Характеристика ризику: фінальний розрахунок кількісних показників ризику та їх порівняння з прийнятними рівнями.

2. Характеристика неканцерогенного ризику:

Для оцінки речовин, що не викликають рак, використовується коефіцієнт небезпеки (HQ):

$$HQ = AD/RfD$$

де: AD – середньодобова доза речовини, що надходить в організм;

RfD – референтна (безпечна) доза.

При впливі суміші речовин розраховується індекс небезпеки (HI) як сума HQ для окремих компонентів. Якщо HI > 1.0, ймовірність розвитку негативних ефектів у населення зростає.

3. Характеристика канцерогенного ризику (CR):

Визначає ймовірність розвитку онкологічних захворювань протягом усього життя людини (70 років).

$$CR = AD \times SF$$

де SF – фактор нахилу (показник канцерогенного потенціалу речовини).

Класифікація рівнів ризику:

De minimis (прийнятний): менше 10^{-6} (1 випадок на мільйон населення). Не потребує додаткових заходів.

Гранично допустимий: від 10^{-6} до 10^{-4}. Вимагає постійного моніторингу.

Неприйнятний: понад 10^{-4}. Потребує негайного вжиття заходів щодо зниження забруднення.

Методологія ризику дозволяє виділити «пріоритетні» забруднювачі та території, де загроза здоров'ю є найбільшою, навіть якщо за показниками ГДК ситуація виглядає неоднозначною.

Контрольні питання

1. Дайте визначення екологічного нормування та розкрийте його роль у системі екологічного управління.
2. У чому полягає принципова відмінність між антропоцентричним та екоцентричним критеріями оцінки якості довкілля?
3. Класифікуйте основні групи екологічних нормативів за їх призначенням та об’єктом впливу.
4. Розкрийте зміст поняття «Гранично допустима концентрація» (ГДК) та поясніть різницю між ГДКм.р. та ГДКс.д.
5. Чому нормативи ГДК робочої зони зазвичай є вищими за нормативи для населених пунктів?
6. Охарактеризуйте чотири класи небезпеки речовин та наведіть приклади сполук для кожного класу.
7. Що таке лімітуючий показник шкідливості (ЛПШ) і як він використовується при встановленні нормативів для водних об’єктів?
8. Поясніть сутність ефекту адитивності (сумування) забруднювачів та запишіть математичну умову безпеки при такому впливі.
9. Дайте визначення Гранично допустимого викиду (ГДВ) та перелічіть основні фактори, що впливають на його розрахунок.
10. Яким чином при розрахунку нормативів Гранично допустимого скиду (ГДС) враховуються гідрологічні особливості водойми та процеси самоочищення?
11. Поясніть значення коефіцієнта Ki при розрахунку Індексу забруднення атмосфери.
12. Які показники є пріоритетними при розрахунку Індексу забрудненості води (ІЗВ) та як класифікуються водні об’єкти за цим індексом?
13. Опишіть методику розрахунку сумарного показника забруднення ґрунту Zc та вкажіть рівні небезпеки залежно від його величини.
14. Порівняйте методи біоіндикації та біотестування: у чому полягають їхні переваги та недоліки відносно фізико-хімічних методів аналізу?
15. Розкрийте етапи оцінки екологічного ризику та поясніть різницю між коефіцієнтом небезпеки (HQ) і канцерогенним ризиком (CR).

Лекція 6
ДЖЕРЕЛА ТА НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ НОРМУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ

Мета лекції: систематизувати знання про генезис та структуру антропогенного навантаження на біосферу; вивчити класифікаційні ознаки джерел забруднення та закономірності міграції токсикантів у геохімічних циклах; опанувати фундаментальні принципи, на яких базується методологія обмеження техногенного впливу (принципи пороговості, комплексності та випередження), для формування наукового підходу до екологічного нормування.

План лекції

1. Класифікація джерел забруднення біосфери
2. Механізми розповсюдження та трансформації забруднювачів
3. Наслідки забруднення для екосистем та біоти
4. Загальні принципи нормування антропогенного навантаження
5. Методологічні основи встановлення екологічних регламентів

1. Класифікація джерел забруднення біосфери

1.1. Природні та антропогенні джерела

Забруднення довкілля – це внесення в середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних для нього фізичних, хімічних чи біологічних чинників, які призводять до негативних наслідків. За походженням всі джерела поділяють на дві великі групи:

1. Природні джерела (природне забруднення):

Виникають у результаті природних процесів без безпосередньої участі людини. Хоча природа має механізми саморегуляції, масштабні природні явища можуть спричиняти регіональні екологічні кризи.

Космічні: падіння метеоритів, космічний пил, сонячна радіація.

Телуричні (земні):

– вулканічна діяльність: викиди попелу, оксидів сірки, хлориду водню, важких металів;

– пилові бурі: перенесення величезних мас ґрунту та мінеральних частинок;

– лісові пожежі (природні): джерело оксиду вуглецю (CO), сажі, діоксинів;

– процеси вивітрювання та розкладу: виділення метану (CH_4), сірководню (H_2S) при гнитті органіки, природна радіація ґрунтів та гірських порід (радон).

2. Антропогенні джерела (техногенне забруднення):

Пов'язані з господарською діяльністю людини. Саме вони є об'єктом екологічного нормування, оскільки їх інтенсивність часто перевищує адаптаційні можливості екосистем:

– промисловість: металургія (важкі метали), хімічна галузь (синтетичні токсиканти), енергетика (ТЕС – оксиди азоту та сірки);

– транспорт: основне джерело забруднення в містах (NO_x, бенз(а)пірен, сполуки свинцю – хоча використання етилованого бензину обмежено, накопичення в ґрунтах триває);
– сільське господарство: пестициди, мінеральні добрива (нітрати, фосфати), відходи тваринництва;
– комунальне господарство: тверді побутові відходи (ТПВ), стічні води, мийні засоби (детергенти).

Таким чином природне забруднення зазвичай має циклічний або епізодичний характер, до якого біота еволюційно пристосована. Антропогенне забруднення характеризується появою ксенобіотиків (чужорідних для життя речовин, наприклад, пластику чи пестицидів), які не включаються в природні цикли розкладу.

1.2. Стаціонарні, пересувні та точкові джерела

Для ефективного екологічного моніторингу та розрахунку нормативів ГДК і ГДВ критично важливою є класифікація джерел за їхньою просторовою та кінематичною структурою. Це визначає математичну модель розсіювання забруднювачів у просторі.

1. Стаціонарні джерела:

Це об'єкти, які мають постійне місце розташування (географічні координати) і здійснюють викиди в результаті своєї експлуатації.

Точкові джерела: викиди зосереджені в одному місці (наприклад, труба ТЕС, вентиляційна шахта заводу). Для таких джерел розраховується конус розсіювання.

Лінійні стаціонарні джерела: об'єкти, що мають значну протяжність (наприклад, аераційні ліхтарі промислових цехів, відкриті конвеєри).

Площинні джерела: викиди відбуваються з певної території (наприклад, відкриті кар'єри, хвостосховища, полігони відходів, нафтобази).

2. Пересувні (мобільні) джерела:

Транспортні засоби, рух яких супроводжується викидом забруднюючих речовин:

– автомобільний транспорт: є найбільш складним для нормування, оскільки формує «лінійне джерело» безпосередньо в приземному шарі атмосфери (зоні дихання людини);

– залізничний, повітряний та водний транспорт;

– сільськогосподарська та будівельна техніка.

Нормування пересувних джерел здійснюється не через ГДВ, а через встановлення екологічних стандартів для двигунів (наприклад, стандарти Euro-5, Euro-6) та якості палива.

3. Класифікація за висотою викиду (для атмосфери):

Високі: $H > 50$ м (забезпечують краще розсіювання, але збільшують радіус впливу).

Середні: $10 < H \leq 50$ м.

Низькі: $2 < H \leq 10$ м.

Наземні: H ≤ 2 м (викиди автотранспорту, випаровування з поверхні ґрунту). Наземні викиди є найбільш небезпечними для здоров'я населення через відсутність ефекту розбавлення у верхніх шарах повітря.

1.3. Класифікація забруднювачів за фізичним станом та хімічним складом

Забруднюючі речовини поділяються на групи для оптимізації методів їхнього уловлювання та аналітичного визначення в лабораторіях.

1. За фізичним станом:

– газоподібні та пароподібні: (SO_2, NO_x, CO, вуглеводні). Складають близько 90% від загальної маси антропогенних викидів в атмосферу;

– тверді частки (аерозолі): пил, сажа, дим. Особливу увагу приділяють фракціям PM2.5 та PM10 (частинки діаметром менше 2.5 та 10 мкм), які здатні проникати глибоко в легені та кров;

– рідкі: тумани кислот, розчини солей у стічних водах.

2. За хімічним складом

– неорганічні: сполуки сірки, азоту, важкі метали (Pb, Cd, Hg), мінеральні солі.

– органічні:

– нафтопродукти: паливно-мастильні матеріали,

– синтетичні органічні сполуки: пестициди, детергенти (ПАР), полімери,

– поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ): наприклад, бенз(а)пірен (сильний канцероген).

3. За характером дії на організм: загальнотоксичні, подразнюючі, сенсибілізуючі (алергени), мутагенні, канцерогенні та тератогенні (викликають вади розвитку плода).

2. Механізми розповсюдження та трансформації забруднювачів

2.1. Транскордонне перенесення та глобальні цикли забруднювачів

Забруднення ніколи не залишається локалізованим лише в місці його виникнення. Завдяки динаміці атмосфери та гідросфери токсиканти залучаються до глобального кругообігу речовин.

1. Механізм транскордонного перенесення:

Це перенесення забруднюючих речовин на великі відстані (сотні та тисячі кілометрів) від джерела через державні кордони.

Атмосферний шлях: Оксиди сірки та азоту, підняті високими трубами ТЕС, переносяться повітряними масами. Під час перенесення вони вступають у реакцію з вологою повітря, утворюючи слабкі розчини кислот.

Кислотні опади: Випадають у вигляді «кислотних дощів» (pH < 5.6), що призводить до закислення ґрунтів і водойм, загибелі лісів та корозії металоконструкцій у регіонах, де навіть немає власної важкої промисловості.

Гідросферний шлях: Скиди у великі річки впливають на екологічний стан прибережних вод морів, куди ці річки впадають.

2. Глобальні цикли та «ефект коника» (Grasshopper effect):

Деякі стійкі органічні забруднювачі (СОЗ), такі як пестицид ДДТ або поліхлорбіфеніли (ПХБ), здатні до багатократного випаровування та конденсації:

– у теплих регіонах вони випаровуються в атмосферу;

– переносяться вітром до холодніших широт;

– конденсуються і випадають на поверхню.

Цей процес повторюється, доки речовини не накопичуються в Арктиці чи Антарктиці, де низькі температури перешкоджають їх подальшому випаровуванню. Це пояснює високу концентрацію токсинів у тканинах білих ведмедів та пінгвінів.

2.2. Процеси біоакумуляції та біомагніфікації

Найбільш небезпечним наслідком міграції забруднювачів є їхнє концентрування в живих організмах.

1. Біоакумуляція:

Це процес накопичення речовини в організмі в концентрації, що значно перевищує її вміст у навколишньому середовищі (воді, повітрі чи ґрунті). Наприклад, вміст радіонуклідів або важких металів у грибах може бути в сотні разів вищим, ніж у ґрунті, на якому вони ростуть.

2. Біомагніфікація (біологічне підсилення):

Це процес збільшення концентрації забруднювача при переході від нижчих до вищих рівнів трофічного ланцюга:

– речовина має бути стійкою (не розкладатися в організмі) та жиророзчинною;

– фітопланктон (накопичує сліди ртуті) → зоопланктон → дрібна риба → хижа риба → людина;

– на кожній ланці концентрація токсиканта може зростати в 10 разів.

Таким чином, кінцевий споживач отримує дозу, що в тисячі разів перевищує її вміст у воді.

При встановленні ГДК для води чи ґрунту обов'язково враховується коефіцієнт біокумуляції, щоб безпечна концентрація в середовищі не призвела до смертельного накопичення токсинів у продуктах харчування.

3. Наслідки забруднення для екосистем та біоти

3.1. Пряма токсична дія та віддалені ефекти

При аналізі впливу забруднювачів на живі організми (реципієнти) критично важливо розрізняти характер прояву патологічних змін у часі та на рівні клітинних структур.

1. Класифікація за часом прояву ефекту:

Гостра токсичність: Виникає при одноразовому або короткочасному (до 24–48 годин) впливі великих концентрацій речовини.

– прояв: швидке порушення життєво важливих функцій (дихання, кровообіг, нервова провідність).

– показники: основним показником є LD_{50} (середня летальна доза) або LC_{50} (середня летальна концентрація), що викликає загибель 50% піддослідних організмів.

Хронічна токсичність: Наслідок тривалого (місяці, роки) впливу малих концентрацій, що знаходяться на рівні або трохи вище ГДК.

– кумулятивний ефект: речовина або постійно присутня в тканинах (матеріальна кумуляція), або викликані нею дрібні пошкодження підсумовуються (функціональна кумуляція).

– наслідок: виснаження імунної системи, хронічні запалення, порушення обміну речовин.

2. Специфічні віддалені ефекти (генетичні та структурні):

Це зміни, які часто не мають порогу дії та можуть проявитися через значний час після контакту з токсикантом:

Мутагенез: Хімічні сполуки (мутагени) вбудовуються в структуру ДНК або порушують процес її копіювання. Як наслідок збільшення частоти спонтанних абортів, вроджені вади розвитку, передача дефектних генів наступним поколінням.

Канцерогенез: Трансформація нормальних клітин у пухлинні. Забруднювачі: поліциклічні ароматичні вуглеводні (бенз(а)пірен), важкі метали (кадмій, нікель), азбест, вінілхлорид.

Тератогенез: Порушення ембріонального розвитку під впливом токсинів, що проникають через плацентарний бар'єр. На відміну від мутагенезу, ці зміни не успадковуються, але призводять до каліцтва плода.

Гонадотоксична та ембріотоксична дія: Пряме ураження статевих клітин або загибель ембріона на ранніх стадіях розвитку.

3.2. Глобальні екологічні наслідки забруднення

Забруднення компонентів довкілля призводить до масштабних трансформацій біосфери, які мають кумулятивний планетарний характер.

1. Руйнування озонового шару:

Джерела: Викиди хлорфторвуглеців (фреонів), що використовуються в охолоджувальних установках та аерозолях.

Хімізм: Під дією УФ-випромінювання у стратосфері вивільняється хлор, який діє як каталізатор руйнування озону (O_3). Один атом хлору може зруйнувати до 100 000 молекул озону.

Наслідок: Утворення «озонових дірок», через які до поверхні Землі потрапляє жорстке ультрафіолетове випромінювання (УФ-В), що пригнічує фотосинтез та викликає мутації.

2. Закислення природного середовища (Ацидифікація):

Джерела: Викиди діоксиду сірки (SO_2) та оксидів азоту (NO_x) при спалюванні викопного палива.

Механізм: Утворення в атмосфері сірчаної (H_2SO_4) та азотної (HNO_3) кислот.

Наслідки:

– для ґрунтів: вимивання кальцію та магнію, мобілізація токсичного алюмінію, що призводить до деградації кореневих систем;

– для водойм: зниження pH нижче 5.0, що зупиняє розмноження більшості видів риб та молюсків.

3. Евтрофікація (антропогенна):

Джерела: Вимивання мінеральних добрив (фосфатів та нітратів) з полів, скиди неочищених стічних вод.

Процес: Бурхливий ріст фітопланктону («цвітіння води»). Після відмирання водоростей бактерії споживають весь розчинений у воді кисень для їх розкладу.

Наслідок: Виникнення анаеробних зон (заморів), де гине все живе, та виділення токсичного сірководню.

4. Парниковий ефект та зміна клімату:

Головні чинники: CO_2 (вуглекислий газ), CH_4 (метан), N_2O (оксид азоту).

Фізика процесу: Гази пропускають сонячне світло до Землі, але затримують теплове (інфрачервоне) випромінювання від її поверхні.

Наслідки: Зміна гідрологічного циклу (засухи/повені), танення вічної мерзлоти з вивільненням нових порцій метану.

4. Загальні принципи нормування антропогенного навантаження

Методологія встановлення нормативів у системі «людина – середовище» базується на фундаментальних біологічних та правових закономірностях. Ці принципи є універсальними для розробки ГДК у будь-якому середовищі.

4.1. Принцип пороговості шкідливої дії

В основі екологічного нормування лежить концепція біологічного порогу. Вона ґрунтується на припущенні, що для кожної хімічної речовини існує діапазон концентрацій, у якому організм здатний компенсувати вплив за рахунок внутрішніх адаптаційних механізмів без шкоди для здоров’я.

Механізм: При надходженні токсиканта в малих дозах активуються системи детоксикації (печінка, нирки) та виведення. Шкідливий ефект проявляється лише тоді, коли швидкість надходження речовини перевищує швидкість її знешкодження.

Визначення порогу: У токсикології порогом вважається мінімальна концентрація, що викликає зміни, які виходять за межі нормальних фізіологічних реакцій.

Практичне застосування: Саме цей поріг (з обов'язковим врахуванням коефіцієнта запасу) стає базою для розрахунку ГДК.

Виключення: Для деяких чинників (наприклад, іонізуюче випромінювання або сильні канцерогени) умовно приймається безпорогова концепція, де будь-яка доза вважається потенційно небезпечною, і нормування спрямоване на максимальне зниження ризику до прийнятного рівня.

4.2. Принцип випередження нормування

Цей принцип має стратегічне значення для запобігання екологічним кризам і регулюється на законодавчому рівні.

Суть: Встановлення нормативу безпеки (тимчасового або постійного) має передувати широкому впровадженню нової хімічної речовини у виробництво або побут.

Механізм реалізації: Жодна нова сполука не може бути зареєстрована або дозволена до використання без проходження токсиколого-гігієнічної оцінки.

Тимчасові нормативи: Оскільки повноцінне обґрунтування ГДК може тривати роками (через необхідність вивчення хронічної дії), впроваджуються ОБРВ (орієнтовно безпечні рівні впливу). Вони розраховуються методами математичного моделювання на основі подібності хімічної структури з уже відомими речовинами і діють протягом 2–3 років.

4.3. Принцип комплексності та урахування комбінованої дії

Нормування не може обмежуватися лише однією речовиною в одному середовищі, оскільки реальний вплив на екосистеми є багатогранним;

– комбінована дія: врахування одночасного впливу кількох речовин, що надходять одним шляхом (наприклад, суміш газів у повітрі): застосовується ефект адитивності (сумування);

– комплексна дія: врахування надходження однієї і тієї самої речовини різними шляхами (з повітрям, водою та продуктами харчування одночасно): особливо актуально для важких металів (свинець, кадмій) та пестицидів;

– супутній вплив фізичних факторів: хімічна токсичність може посилюватися під дією високої температури, вологості або радіаційного фону;

– екологічна єдність: принцип вимагає, щоб норматив, встановлений для одного компонента (наприклад, стічної води), не спричиняв вторинного забруднення іншого (наприклад, накопичення токсинів у ґрунті при зрошенні).

4.4. Принцип диференційованості нормативів

Цей принцип стверджує, що універсального нормативу для всіх умов не існує, тому стандарти розрізняються:

1. За об'єктом захисту: Нормативи для людини (санітарно-гігієнічні) зазвичай відрізняються від нормативів для лісів чи рибних господарств (екологічних), оскільки чутливість різних біологічних видів до однієї речовини різна.

2. За цільовим призначенням територій: У курортних зонах, заповідниках або зонах відпочинку вимоги до якості середовища є суворішими (часто встановлюється рівень 0,8 від загального ГДК).

3. Регіональний аспект: Врахування природних фонових концентрацій. Якщо в певній місцевості вміст заліза у підземних водах природно високий, встановлення нормативу нижче фонового рівня буде технічно неможливим для виконання.

5. Методологічні основи встановлення екологічних регламентів

Процес встановлення нормативів – це багатоетапне наукове дослідження, яке поєднує методи токсикології, біохімії, фізіології та математичної статистики.

5.1. Експериментальне обґрунтування безпечних рівнів

Основним методом розробки ГДК є постановка токсикологічного експерименту на лабораторних тваринах (білі щури, миші, морські свинки), результати якого згодом екстраполюються на людину.

Етапи експерименту:

1. Визначення параметрів гострої токсичності: Встановлення доз, що викликають миттєву реакцію або загибель (LD_{50}). Це дозволяє визначити клас небезпеки речовини.

2. Вивчення кумулятивних властивостей: Дослідження здатності речовини накопичуватися в організмі при повторному введенні.

3. Підгострий експеримент (1–2 місяці): Виявлення найбільш чутливих систем організму (печінка, нирки, нервова система) та визначення «критичних органів».

4. Хронічний експеримент (6–12 місяців): Моделювання реальних умов впливу малих доз. На цьому етапі визначається:

– Lim ch (Threshold of chronic action): Поріг хронічної дії – мінімальна концентрація, що викликає зміни на рівні біохімічних тестів;

– NOAEL (No Observed Adverse Effect Level): Максимальна доза, при якій не спостерігається жодних шкідливих ефектів.

Математична модель «доза–ефект»: для розрахунку ГДК використовується залежність, що описує зростання біологічного відгуку при збільшенні концентрації.

Перехід від тварини до людини: оскільки людина може бути чутливішою за лабораторних тварин, при розрахунку кінцевого нормативу використовується коефіцієнт запасу (Safety Factor). Він може коливатися від 10 до 1000 залежно від токсичності речовини та повноти даних.

5.2. Роль фонового забруднення у встановленні регіональних лімітів

Екологічне нормування неможливе без врахування природного (фонового) стану компонентів довкілля.

Фонова концентрація ($C_{фон}$): Вміст речовини в об'єкті довкілля, що визначається сумою природних процесів та глобальним антропогенним переносом, без врахування впливу конкретного джерела, для якого розробляється норматив.

Регіональні особливості: Для багатьох металів (залізо, марганець, фтор) існують природні геохімічні провінції з підвищеним вмістом цих елементів. У таких випадках встановлення ГДК нижче фонового рівня позбавлене сенсу.

Практичне значення: При розрахунку гранично допустимих викидів (ГДВ) для підприємства обов'язково враховується вже існуючий фон міста:

$$C_{розр} + C_{фон} \leq ГДК.$$

Це означає, що якщо фонове забруднення в місті вже досягло рівня ГДК, нове будівництво або розширення виробництва на цій території законодавчо заборонено.

Методи визначення фону:

1. Аналітичний: Вимірювання концентрацій у контрольних точках (наввітряна сторона міста або вище за течією річки).

2. Розрахунковий: Математичне моделювання розсіювання викидів від усіх існуючих джерел у регіоні.

Контрольні питання

1. Чим принципово відрізняється антропогенне забруднення від природного з точки зору адаптації екосистем?

2. Наведіть приклади ксенобіотиків та поясніть, чому вони становлять особливу небезпеку для біосфери.

3. Класифікуйте джерела забруднення за просторовою структурою (точкові, лінійні, площинні) та наведіть приклади для кожного типу.

4. Чому наземні викиди автотранспорту вважаються більш небезпечними для людини, ніж висотні викиди промислових труб?

5. Охарактеризуйте фракції пилу PM2.5 та PM10: у чому полягає їхня специфічна загроза для здоров'я?

6. Поясніть механізм виникнення кислотних опадів. Які хімічні сполуки є їхніми основними «попередниками»?

7. Що таке «ефект коника» (Grasshopper effect) і як він пояснює наявність токсинів у полярних регіонах?

8. Розкрийте різницю між процесами біоакумуляції та біомагніфікації. Наведіть приклад ланцюга біологічного підсилення.

9. Які показники використовуються для оцінки гострої токсичності речовин?

10. Опишіть віддалені ефекти забруднення: мутагенез, канцерогенез та тератогенез. У чому їхня головна небезпека?

11. Розкрийте механізм антропогенної евтрофікації водойм. До яких наслідків вона призводить?

12. У чому полягає суть «принципу пороговості» шкідливої дії? Для яких чинників цей поріг вважається відсутнім?

13. Поясніть принцип випередження нормування. Що таке ОБРВ і коли вони встановлюються?

14. У чому полягає різниця між комбінованою та комплексною дією забруднювачів?

15. Як фонова концентрація впливає на можливість будівництва нових промислових об'єктів у місті?

Лекція 7, 8
МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Мета лекції: ознайомити здобувачів вищої освіти з комплексною системою моніторингу атмосферного повітря, розкрити взаємозв'язок між державними екологічними еталонами (ГДК) та інженерними лімітами викидів (ГДВ), а також сформувати розуміння методології організації постів спостереження, технічних засобів контролю та математичних методів розрахунку розсіювання забруднюючих речовин для забезпечення екологічної безпеки населених пунктів.

План лекції

1. Державна політика та правові засади моніторингу атмосфери
2. Організація мережі спостережень у містах
3. Параметри спостережень та регламент відбору проб
4. Методи вимірювання концентрацій забруднюючих речовин
5. Методологія розрахунку та впровадження нормативів ГДВ
6. Оперативне управління якістю повітря та заходи при НМУ

Забруднення атмосферного повітря є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності. Інтенсивний розвиток промисловості, енергетики, транспорту та агропромислового комплексу супроводжується зростанням обсягів викидів шкідливих речовин, що негативно впливають на стан довкілля та здоров'я людини.

Екологічне нормування впливу на атмосферне повітря є наріжним каменем державної політики у сфері охорони навколишнього середовища. Його головна мета полягає у запобіганні та зниженні забруднення до рівня, що забезпечує екологічну безпеку та підтримує якість повітря, безпечну для життя і здоров'я населення.

1. Державна політика та правові засади моніторингу атмосфери

Державна політика реалізується через розв'язання двох основних завдань: встановлення критеріїв якості повітря та визначення лімітів викидів для підприємств.

1. Критерій якості повітря: Встановлення Гранично Допустимих Концентрацій (ГДК) – максимально допустимих рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, які не мають негативно впливати на здоров'я людини. Ці значення затверджуються на державному рівні, насамперед Міністерством охорони здоров'я України. Для цілей розрахунку ГДВ використовується максимально разова $ГДК_{МР}$, усереднена за 20-30 хвилин.

2. Ліміт викидів (ГДВ): Визначення Гранично Допустимого Викиду (ГДВ) – це максимальна маса забруднюючої речовини, яку дозволено викинути в атмосферу за одиницю часу, щоб при цьому розрахункова приземна концентрація (С) не перевищувала встановлену $ГДК_{МР}$ на межі та за

межами санітарно-захисної зони (СЗЗ) підприємства. Це виражається ключовою умовою нормування: $С/ГДК_{МР} \leq 1$.

Система нормування ГДВ базується на таких ключових документах, які визначають права, обов'язки та методичні підходи:

1. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» [CNN 2707-XII від 16.10.1992]: Цей закон є основою, що визначає правові та організаційні засади охорони атмосферного повітря. Він встановлює, що викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами можуть здійснюватися лише на підставі дозволу, який видається територіальними органами виконавчої влади. Видача такого дозволу можлива лише за умови дотримання встановлених нормативів ГДВ.

2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди...» [№ 302 від 13.03.2002]: Регламентує процедуру розробки документації та отримання дозволу, підкреслюючи, що в основу проекту повинні лягати розрахунки розсіювання викидів, які підтверджують дотримання ГДК.

3. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів [Наказ МОЗ України № 173 від 19.06.1996]: Встановлюють вимоги до санітарно-захисних зон (СЗЗ), на межі яких розрахункова концентрація забруднюючих речовин не повинна перевищувати ГДК.

4. Методичні документи та накази МОЗ.

Таким чином, нормування викидів є комплексним процесом, який вимагає від підприємства не лише контролювати масу викинутих речовин (виконуючи умову $М \leq ГДВ$), а й забезпечувати безпечну якість повітря в навколишній житловій забудові та СЗЗ (виконуючи умову $С \leq ГДК_{МР}$).

При встановленні ГДВ необхідно забезпечити, щоб максимальна розрахункова концентрація С від усіх джерел підприємства, а також з урахуванням фонової концентрації $С_ф$, не перевищувала $ГДК_{МР}$ на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ).

Це виражається основним критерієм, що лежить в основі практичних розрахунків:

$$\frac{\mathbf{C} + \mathbf{C}_\phi}{\mathbf{ГДК_{МР}}} \leq \mathbf{1} \qquad (1)$$

де, С – розрахункова максимальна приземна концентрація домішки, створювана даним джерелом викиду або всією сукупністю джерел підприємства ($мг/м^3$);

$С_ф$ – фонова концентрація, створювана *іншими* підприємствами та джерелами в даному районі ($мг/м^3$). Її значення беруться з даних моніторингу гідрометеорологічних служб;

$ГДК_{МР}$ – максимально допустима концентрація ($мг/м^3$), Якщо $С_ф$ дорівнює нулю, критерій спрощується до $С/ГДК_{МР} \leq 1$.

Інші критерії та особливості:

Орієнтовно Безпечні Рівні Впливу (ОБРВ): Для речовин, для яких ще не встановлені офіційні ГДК, використовуються ОБРВ. Це тимчасові гігієнічні

нормативи, які застосовуються для нормування на етапах дослідження та оцінки.

Комбінована дія: Необхідно враховувати, що деякі речовини можуть мати однонаправлену біологічну дію (наприклад, деякі токсичні сполуки азоту та сірки). У таких випадках проводиться додатковий розрахунок сумарної концентрації C_Σ. Якщо C_Σ перевищує одиницю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \ldots \leq 1 \qquad (2)$$

Якщо ця умова порушується, нормативи ГДВ повинні бути знижені пропорційно для всіх речовин цієї групи.

2. Організація мережі спостережень у містах

Організація моніторингу в населених пунктах базується на принципі репрезентативності – дані, отримані на постах спостереження, мають об'єктивно відображати стан повітряного басейну всього міста або окремого його району.

1. Класифікація постів спостереження:

Згідно з нормативними документами, спостереження за станом забруднення атмосфери здійснюється на постах трьох типів:

– стаціонарні пости: спеціально обладнані павільйони, встановлені у визначених точках міста. Вони призначені для безперервної реєстрації вмісту забруднюючих речовин або регулярного відбору проб повітря за встановленим графіком. Ці пости дозволяють оцінити довгострокову динаміку забруднення;

– маршрутні пости: визначені точки на місцевості (наприклад, перехрестя доріг, зони житлової забудови), де відбір проб проводиться регулярно за допомогою пересувних лабораторій;

– пересувні (підфакельні) пости: використовуються для контролю зони впливу конкретного джерела викидів (підприємства). Точки відбору проб встановлюються по осі факела викиду на різних відстанях від джерела.

2. Визначення кількості постів:

Кількість стаціонарних постів у місті безпосередньо залежить від чисельності населення та рівня промислового розвитку. Загальноприйняті нормативи рекомендують встановлювати:

1 пост – у містах з населенням до 50 тис. жителів;
2 пости – від 50 до 100 тис. жителів;
3–5 постів – від 100 до 500 тис. жителів;
10–20 постів – у мегаполісах з населенням понад 1 млн жителів.

3. Принципи розміщення постів:

Пости розміщують таким чином, щоб охопити різні функціональні зони міста:

– промислові зони: поблизу основних підприємств-забруднювачів;

– автотранспортні зони: поруч із великими магістралями з інтенсивним рухом;

– селітебні (житлові) зони: у місцях проживання населення, парках та зонах відпочинку.

4. Вибір контрольованих параметрів:

На кожному пості обов’язково контролюється вміст основних забруднюючих речовин (пил, SO_2, NO_x, CO) та специфічних домішок, характерних для промислового профілю даного регіону. Важливим аспектом є врахування фонової концентрації ($C_ф$), яка створюється сукупністю всіх джерел у районі спостереження.

Ефективна мережа спостережень дозволяє не лише констатувати фактичний рівень забруднення, а й перевіряти виконання умови екологічної безпеки:

$$C + C_ф \leq ГДК_{МР}. \quad (3)$$

3. Параметри спостережень та регламент відбору проб

Для отримання достовірної інформації про стан повітряного басейну, яка в подальшому використовується для порівняння з еталоном якості повітря (ГДК), процес моніторингу суворо регламентований за часом та методами.

3.1. Програми спостережень

Залежно від мети моніторингу та технічних можливостей посту, відбір проб проводиться за однією з трьох програм:

– повна програма: призначена для отримання інформації про середньодобові та максимальні разові концентрації. Спостереження проводяться щоденно 4 рази на добу: о 1:00, 7:00, 13:00 та 19:00 за місцевим часом;

– неповна програма: дозволяє отримати інформацію про максимально разові концентрації. Спостереження проводяться щоденно 3 рази на добу: о 7:00, 13:00 та 19:00.

– скорочена програма: застосовується в районах, де рівень забруднення стабільно низький або як тимчасова міра. Спостереження проводяться 2 рази на добу: о 7:00 та 19:00.

3.2. Регламент відбору проб

Для того, щоб отримані дані можна було коректно порівнювати з нормативом $ГДК_{мр}$, відбір проб має відповідати наступним вимогам:

– тривалість відбору: для визначення максимально разової концентрації проба повітря повинна відбиратися протягом 20–30 хвилин;

– висота відбору: проби відбираються на рівні «зони дихання» людини – на висоті 1,5–3,5 метра від поверхні землі;

– метеорологічний супровід: одночасно з відбором проб на посту фіксуються швидкість і напрямок вітру, температура повітря ($T_п$), вологість та атмосферний тиск. Ці параметри критично важливі для подальшого розрахунку теплового підйому факела (ΔT) та оцінки умов розсіювання.

3.3. Вибір пріоритетних речовин

На постах обов'язково контролюється вміст основних забруднювачів:

1. Пил (тверді частинки): при розрахунках враховується коефіцієнт осідання F=3;

2. Діоксид сірки (SO_2): газоподібна речовина, коефіцієнт осідання F=1;

3. Оксиди азоту (NO_x): Ччсто мають однонаправлену біологічну дію (комбінований ефект);

4. Оксид вуглецю (CO): основний індикатор впливу автотранспорту.

Отримані дані вимірювань фактичної приземної концентрації (C) разом із фоновою концентрацією ($C_ф$) є основою для перевірки головної умови екологічного нормування (1). Якщо результати моніторингу демонструють перевищення цієї умови, підприємство зобов'язане переглянути розрахунковий норматив ГДВ та вжити заходів щодо зниження потужності викиду (M).

4. Методи вимірювання концентрацій забруднюючих речовин

Одержання точних даних про приземну концентрацію (C) потребує використання специфічного аналітичного обладнання та суворого дотримання методик аналізу. Вибір методу залежить від фізичного стану речовини та її хімічних властивостей.

4.1. Класифікація методів аналізу

Для контролю якості атмосферного повітря використовують три основні групи методів:

– органолептичні та індикаторні: швидкі методи (наприклад, індикаторні трубки), що дають змогу лише приблизно оцінити наявність забруднювача;

– лабораторні (хімічні): потребують попереднього відбору проби на фільтри або в поглинальні розчини з наступним аналізом у стаціонарній лабораторії;

– автоматичні (інструментальні): забезпечують безперервне вимірювання вмісту речовин у режимі реального часу.

4.2. Основні інструментальні методи

1. Фотоколориметрія: базується на вимірюванні інтенсивності забарвлення розчину, що утворюється при реакції забруднювача з реагентом. Використовується для визначення NO_2, SO_2, аміаку.

2. Газова хроматографія: найбільш точний метод для розділення та кількісного аналізу складних сумішей органічних сполук (бензол, толуол, вуглеводні);

3. Атомно-абсорбційна спектрометрія: застосовується для визначення концентрації важких металів у пилу (свинець, кадмій, ртуть);

4. Хемілюмінесценція: метод, що ґрунтується на вимірюванні світлового випромінювання під час хімічної реакції. Це еталонний метод для автоматичного моніторингу оксидів азоту (NO_x) та озону.

4.3. Технічні засоби відбору проб

Для того, щоб розрахувати фактичну масу речовини у повітрі, необхідно знати об'єм повітря, що пройшов через прилад. Для цього використовують:

– аспіратори: пристрої, що прокачують заданий об'єм повітря через поглинальне середовище;

– поглинальні прилади: скляні судини з розчином (для газів) або патрони з фільтрами (для пилу);

– газоаналізатори: автоматичні прилади, що поєднують у собі відбір та аналіз безпосередньо на місці спостереження.

5. Методологія розрахунку та впровадження нормативів ГДВ

Розробка нормативів гранично допустимих викидів є ключовим етапом управління якістю повітря. Якщо ГДК – це еталон чистоти, встановлений державою для захисту здоров'я, то ГДВ – це персональний ліміт для кожного конкретного джерела забруднення, який гарантує, що цей еталон не буде порушено.

5.1. Санітарно-захисна зона (СЗЗ) та правова логіка нормування

Фундаментальний принцип нормування полягає в тому, що підприємство несе відповідальність за якість повітря не лише безпосередньо на «зрізі труби», а й у точках проживання людей.

Зона відповідальності: Нормативи ГДВ встановлюються таким чином, щоб забезпечити нормативну якість повітря не тільки на межі СЗЗ, але й на всій прилеглій території житлової забудови.

Диференціація СЗЗ: Розмір санітарно-захисної зони (відстань від джерела до житла) не є фіксованим для всіх – він залежить від класу небезпеки підприємства та обсягів його потужності (чим небезпечніше виробництво, тим більший радіус СЗЗ).

Взаємозв'язок понять: Таким чином, ГДК є загальним еталоном якості повітря, а розрахунок ГДВ – це інженерний інструмент, який дозволяє підприємству математично обчислити ту саму безпечну масу викидів, яка гарантує дотримання цього еталону в реальних умовах.

5.2. Ключові інженерні параметри розсіювання

Для того, щоб перетворити концентрацію (мг/м^3) у масу викиду (г/с), необхідно врахувати фізичні характеристики джерела та умови виходу газової суміші. До основних параметрів, що визначають динаміку розсіювання, належать:

– Потужність джерела викиду (M): Фактична маса забруднюючої речовини, що викидається джерелом за секунду (г/с). Це показник, який порівнюється з нормативом ГДВ;

– Висота труби (H): Висота гирла труби над рівнем землі (м). Це найважливіший параметр розсіювання;

– Швидкість виходу газів (ω_0): Швидкість руху газової суміші на виході з гирла труби (м/с);

– Температура газів ($T_Г$): Температура газової суміші на виході з труби (°C або К). Разом із температурою повітря $T_П$ визначає тепловий підйом факела ($\Delta T = T_Г - T_П$);

– Коефіцієнт осідання (F): Безрозмірний коефіцієнт, що враховує осідання речовин на земну поверхню. F=1 для газоподібних речовин і F=3 для твердих частинок (золи), якщо очистка не передбачена або є неефективною.

5.3. Методика розрахунку ГДВ

Методика розрахунку ГДВ базується на визначенні максимально можливої приземної концентрації забруднюючої речовини (C_M) і подальшому перетворенні формули таким чином, щоб знайти ту потужність викиду (ГДВ), яка забезпечить дотримання **ГДК$_{МР}$**.

5.3.1 Вихідна формула максимальної приземної концентрації (C_M)

Основою для всіх розрахунків є формула, яка визначає максимальну приземну концентрацію C_M від одиночного точкового джерела при найбільш несприятливих метеорологічних умовах (небезпечній швидкості вітру u_M):

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad [\text{мг/м}^3] \tag{4}$$

де: C_M – розрахункова максимальна приземна концентрація (мг/м^3);

M – потужність викиду джерела (г/с);

H – висота труби (м);

V_1 – об'ємний витрата газової суміші (м^3/с).

ΔT – різниця температур (ΔT = Тг – Тп);

A, F, m, η – безрозмірні коефіцієнти.

5.3.2. Перетворення формули для розрахунку ГДВ

Норматив ГДВ – це та потужність М, при якій C_M дорівнює (ГДКмр – $C_ф$). Прирівнюючи C_M до ГДК$_{МР}$ – $C_ф$ та виражаючи з формули М, отримуємо формулу для розрахунку нормативa ГДВ:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК}_{\text{МР}} - C_ф) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T} \quad [\text{г/с}] \tag{5}$$

Для спрощення, якщо фонова концентрація $C_ф$ = 0 і рельєф рівнинний η = 1, тоді

$$\mathbf{\text{ГДВ} = \frac{\text{ГДК}_{\text{МР}} \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \tag{6}$$

Зв'язок між ГДВ і висотою джерела

Згідно з формулою розрахунку ГДВ, існує квадратична залежність між нормативом викиду та висотою джерела:

$$\text{ГДВ} \sim H^2$$

Це означає якщо висоту труби (H) збільшити в два рази, допустима потужність викиду (ГДВ) зросте у 2^2=4 рази, що значно покращує умови розсіювання і знижує приземну концентрацію. Збільшення висоти труби є одним із найбільш ефективних заходів для досягнення нормативів якості повітря.

5.3.3. Послідовність розрахунку параметрів і коефіцієнтів

Крок 1: Визначення температурних та кліматичних параметрів

1. Коефіцієнт стратифікації (A): Береться з довідкових даних залежно від географічного розташування. Для більшої частини України (особливо південніше 50° пн. ш.), приймається A = 200 (с$^{2/3}$ · градус$^{1/3}$ · мг/г).
2. Температура повітря (Тп): Приймається як середня температура найбільш холодного місяця (для опалювального періоду).

3. Різниця температур (ΔT): Обчислюється за формулою: ΔT = Тг – Тп, де Тг – температура газової суміші на виході.

Крок 2: Обчислення об'ємної витрати (V_1)

Об'ємний витрата газової суміші на виході з труби:

$$\mathbf{V_1} = \frac{\pi \mathbf{D^2}}{\mathbf{4}} \cdot \omega_0 \quad [м^3/с] \tag{7}$$

де: D_1 – діаметр гирла труби (м).

ω_0 – швидкість виходу газів (м/с).

Крок 3: Визначення коефіцієнта осідання (F)

Крок 4: Розрахунок коефіцієнта m (умови виходу)

1. Розрахунок параметра f (теплова ефективність):

$$\mathbf{f} = \mathbf{1000}\frac{\omega_0^2 \mathbf{D}}{\mathbf{H^2 \Delta T}} \tag{8}$$

2. Визначення m:

Якщо $f \geq 100$: $m = 1$.

Якщо $f < 100$: m розраховується за складною формулою (враховує зміну умов розсіювання при меншій тепловій інерції):

$$\mathbf{m} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}} \tag{9}$$

Крок 5: Розрахунок коефіцієнта n (додаткова перевірка умов виходу)

1. Розрахунок параметра V_m (швидкість підйому факела):

$$\mathbf{v_m} = \mathbf{0,65}\sqrt[3]{\frac{\mathbf{V_1 \Delta T}}{\mathbf{H}}} \tag{10}$$

2. Визначення n:

Якщо $V_m \geq 2$: $n = 1$ (хороший підйом факела).

Якщо $V_m < 2$. n розраховується за формулою, що зменшує розсіювання:

$n = 0.5 \cdot (1 + V_m)$

(Хоча m не входить безпосередньо у фінальну формулу ГДВ, його розрахунок часто є обов'язковим для підтвердження умов розсіювання, що використовується для визначення фактичної небезпечної швидкості вітру u_M. У спрощеному розрахунку ГДВ приймається $n = 1$).

Крок 6: Фінальний розрахунок ГДВ

Підставити всі розраховані параметри (H, A, F, m, V_1, ΔT) та ГДКмр у формулу для ГДВ для кожної забруднюючої речовини окремо.

4. Висновок та коригування

Після розрахунку ГДВ для кожної речовини, необхідно виконати фінальне порівняння:

$$М_{фактичний} \leq ГДВ_{розрахунковий}$$

Якщо умова виконується, фактичний викид є екологічно безпечним.

Якщо М > ГДВ, викид є недопустимим, і підприємство повинно розробити заходи щодо зниження М або підвищення розсіювальної здатності джерела (наприклад, збільшення Н).

6. Оперативне управління якістю повітря та заходи при НМУ

6.1. Поняття про несприятливі метеорологічні умови (НМУ)

Навіть за умови суворого дотримання встановлених нормативів ГДВ, у приземному шарі атмосфери може виникати критичне забруднення, зумовлене суто метеорологічними чинниками.

Несприятливі метеорологічні умови (НМУ) – це особливе поєднання метеорологічних факторів, які перешкоджають розсіюванню забруднюючих речовин і сприяють їх накопиченню в зоні дихання людини. В такі періоди концентрації домішок можуть стрімко зростати навіть без збільшення фактичного викиду з боку підприємств.

До основних факторів НМУ належать:

– приземні та підняті інверсії: стан атмосфери, при якому температура повітря з висотою не зменшується, а зростає. Це створює ефект «теплової кришки» або «купола», що блокує вертикальне переміщення повітряних мас і затримує викиди біля поверхні землі;

– штиль (швидкість вітру 0–1 м/с): відсутність горизонтального перенесення повітря призводить до того, що викиди накопичуються безпосередньо біля джерела, не розсіюючись у просторі;

– тумани: краплі води в повітрі здатні абсорбувати токсичні гази та дрібнодисперсний пил. Це не тільки підвищує концентрацію шкідливих речовин, але й може призводити до утворення більш токсичних сполук (наприклад, перетворення діоксиду сірки на сірчану кислоту – утворення фотохімічного смогу).

– небезпечна швидкість вітру ($u_м$): для кожного джерела існує певна швидкість вітру (зазвичай в межах 0,5–5 м/с), при якій факел викиду «притискається» до землі, створюючи максимальні приземні концентрації.

Моніторинг НМУ є критично важливим, оскільки він дозволяє завчасно попередити суб'єктів господарювання про необхідність переходу на особливі режими роботи для запобігання екологічним кризам.

6.2. Режими роботи підприємств при отриманні прогнозів НМУ

Оскільки моніторинг дозволяє спрогнозувати настання несприятливих умов заздалегідь, державна система регулювання передбачає обов’язкове зниження техногенного навантаження на цей період. Підприємства, що мають джерела викидів, розробляють спеціальні заходи, які впроваджуються залежно від оголошеного «режиму» НМУ.

1. Режим №1 (Попереджувальний)

Вводиться при прогнозі очікуваного зростання концентрацій забруднюючих речовин у повітрі в 1,5 раза.

Характер заходів: організаційно-технічні заходи, що не потребують зупинки основного виробництва.

Дії: посилений контроль за роботою газоочисних установок (ГОУ), заборона продувки котлів та чищення пилозбірників, припинення навантажувально-розвантажувальних робіт, пов’язаних із пиленням.

Ефект: зниження викидів на *5–20%.

2. Режим №2 (Посилений)

Вводиться при прогнозі зростання концентрацій у 3 рази.

Характер заходів: вплив на технологічний цикл.

Дії: зниження продуктивності окремих агрегатів, перехід на резервне, більш екологічно чисте паливо (наприклад, з вугілля або мазуту на природний газ), обмеження роботи допоміжних цехів.

Ефект: зниження викидів на 20–40%.

3. Режим №3 (Аварійний)

Вводиться при прогнозі зростання концентрацій у 5 разів і більше (загроза екологічної катастрофи або смогу).

Характер заходів: радикальне обмеження виробничої діяльності.

Дії: повна зупинка найбільш «брудних» цехів та агрегатів, припинення всіх технологічних процесів, що супроводжуються значними викидами, до моменту розсіювання забруднення.

Ефект: зниження викидів на 40–60%.

Таке оперативне регулювання дозволяє компенсувати погіршення природного розсіювання штучним зниженням маси викиду (М), що допомагає утримувати приземні концентрації в межах безпечних значень навіть під час штилю чи інверсії.

6.3. Використання даних моніторингу для прийняття управлінських рішень

Результати щоденного моніторингу є основою для:

– коригування планів розвитку міста: заборона будівництва нових джерел викидів у районах, де значення $C + C_ф$ вже наближається до 1 ГДК;

– транспортної політики: обмеження руху вантажного транспорту в центральних районах при перевищенні нормативів по NO_x та CO;

– інформування населення: публікація індексів якості повітря (AQI) для попередження людей з хронічними захворюваннями.

Контрольні питання

1. У чому полягає головна мета державної політики у сфері охорони атмосферного повітря?

2. Який законодавчий акт є фундаментальним документом, що визначає правові засади охорони повітряного басейну в Україні?

3. Дайте визначення поняттю «ГДК» та поясніть його роль як екологічного еталону.

4. Чим відрізняється норматив ГДВ від нормативу ГДК?

5. Які три типи постів спостереження використовуються для організації моніторингу в містах?

6. Від яких факторів залежить необхідна кількість стаціонарних постів спостереження в конкретному населеному пункті?

7. За якими принципами обираються місця для розміщення постів моніторингу в межах міста?

8. Опишіть регламент відбору проб повітря для визначення максимально разової концентрації (тривалість та висота відбору).

9. Які метеорологічні параметри обов’язково фіксуються одночасно з відбором проб повітря?

10. Назвіть основні методи вимірювання концентрацій забруднюючих речовин (хімічні та інструментальні).

11. Що таке Санітарно-захисна зона (СЗЗ) та як її розмір пов’язаний із класом небезпеки підприємства?

12. Поясніть фізичний зміст «теплового підйому факела» та його вплив на розсіювання домішок.

13. Що таке «несприятливі метеорологічні умови» (НМУ) та чому вони небезпечні навіть при дотриманні норм викидів?

14. Опишіть режими роботи підприємства при отриманні прогнозів про настання НМУ 1-го, 2-го та 3-го ступенів.

15. Як дані моніторингу використовуються міською владою для прийняття управлінських рішень у транспортній та містобудівній сферах?

Лекція 9,10
МОНІТОРИНГ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Частина 1 (Правові засади та організація мережі)
1. Державна політика у сфері моніторингу вод
2. Класифікація об'єктів моніторингу
3. Організація мережі пунктів спостереження
4. Програми спостережень та відбір проб

Частина 2 (Нормування та методи контролю якості)
1. Критерії якості вод (ГДК)
2. Методологія інженерного нормування ГДС
3. Методи вимірювання та контролю
4. Оцінка результатів та управління водними ресурсами

Частина 1 (Правові засади та організація мережі)

Ч.1.1 Державна політика у сфері моніторингу вод

Державна політика у сфері моніторингу вод спрямована на забезпечення сталого використання водних ресурсів, їх охорону від забруднення та виснаження, а також на інтеграцію українських стандартів у європейський екологічний простір.

1.1. Законодавча база

Система моніторингу вод в Україні базується на ієрархічній структурі нормативно-правових актів, де кожен рівень визначає конкретні аспекти контролю та управління ресурсами:

– Водний кодекс України – є фундаментальним законодавчим актом, що регулює всі водні відносини. На відміну від атмосферного повітря, де акцент робиться на охорону від викидів, Водний кодекс визначає воду як обмежений ресурс і встановлює обов'язковість моніторингу для всіх суб'єктів господарювання, що впливають на стан вод;

– Постанова Кабінету Міністрів України № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» – базовий документ, який регламентує сучасну систему спостережень. Він запровадив європейські підходи до моніторингу, розподіливши його на три типи:
– діагностичний: для оцінки стану водних об'єктів у межах басейнів,
– операційний: для об'єктів, що знаходяться під ризиком недосягнення доброго екологічного стану,
– дослідницький: для з'ясування причин перевищення нормативів або оцінки наслідків аварій;

– Директива 2000/60/ЄС (Водна Рамкова Директива ЄС): Україна взяла на себе зобов’язання імплементувати положення цієї Директиви. Головна зміна полягає у переході від адміністративно-територіального принципу моніторингу (по областях) до басейнового принципу (за районами річкових басейнів: Дніпра, Дністра, Дунаю тощо);

– державні санітарні норми та правила (ДСанПіН): встановлюють вимоги до якості води, що використовується для питних та господарських потреб, а також у місцях масового відпочинку населення.

1.2. Суб’єкти державного моніторингу вод та їхня роль

Система контролю водних ресурсів в Україні побудована на принципі розподілу обов’язків між профільними відомствами залежно від типу води та мети її використання. Це дозволяє уникнути дублювання функцій та забезпечити професійний нагляд на всіх етапах – від глибоких підземних горизонтів до якості води в міських мережах. Кожен суб'єкт моніторингу має власну мережу лабораторій та постів спостереження, дані з яких акумулюються для прийняття стратегічних управлінських рішень.

Центральне місце в цій ієрархії посідає Державне агентство водних ресурсів, яке забезпечує загальну координацію та реалізацію басейнового принципу управління. Воно фокусується на великих річкових системах та стратегічних запасах поверхневих вод. Водночас контроль за якістю води, яку безпосередньо споживає населення, або в місцях відпочинку, покладено на органи Міністерства охорони здоров’я, що орієнтуються передусім на санітарно-гігієнічні показники та безпеку для здоров'я людини.

Розподіл повноважень та об’єктів контролю між основними державними інституціями наведено в таблиці 1:

Таблиця 1 – Суб’єкти державного моніторингу вод та їхні повноваження

Суб'єкт моніторингу	**Сфера відповідальності та ключові функції**
Держводагентство	*Поверхневі води:* Організація спостережень у районах річкових басейнів, на водосховищах та каналах. Контроль якості транскордонних водних об'єктів.
Держгеонадра	*Підземні води:* Моніторинг рівнів, температурного режиму та хімічного складу артезіанських басейнів та ґрунтових вод. Захист ресурсів від виснаження.
ДСНС (Гідрометцентр)	*Гідрологічний режим:* Вимірювання рівнів води, швидкості течії, льодового режиму. Фоновий моніторинг забруднення на стаціонарних пунктах.
МОЗ України	*Санітарний стан:* Контроль води в місцях питних водозаборів, на пляжах та в рекреаційних зонах. Оцінка бактеріологічної безпеки водного середовища.
Держекоінспекція	*Дотримання нормативів:* Інспекційний контроль стічних вод підприємств. Нагляд за виконанням умов дозволів на спеціальне водокористування.

Завдяки такій структурі держава отримує повну інформаційну картину: від природних змін у гідрологічному режимі до антропогенного тиску з боку промислових підприємств та міських комунальних господарств.

1.3. Басейновий принцип управління та моніторингу

Сучасна стратегія охорони водних ресурсів в Україні базується на відмові від управління за адміністративними кордонами (областями) на користь басейнового принципу. Цей підхід розглядає річку як цілісну гідрологічну систему від її витоку до гирла, незалежно від того, через скільки територіальних одиниць вона протікає.

Головною перевагою такого підходу є можливість ефективного контролю транскордонного забруднення та координації зусиль усіх водокористувачів у межах одного басейну. Якщо забруднення відбувається у верхів'ях річки, моніторинг за басейновим принципом дозволяє оперативно розрахувати вплив на нижні ділянки та вжити заходів на рівні всього регіону.

Ключові елементи басейнового моніторингу:

1. Райони річкових басейнів: територія України розподілена на 9 районів річкових басейнів (Дніпра, Дністра, Дунаю, Південного Бугу, Дону, Вісли, річок Криму, Причорномор'я та Приазов'я). Для кожного з них створюється окрема програма моніторингу.

2. Басейнові плани управління річками (БПУР): на основі даних, отриманих від постів спостереження, розробляється стратегічний документ – план заходів для досягнення «доброго екологічного стану» вод. Це включає модернізацію очисних споруд, обмеження скидів та ревіталізацію прибережних зон.

3. Державний водний кадастр: дані від усіх суб'єктів (Держводагентства, Держгеонадр тощо) інтегруються в єдину інформаційну систему. Це забезпечує прозорість даних та дозволяє науковцям і управлінцям бачити динаміку змін якості води в реальному часі по всьому басейну.

Таким чином впровадження басейнового принципу дозволило Україні перейти до європейських стандартів управління, де пріоритетом є не просто фіксація порушень, а комплексне оздоровлення всієї річкової системи.

Ч.1.2. Класифікація об'єктів моніторингу

Для побудови ефективної системи спостережень необхідно чітко розрізняти об'єкти моніторингу за їхнім походженням, фізичним станом та стратегічним значенням. У водній галузі класифікація базується на гідрологічних особливостях та типі антропогенного навантаження.

2.1. Поверхневі водні об'єкти

Поверхневі води є найбільш вразливою частиною гідросфери, оскільки вони безпосередньо контактують з антропогенними джерелами забруднення та атмосферними опадами. У системі моніторингу ці об'єкти класифікуються за характером водообміну, що визначає методику відбору проб та періодичність спостережень.

Основними об'єктами моніторингу є:

– водотоки (річки, струмки, канали): головною особливістю цих об'єктів є постійний рух водної маси. Моніторинг фокусується на динаміці переносу забруднюючих речовин. Через течію концентрація домішок може суттєво змінюватися протягом короткого проміжку часу, тому на річках критично важливим є врахування швидкості потоку та витрати води в момент відбору проби;

– водойми (озера, водосховища, ставки): на відміну від річок, ці об'єкти мають уповільнений водообмін (стагнацію). Це призводить до накопичення (акумуляції) токсичних речовин у донних відкладеннях та інтенсивного розвитку процесів евтрофікації («цвітіння» води). Моніторинг водойм

передбачає вивчення вертикального профілю води, оскільки через температурну стратифікацію склад води на поверхні та біля дна може кардинально відрізнятися;

– транскордонні водні об'єкти: ділянки річок або озер, що перетинають державний кордон або є межею між країнами. Моніторинг таких об'єктів регламентується міжнародними угодами, а точки відбору проб встановлюються безпосередньо на кордоні для фіксації транскордонного перенесення забруднювачів.

2.2. Підземні водні ресурси

Моніторинг підземних вод є стратегічно важливим завданням, оскільки ці ресурси захищені від безпосереднього впливу атмосфери та є основним резервом якісної питної води. На відміну від поверхневих об'єктів, процеси в підземних горизонтах протікають набагато повільніше, а наслідки забруднення можуть виявлятися через роки, тому контроль тут носить превентивний характер.

У системі моніторингу виділяють такі ключові об'єкти:

– грунтові води: перший від поверхні постійний водоносний горизонт. Вони не мають суцільної водотривкої покрівлі, тому найбільш вразливі до антропогенного навантаження: просочування пестицидів та нітратів з полів, витоків з каналізаційних мереж та звалищ. Моніторинг ґрунтових вод дозволяє оцінити загальний екологічний стан території та ризик транзиту забруднень у глибші шари;

– міжпластові та артезіанські води: глибокі горизонти, що залягають між двома водотривкими шарами. Ці води зазвичай мають високу якість і захищені від випадкових поверхневих забруднень. Моніторинг фокусується на контролі рівнів (п'єзометричного напору), щоб не допустити виснаження ресурсів через надмірний відбір свердловинами, а також на перевірці герметичності самих свердловин;

– джерела та гейзери): місця природного виходу підземних вод на поверхню. Вони є зручними точками моніторингу, оскільки дозволяють оцінити стан підземного горизонту без буріння спеціальних свердловин.

2.3. Морські води

Об'єктом моніторингу є водне середовище внутрішніх морських вод, територіального моря та виключної економічної зони України. Морський моніторинг має свою специфіку, пов’язану з величезними об’ємами водної маси, впливом солоності на хімічні процеси та транскордонним характером забруднень (рух водних мас між країнами Чорноморського басейну).

Основна увага приділяється таким зонам:

– прибережні смуги та зони рекреації: ділянки, що безпосередньо межують із суходолом і відчувають найбільший тиск від туристичної діяльності та міських стоків: моніторинг орієнтований на бактеріологічні показники та вміст біогенних елементів, що викликають цвітіння води;

– райони великих морських портів: зони підвищеного ризику забруднення нафтопродуктами, баластними водами та специфічними судновими відходами. Моніторинг у портах передбачає постійне

спостереження за станом акваторії для оперативного виявлення розливів палива;

– шельфові зони видобутку ресурсів: райони, де ведеться або планується видобуток вуглеводнів. Контроль спрямований на запобігання хімічному забрудненню морського дна та придонних шарів води;

– гирлові ділянки річок (естуарії): місця впадіння річок у море, де змішуються прісна та солона води. Це критичні точки моніторингу, оскільки саме тут фіксується загальна маса забруднювачів, які річка «виносить» у море.

2.4. Стічні води

Стічні води є специфічним об'єктом моніторингу, оскільки вони представляють собою не природний ресурс, а техногенний потік, що безпосередньо змінює якість приймаючої водойми. Моніторинг проводиться «на зрізі труби» – безпосередньо в місці скидання, що дозволяє юридично зафіксувати обсяги та концентрації забруднювачів від конкретного підприємства.

Класифікація стічних вод для потреб моніторингу включає:

– господарсько-побутові стічні води: стоки від житлових масивів та об’єктів соціальної сфери. Головним об’єктом контролю є органічне забруднення (за показниками БПК та ХСК), вміст азоту, фосфору (біогенів) та бактеріальне обсіменіння. Моніторинг проводиться на вході та виході з міських очисних споруд;

– виробничі (промислові) стічні води: формуються в результаті технологічних процесів. Склад специфічний для кожної галузі: на металургійних заводах контролюють важкі метали, на хімічних – феноли та синтетичні речовини, на харчових – жири та завислі речовини. Моніторинг передбачає обов'язкове попереднє очищення перед скиданням у загальну каналізацію або водойму;

– зливові (поверхневі) стічні води: утворюються внаслідок випадіння опадів та танення снігу на території міст або промислових майданчиків. Вони змивають нафтопродукти, пісок, сміття та залишки солей. Особливість моніторингу зливостоків полягає в його періодичності– відбір проб прив’язаний до інтенсивності дощів.

Ч.1.3. Організація мережі пунктів спостереження

Ефективність моніторингу вод залежить від правильного вибору місць відбору проб (створів). Створ – це умовний поперечний розріз водного об'єкта, на якому проводяться комплексні вимірювання гідрологічних та гідрохімічних показників.

3.1. Принципи дислокації пунктів спостереження

Розміщення створів не є випадковим і регулюється цілою низкою вимог, що дозволяють отримати об'єктивну картину стану водного об'єкта. Кількість і місце їх розташування залежать від категорії водокористування, потужності джерел забруднення та гідрологічних особливостей ділянки.

Основні принципи розміщення:

1. Принцип репрезентативності: пункт має відображати стан усього водного масиву або його значної частини. Створи не встановлюють у застійних зонах, біля самого берега (якщо це не точка скиду) або в місцях, де русло сильно деформоване.

2. Принцип «вище-нижче»: базове правило для оцінки антропогенного навантаження:

– фоновий створ: встановлюється на 1–5 км вище за течією від першого по течії джерела забруднення (міста або промзони). Він фіксує якість води, яка «приходить» на територію, що вивчається;

– контрольний створ: встановлюється нижче джерела забруднення для фіксації його впливу.

3. Принцип врахування приток: створи обов'язково встановлюються на головній річці вище та нижче впадіння значних приток, а також у гирлових ділянках самих приток. Це дозволяє визначити, який саме внесок у забруднення основної артерії робить кожна притока.

4. Транскордонний принцип: пункти спостереження розташовуються на кордонах областей та державних кордонах (створи замикання), щоб юридично розділити відповідальність за якість води між різними територіальними одиницями.

Класифікація пунктів за категоріями:

І категорія: пункти на великих річках, що мають стратегічне значення, або в місцях особливо сильного забруднення. Спостереження проводяться щоденно або щодекадно.

ІІ категорія: встановлюються в районах скидання стічних вод середньої потужності. Спостереження – щомісячно.

ІІІ та IV категорії: пункти на малих річках або в районах з низьким навантаженням. Контроль здійснюється в основні гідрологічні фази (паводок, межень).

3.2. Врахування зони змішування та розбавлення

Однією з головних складностей моніторингу річок є те, що стічні води не змішуються з річковою водою миттєво. Після випуску стоки певний час рухаються концентрованим струменем (шлейфом), поступово розширюючись.

Процес формування зони змішування:

1. Початкова ділянка: безпосередньо біля місця випуску, де стічна вода зберігає свою цілісність. Відбір проб у цій зоні для оцінки впливу на всю річку є некоректним, оскільки концентрації будуть максимально високими.

2. Ділянка активного змішування: зона, де під впливом турбулентності та дифузії відбувається перемішування стоків із природною водою.

3. Створ повного змішування: умовна лінія поперек річки, нижче якої концентрація забруднювача стає приблизно однаковою по всій ширині русла.

Правила вибору контрольного створу:

– контрольний створ має бути розташований нижче за течією в місці завершення процесу повного змішування;

– для великих річок ця відстань може становити від 500 метрів до 1,5–2 км від точки скиду;

– якщо на ділянці річки є декілька підприємств, що розташовані близько одне до одного, створ встановлюється нижче останнього з них, щоб оцінити їхній сумарний вплив.

Таким чином якщо обрати створ занадто близько до труби, результати будуть завищеними (місцеве забруднення), якщо занадто далеко – забруднювач може встигнути осісти в донні відкладення або розбавитися настільки, що його буде важко виявити. Тому розрахунок «довжини змішування» є обов'язковим етапом проектування мережі моніторингу.

3.3. Вибір точок відбору проб (вертикалі та горизонти)

Після визначення місця розташування створа необхідно встановити конкретні точки відбору проб у його поперечному розрізі. Кількість точок залежить від ширини та глибини річки, а також від ступеня неоднорідності складу води.

1. Розподіл по ширині (вертикалі):

Вертикаль – це умовна стрімка лінія від поверхні до дна, на якій відбираються проби.

Малі річки (ширина до 10 м): встановлюється одна вертикаль посередині річки (на стрежні).

Середні річки (ширина від 10 до 100 м): встановлюються дві вертикалі, зазвичай на відстані 1/3 та 2/3 ширини річки від берега.

Великі річки (ширина понад 100 м): встановлюються три вертикалі – на середині та поблизу обох берегів (але не ближче ніж 0,5 м від берегової лінії). Це дозволяє врахувати вплив бічних приток та прибережних змивів.

2. Розподіл по глибині (горизонти):

На кожній вертикалі проби відбираються на певних рівнях (горизонтах), оскільки склад води може змінюватися через різну щільність забруднювачів та температурне розшарування:

Поверхневий горизонт: на глибині 0,2–0,5 м від поверхні. Тут фіксуються нафтопродукти, жири та інші речовини, що легші за воду.

Середній горизонт: на половині загальної глибини (якщо глибина річки понад 5 м).

Придонний горизонт: на відстані 0,5 м від дна. Тут контролюються важкі метали та речовини, що вимиваються з донних відкладень.

3. Сумарна проба:

Якщо проби відбираються на декількох вертикалях та горизонтах, вони можуть аналізуватися окремо (для детального вивчення) або змішуватися для отримання середньозваженої проби, яка дає загальну характеристику якості води у всьому створі.

Таким чином таке «сіткове» розміщення точок відбору дозволяє уникнути помилок, пов'язаних із випадковим потраплянням у струмінь чистої або дуже брудної води, забезпечуючи репрезентативність даних для всього об'єму річкового стоку.

Ч.1.4. Програми спостережень та відбір проб

Програма спостережень визначає перелік показників, що контролюються, та частоту відбору проб. На відміну від моніторингу повітря, де важлива миттєва концентрація, у водному моніторингу ключове значення має репрезентативність проби – тобто її здатність точно відобразити склад водної маси у певний проміжок часу.

4.1. Види проб води

Залежно від мети контролю та стабільності складу води використовують різні типи проб:

– разова (точкова) проба: відбирається в конкретному місці в певний момент часу. Вона дає «миттєвий знімок» стану води. Такі проби доцільні, якщо склад води відносно стабільний або якщо потрібно зафіксувати аварійний скид;

– середньодобова (змішана) проба: формується шляхом змішування окремих проб, відібраних через однакові проміжки часу протягом доби. Це найбільш точний метод для моніторингу стічних вод підприємств, оскільки він нівелює випадкові коливання концентрацій протягом робочої зміни;

– пропорційна проба: відбирається за допомогою автоматичних пристроїв, які регулюють об'єм проби залежно від витрати води (чим більше води тече в трубі, тим більший об'єм проби відбирається). Це дозволяє розрахувати реальну масу забруднювача, що потрапив у водойму.

4.2. Техніка та регламент відбору

Відбір проб проводиться за суворим регламентом, щоб уникнути вторинного забруднення проби самою тарою або інструментами:

1. Підготовка тари: для більшості показників використовують скляний або поліетиленовий посуд. При визначенні нафтопродуктів використовують виключно скло, оскільки пластик може адсорбувати частину речовин на стінках. Перед відбором ємність тричі промивають водою, яку відбирають.

2. Глибина відбору: використовуються спеціальні прилади – батометри (закриті циліндри, що відкриваються на заданій глибині). Це дозволяє отримати воду з конкретного горизонту без змішування з поверхневими шарами.

3. Фіксація показників на місці: деякі параметри (температура, розчинений кисень, pH, прозорість) повинні вимірюватися безпосередньо біля водойми, оскільки вони швидко змінюються при транспортуванні.

4. Консервація та транспортування: якщо лабораторія знаходиться далеко, пробу «консервують» – додають спеціальні реагенти (наприклад, кислоти), які зупиняють хімічні та біологічні процеси. Проби охолоджують і доставляють у темряві, щоб уникнути фотохімічних реакцій.

Таким чином правильний відбір та консервація проби є критично важливими – навіть найсучасніша лабораторія не дасть точного результату, якщо пробу було забруднено або зіпсовано під час доставки.

Частина 2 (Нормування та методи контролю якості)

В основі екологічного моніторингу лежить порівняння фактичних даних, отриманих у ході спостережень, із нормативними значеннями. Це дозволяє визначити, чи є стан водойми безпечним для людини та екосистеми.

Ч.2.1. Критерії якості вод (ГДК)

Головним еталоном при оцінці якості води є ГДК. Це така кількість речовини у воді, яка при щоденному впливі протягом тривалого часу не викликає патологічних змін в організмі людини або погіршення екологічного стану водойми.

На відміну від атмосферного повітря, нормування води має суттєву особливість: нормативи жорстко залежать від категорії водокористування. Одна і та сама концентрація речовини може бути допустимою для технічної води, але катастрофічною для розведення риби.

Основні категорії нормування:

1. Господарсько-питне водопостачання: найсуворіші вимоги до органолептичних показників (запах, смак, кольоровість) та токсикологічної безпеки. Вода повинна бути безпечною для вживання людиною.

2. Комунально-побутове використання: вода для купання, спорту та відпочинку. Тут основний акцент робиться на бактеріологічну безпеку та відсутність подразнюючих речовин.

3. Рибогосподарське призначення: нормативи часто є жорсткішими за питні. Риби та інші водні організми постійно перебувають у водному середовищі, тому вони чутливі до вмісту розчиненого кисню, нафтопродуктів та специфічних отрут, які можуть накопичуватися в ланцюгах живлення.

Ключові індикатори, що контролюються разом із ГДК:

– БПК (Біохімічне споживання кисню): кількість кисню, необхідна для окиснення органіки мікроорганізмами. Високий показник БПК свідчить про органічне забруднення (наприклад, стоками каналізації);

–ХСК (Хімічне споживання кисню): показник загального вмісту органічних речовин, що окиснюються хімічним шляхом;

– розчинений кисень: найважливіший показник «здоров’я» водойми. Його падіння нижче 4 мг/л призводить до замору риби.

1.1. Нормативна база України у сфері моніторингу та якості вод

Система контролю якості вод в Україні базується на ієрархії законодавчих актів, санітарних норм та технічних стандартів (ДСТУ), які визначають як граничні межі забруднення, так і методи їх вимірювання.

Законодавчі та нормативно-правові акти:

Водний кодекс України – основоположний документ, що регулює всі правові відносини у водній сфері.

Постанова КМУ №758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» – ключовий акт, що визначає перелік пріоритетних речовин (хімічний та екологічний стан) згідно з вимогами ЄС.

Наказ МОЗ №721 «Про затвердження гігієнічних нормативів якості води...» – встановлює сучасні ГДК для хімічних та біологічних показників у водоймах.

ДСанПіН 2.2.4-171-10 – нормативи для питної води, що використовується населенням.

Державний фонд нормативних документів (ДСТУ / ГОСТ):

Технічна частина моніторингу (як саме відбирати, зберігати та аналізувати) регламентується національними стандартами, більшість яких гармонізована з міжнародними стандартами ISO.

1. Основні стандарти щодо відбору проб та термінології:

ДСТУ EN ISO 5667-1:2025 – Настанови щодо проектування програм відбирання проб.

ДСТУ EN ISO 5667-3:2025 – Настанови щодо зберігання та поводження з пробами води.

ДСТУ EN ISO 5667-6:2025 – Настанови щодо відбирання проб із річок та струмків.

ДСТУ 3041-95 – Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища. Гідросфера. Терміни та визначення.

Стандарти на методи вимірювання показників (прикладні ДСТУ):

ДСТУ ISO 6060:2003 – Визначання хімічного споживання кисню (ХСК).

ДСТУ EN ISO 5814:2025 – Визначання біохімічного споживання кисню (БПК) після n днів.

ДСТУ ISO 10304-1:2025 – Методи визначання вмісту сульфатів.

ДСТУ EN ISO 9377-2:2025 – Методи визначання вмісту нафтопродуктів.

1.2. Порівняння вимог ГДК України з вимогами ЄС та рекомендаціями ВООЗ

На сучасному етапі в Україні триває процес адаптації екологічного законодавства до європейських стандартів. Головна відмінність полягає у переході від антропоцентричного підходу (вода має бути безпечною для людини) до екоцентричного (вода має бути «здоровою» як середовище існування).

Концептуальні розбіжності в підходах:

Україна (Традиційний підхід): базується на жорстких гігієнічних нормативах ГДК. Якщо концентрація речовини нижче за цифру в таблиці – стан «задовільний». Основна увага приділяється хімічному складу.

ЄС (Водна Рамкова Директива 2000/60/ЄС): оперує поняттям «екологічного статусу». Навіть якщо хімічні показники в нормі, але у водоймі зникли певні види чутливих безхребетних або порушено структуру дна, статус водойми не може бути визнаний «добрим».

ВООЗ (Рекомендації): орієнтовані виключно на вплив на здоров'я людини при споживанні води протягом життя. Це науково обґрунтовані ліміти, які держави використовують для розробки власних стандартів.

Порівняльна таблиця нормативних вимог

Параметр контролю	**Україна (ГДК рибгосп/питне)**	**ЄС (Екологічні стандарти якості - EQS)**	**Рекомендації ВООЗ**
Свинець (Pb)	0,01 мг/дм³ (р/г) / 0,01 мг/дм³ (п)	0,0013 мг/дм³ (середньорічна)	0,01 мг/дм³
Кадмій (Cd)	0,005 мг/дм³ (р/г) / 0,001 мг/дм³ (п)	≤0,00008 – 0,00025 мг/дм³ (залежить від твердості води)	0,003 мг/дм³
Нітрати (NO_3^-)	45,0 мг/дм³	50,0 мг/дм³ (Директива про нітрати 91/676/ЕЕС)	50,0 мг/дм³
Ртуть (Hg)	0,0001 мг/дм³ (р/г) / 0,0005 мг/дм³ (п)	0,00007 мг/дм³	0,006 мг/дм³

Ключові особливості порівняння:

1. Пріоритетні речовини: в ЄС виділено 45 пріоритетних речовин (пестициди, важкі метали, ПАВ), для яких встановлено надзвичайно низькі межі виявлення. В Україні перелік ГДК ширший (сотні сполук), але технічна база лабораторій не завжди дозволяє виявляти їх на рівні європейських EQS.
2. Специфіка рибогосподарських ГДК: в Україні нормативи для рибгоспу історично є одними з найсуворіших у світі. Наприклад, ГДК заліза загального для рибгоспу – 0,1 мг/дм³, тоді як питна норма допускає 0,2 мг/дм³. Це часто призводить до парадоксу: воду з-під крана юридично не можна виливати в річку, бо вона «брудніша» за річкову норму.
3. Біологічна відповідь: ЄС використовує біоіндикацію (стан фітопланктону, макрофітів, риб). Україна тільки починає інтегрувати ці методи в обов'язкову державну програму моніторингу.

Таким чином гармонізація з нормами ЄС змушує Україну переглядати застарілі радянські ГДК, роблячи їх більш реалістичними, але при цьому впроваджуючи жорсткий контроль за токсичними органічними сполуками, які раніше не вимірювалися.

Ч.2.2. Методологія інженерного нормування ГДС

На відміну від ГДК, які є єдиними для всієї країни, норматив ГДС (Гранично допустимий скид) розраховується індивідуально для кожного конкретного підприємства (випуску стічних вод). Це основний інструмент контролю, який пов'язує господарську діяльність із реальним станом річки.

2.1. Фізичний зміст та розрахункова база ГДС

ГДС – це максимальна маса забруднюючої речовини, яка дозволена до скидання із зворотними водами за одиницю часу (г/год або т/рік).

Головна мета розрахунку ГДС – гарантувати, що після змішування стічної води з річковою, концентрація будь-якої речовини в контрольному створі не перевищить її ГДК.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Характеристики стоку: витрата стічних вод (q, м^3/год) та фактична концентрація речовин у них.

2. Гідрологія річки: мінімальна середньомісячна витрата води року 95% забезпеченості (Q, м^3/с$. Розрахунок завжди ведеться для самого маловодного періоду (межені), коли самоочисна здатність річки мінімальна.
3. Фонова концентрація ($C_ф$): фактичний вміст речовини у річці вище випуску стоків.

2.2. Фактори розбавлення та змішування в інженерних розрахунках

Річка здатна поглинати забруднення завдяки процесу розбавлення. Проте стічна вода змішується з річковою не миттєво. В інженерних розрахунках використовується коефіцієнт змішування (γ), який показує, яка частина річкового потоку реально бере участь у розбавленні стоків у контрольному створі.

$$C_{ст} \leq \frac{n \cdot (C_{ГДК} - C_ф) + C_ф}{1} \quad (1)$$

де: $C_{ст}$ – допустима концентрація речовини у стічній воді;
n – кратність загального розбавлення стічних вод у річці.

Кратність розбавлення залежить від: гідродинаміки потоку (швидкість течії, звивистість русла), конструкції випуску (береговий, русловий або розсіювальний) та відстані до контрольного створа.

2.3. Вплив фонових концентрацій на встановлення лімітів скидів

Фонова концентрація ($C_ф$) – це вирок для підприємства. Вона визначається органами моніторингу за даними спостережень у фоновому створі.

Можливі сценарії:

1. $C_ф < C_{ГДК}$: у річки є «запас» самоочищення. Підприємству дозволяють скид, розраховуючи його так, щоб використати цей запас, але не перевищити ГДК.

2. $C_ф \geq C_{ГДК}$: річка вже забруднена вище норми (транскордонне забруднення або вплив інших заводів вище). У цьому випадку діє жорстке правило: концентрація у стічній воді має дорівнювати ГДК. Підприємству забороняється погіршувати і так незадовільний стан води, навіть якщо воно має надсучасні очисні споруди.

Таким чином ГДС це юридичний ліміт. Якщо підприємство перевищує встановлену масу (навіть якщо концентрація в нормі, але вилито більше води), це вважається порушенням законодавства і тягне за собою нарахування збитків.

Ч.2.3. Методи вимірювання та контролю

Після встановлення нормативів (ГДК) та лімітів (ГДС), ключовим завданням моніторингу стає отримання достовірних даних про фактичний стан води. Це досягається шляхом поєднання класичних лабораторних аналізів та сучасних інструментальних методів.

3.1. Лабораторні методи: фізико-хімічний та інструментальний аналіз

Це основний блок методів, що дозволяє отримати точний кількісний склад води. Лабораторний аналіз проводиться за суворими методиками, закріпленими в ДСТУ ISO.

Органолептичні методи: визначення запаху, смаку, кольоровості та каламутності. Це «перша лінія» контролю, що дозволяє швидко виявити аварійні ситуації.

Гравіметричні (вагові) методи: використовуються для визначення вмісту завислих речовин (сухого залишку).

Титриметричні методи: класичний хімічний аналіз (наприклад, визначення жорсткості води або вмісту хлоридів шляхом титрування реагентами).

Спектрофотометрія: визначення концентрації речовин (фосфатів, азотної групи, заліза) за інтенсивністю забарвлення розчину при проходженні крізь нього світла певної довжини хвилі.

Атомно-абсорбційна спектрометрія: високоточний метод для визначення важких металів (Pb, Cd, Hg, Cu) у мікроконцентраціях.

Хроматографія (газова та рідинна): єдиний надійний метод для виявлення складних органічних забруднювачів: пестицидів, нафтопродуктів та фенолів.

3.2. Гідробіологічні методи та біоіндикація стану вод

Хімічний аналіз показує стан води «тут і зараз», тоді як живі організми (біоіндикатори) реагують на тривале забруднення.

Біоіндикація: оцінка якості води за наявністю або відсутністю певних видів (наприклад, личинки одноденок живуть лише в дуже чистій воді, тоді як черви-трубочники виживають у сильному органічному забрудненні).

Біоградація (Біостимулювання): перевірка токсичності води за допомогою тест-об'єктів (дафній, водоростей або бактерій) у лабораторних умовах. Якщо у пробі води спостерігається загибель 50% тест-об’єктів за певний час (LC_{50}), вода вважається гостротоксичною.

3.3. Автоматизовані системи моніторингу стічних вод

Для великих підприємств-забруднювачів дедалі частіше запроваджується автоматичний моніторинг «на зрізі труби».

Датчики безперервної дії: встановлюються безпосередньо в потік. Вони вимірюють pH, температуру, розчинений кисень, електропровідність та каламутність у режимі реального часу.

Автоматичні пробовідбірники (сеймплери): програмуються на відбір проб через певні проміжки часу або пропорційно об'єму скиду, що виключає «людський фактор» при підготовці середньодобової проби.

Передача даних: інформація з датчиків автоматично передається на сервер екологічної інспекції. Це унеможливлює приховування аварійних скидів у нічний час або вихідні дні.

Таким чином комбінація лабораторної точності та автоматичної оперативності дозволяє створити надійну систему доказової бази для екологічного контролю та нарахування штрафів у разі порушення ГДС.

Ч.2.4. Оцінка результатів та управління водними ресурсами

Завершальним етапом моніторингу є інтерпретація отриманих цифр. Оскільки показників може бути десятки, для зручності управління використовують інтегральні індекси, які дозволяють звести багато параметрів до однієї оцінки (класу якості).

4.1. Класифікація якості вод та розрахунок Індексу забруднення води (ІЗВ)

В Україні для швидкої оцінки стану водойми традиційно використовується ІЗВ. Це розрахунковий показник, який базується на порівнянні фактичних концентрацій із ГДК для найбільш критичних забруднювачів. Для розрахунку обирають 6 показників, які мають найбільші перевищення ГДК (обов'язково включаючи розчинений кисень та $БПК_5$):

$$\text{ІЗВ} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \qquad (2)$$

Якщо концентрація розчиненого кисню менша за норму, відношення $\frac{C_i}{ГДК_i}$ замінюється на зворотне.

Класифікація за значенням ІЗВ: ≤0.3: I клас – дуже чиста; 0.3 – 1.0: II клас – чиста; 1.0 – 2.5: III клас – помірно забруднена; 2.5 – 4.0:IV клас – забруднена; 4.0 – 6.0: V клас – брудна; > 6.0: VI клас – дуже брудна.

4.2. Екологічне інспектування та прийняття управлінських рішень

Дані моніторингу, зведені в класи якості та порівняні з ГДС, є підставою для юридичних та економічних санкцій.

1. Нарахування збитків: якщо моніторинг фіксує перевищення ГДС, Державна екологічна інспекція розраховує масу «наднормативного» скиду та виставляє підприємству претензію. Суми збитків часто значно перевищують витрати на модернізацію очисних споруд.

2. Призупинення діяльності: у разі виявлення екстремально високого забруднення (наприклад, перевищення ГДК у 100 і більше разів), інспекція має право через суд вимагати повної зупинки роботи цеху або всього підприємства до усунення причин.

3. Екологічний податок: дані про обсяги скидів, підтверджені моніторингом, є базою для розрахунку екологічного податку, який підприємство сплачує до бюджету.

4. Басейнове управління: на основі даних моніторингу розробляються Плани управління річковими басейнами (ПУРБ). Якщо річка має стабільно поганий клас якості, у цьому регіоні можуть бути обмежені видачі дозволів на нове будівництво підприємств або водокористування.

Контрольні питання

1. Опишіть комплексну структуру та ієрархію нормативно-правової бази України у сфері моніторингу вод, пояснивши роль кожного рівня.

2. Проаналізуйте концептуальну різницю між санітарно-гігієнічним підходом до нормування якості вод та екоцентричним підходом, що впроваджується згідно з Водною рамковою директивою ЄС.

3. Обґрунтуйте необхідність диференціації нормативів ГДК для різних категорій водокористування, окремо пояснивши жорсткість вимог до рибогосподарських водойм.

4. Детально опишіть процедуру проектування мережі пунктів спостереження на річці, пояснивши логіку вибору фонових та контрольних створів.

5. Розкрийте фізичний зміст та динаміку процесів у зоні змішування та розбавлення стічних вод: як ці фактори впливають на визначення місця розташування пунктів контролю?

6. Опишіть методику встановлення точок відбору проб на створі (вертикалі та горизонти) залежно від морфометричних та гідродинамічних характеристик водного об’єкта.

7. Проаналізуйте вплив сезонних гідрологічних фаз (паводки, межень, льодостав) на програму моніторингу та репрезентативність отриманих даних про якість води.

8. Порівняйте переваги та обмеження використання разових, середньодобових та пропорційних проб при здійсненні контролю за скидами промислових підприємств.

9. Розкрийте технологічний ланцюжок роботи з пробою: від моменту відбору на об’єкті до етапу консервації та транспортування в лабораторію з дотриманням вимог ДСТУ.

10. Поясніть логіку розрахунку індивідуальних нормативів ГДС для підприємств та роль фонових концентрацій у процесі встановлення лімітів на скиди.

11. Дайте розгорнуту характеристику інструментальних методів аналізу (спектрофотометрія, хроматографія, атомно-абсорбційна спектрометрія) та їхньої ролі у виявленні специфічних забруднювачів.

12. Опишіть значення гідробіологічних методів та біоіндикації як інструментів довгострокового контролю екологічного стану водних екосистем.

13. Проаналізуйте принципи роботи та переваги впровадження автоматизованих систем моніторингу «на зрізі труби» для оперативного екологічного управління.

14. Розкрийте методику інтегральної оцінки якості води за допомогою Індексу забруднення води (ІЗВ) та поясніть принципи ранжування водойм за класами чистоти.

15. Опишіть механізм трансформації даних моніторингу в управлінські рішення: від фіксації порушення до нарахування екологічних збитків та коригування планів управління басейнами.

Лекція 11,12
МОНІТОРИНГ ГРУНТІВ ТА ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

Частина 1 (Організаційно-правові засади та методологія моніторингу земель і ґрунтів в Україні)

1. Нормативно-правова база моніторингу земель та ґрунтів
2. Суб'єкти та види моніторингу земель
3. Складові та порядок проведення моніторингу земель
4. Об'єкти та критерії діагностики стану ґрунтів

Частина 2 (Моніторинг радіаційного забруднення та контроль якості ґрунтів)

1. Законодавчі засади та види радіаційного моніторингу
2. Сучасний стан радіаційного забруднення в Україні
3. Моніторинг забруднення ґрунтів пестицидами
4. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами

Частина 1 (Організаційно-правові засади та методологія моніторингу земель і ґрунтів в Україні)

Ч.1.1. Нормативно-правові засади та методологія моніторингу земель і ґрунтів в Україні

1.1. Визначення та законодавче підґрунтя моніторингу земель і ґрунтів

Моніторинг земель і ґрунтів є однією з найважливіших складових державної політики у сфері раціонального використання та охорони земельних ресурсів. Це системний процес, що передбачає спостереження, збір інформації, її обробку, аналіз, оцінку та прогнозування змін стану земельного фонду країни.

Головним нормативно-правовим актом, який закладає основи регулювання цієї сфери, є ***Закон України «Про охорону земель»*** від 19 червня 2003 року № 962-IV. Цей Закон визначає правові, економічні та соціальні засади охорони земель, маючи на меті забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, а також збереження екологічних функцій ґрунтового покриву та охорони довкілля.

У статті 35 Закону чітко зазначено, що моніторинг земель є складовою системи заходів у галузі охорони земель і проводиться з метою своєчасного виявлення змін стану земель, оцінки ефективності здійснення заходів щодо їх охорони та попередження негативних процесів. Таким чином, моніторинг земель охоплює як сам ґрунтовий покрив, так і всю сукупність земельних ресурсів.

Для деталізації механізмів реалізації цього положення було прийнято ***Постанову Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про моніторинг земель»*** від 20 серпня 1993 року № 661. Ця постанова є базовим документом, який встановлює порядок організації та проведення

моніторингу земель незалежно від їх форми власності та цільового призначення. Положення визначає:

1. Основні завдання моніторингу (інформаційно-аналітичне забезпечення, виявлення негативних змін, прогнозування їхнього розвитку).

2. Об'єкт моніторингу (всі землі України).

3. Суб'єкти моніторингу (органи державної влади, підприємства, установи та організації).

Посилання для ознайомлення:

Закон України «Про охорону земель» (актуальна редакція)
Постанова КМУ «Про затвердження Положення про моніторинг земель»

1.2. Мета, об'єкт та принципи моніторингу

Метою моніторингу земель і ґрунтів є надання суб'єктам господарювання та органам державної влади об'єктивної інформації для прийняття управлінських рішень. Досягнення цієї мети забезпечується виконанням таких завдань:

– своєчасне виявлення змін у стані земельних ресурсів (як позитивних, так і негативних);

– оцінка ефективності заходів, які вживаються для охорони земель та збереження родючості ґрунтів (наприклад, оцінка ефективності протиерозійних заходів чи раціонального застосування добрив);

– прогнозування та попередження розвитку негативних процесів, таких як деградація, опустелювання, засолення, підтоплення, забруднення важкими металами та пестицидами;

– інформаційне забезпечення ведення Державного земельного кадастру (ДЗК) та здійснення державного контролю за використанням та охороною земель.

Об'єктом моніторингу, як зазначено в Положенні, є весь земельний фонд України. Це означає, що моніторинг поширюється на:

– землі сільськогосподарського призначення;

– землі лісового та водного фонду;

– землі житлової та громадської забудови.

– землі природно-заповідного фонду та іншого призначення.

Моніторинг ґрунтів, як вужча складова, зосереджується на ґрунтовому покриві об'єктів моніторингу, зокрема на змінах його якісних характеристик, таких як вміст гумусу, рухомих форм поживних речовин, кислотність, рівень забруднення (радіонуклідами, важкими металами, пестицидами).

1.3. Юридичне значення термінів

У контексті моніторингу ґрунтів, ***Закон України «Про охорону земель»*** надає чіткі визначення ключових термінів (Стаття 1), які є важливими для розуміння правових засад:

– ***Ґрунт*** – це природно-історичне органо-мінеральне тіло, що утворилося на поверхні земної кори і є осередком найбільшої концентрації поживних речовин, основою життя та розвитку людства завдяки найціннішій своїй властивості – ***родючості***.

– Родючість ґрунту – здатність ґрунту задовольняти потреби рослин у поживних речовинах, воді, повітрі, а також забезпечувати сприятливі умови для їхнього розвитку;

– ***Охорона земель*** – система правових, організаційних, економічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів;

– ***Агрохімічне обстеження ґрунтів*** – обов'язкове суцільне обстеження сільськогосподарських угідь з метою державного контролю за зміною показників родючості і забруднення ґрунтів.

Таким чином, нормативно-правові акти чітко виокремлюють моніторинг як системний державний захід, що забезпечує отримання достовірної інформації про стан найціннішого природного ресурсу – українського ***ґрунту,*** а також створюють підґрунтя для запровадження ефективних заходів із його захисту та відновлення.

Ч.1.2. Суб'єкти та види моніторингу земель

2.1. Суб'єкти, що здійснюють моніторинг земель

Моніторинг земель в Україні є комплексною державною системою, в реалізації якої бере участь низка центральних органів виконавчої влади. Кожен із суб'єктів має чітко визначену зону відповідальності, що відображає його основні функції в галузі земельних ресурсів, екології, сільського господарства та надзвичайних ситуацій.

Відповідно до Положення про моніторинг земель (Постанова КМУ № 661), основними суб'єктами моніторингу, які забезпечують збір, обробку, аналіз та передачу інформації, є:

– ***Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр)***. Цей орган є головним виконавцем моніторингу, оскільки він веде Державний земельний кадастр і здійснює державний контроль за використанням та охороною земель. Держгеокадастр відповідає за збір даних про кількісні та якісні зміни земельного фонду, їхню класифікацію та систематизацію;

– ***Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля)***. Цей суб'єкт відповідає за екологічну складову моніторингу. Він збирає дані про радіаційне, хімічне, біологічне забруднення ґрунтів, веде державний облік родовищ корисних копалин і контролює дотримання вимог природоохоронного законодавства;

– ***Міністерство аграрної політики та продовольства України (Мінагрополітики)***. Відповідає за моніторинг родючості сільськогосподарських ґрунтів. В його сферу діяльності входить організація та контроль ***агрохімічної паспортизації земель*** – обов'язкового суцільного обстеження сільськогосподарських угідь з метою контролю за зміною показників родючості (вміст гумусу, рухомих форм поживних речовин, кислотність);

– Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Вона бере участь у моніторингу, пов'язаному з небезпечними геодинамічними процесами: зсувами, підтопленням, карстовими явищами, які можуть призводити до деградації земель;

– Державна лісова служба України. Здійснює моніторинг стану земель лісового фонду;

– Міністерство охорони здоров'я України (МОЗ). Контролює радіаційну, санітарну та гігієнічну безпеку ґрунтів, які впливають на здоров'я людини та безпечність харчових продуктів.

Ці суб'єкти забезпечують багаторівневу та багатоцільову систему спостережень, що дозволяє отримати повну картину стану земельних ресурсів країни.

2.2. Класифікація моніторингу земель за територіальною ознакою

Залежно від масштабу території, що охоплюється спостереженнями, моніторинг земель поділяється на три основні рівні. Цей підхід дозволяє систематизувати дані та забезпечити їхню деталізацію від загальнодержавного до конкретного ділянки землі.

1 Національний (загальнодержавний) рівень.

Об'єкт: Весь земельний фонд України.

Мета: Отримання узагальненої інформації про кількісні та якісні зміни стану земельних ресурсів у цілому по країні.

Приклади даних: Загальні площі різних категорій земель, динаміка ерозійних процесів у масштабі країни, зміни загального рівня радіаційного забруднення.

2. Регіональний рівень.

Об'єкт: Територія окремих областей, районів, адміністративно-територіальних одиниць або великих економічних районів.

Мета: Деталізація даних національного рівня, виявлення проблемних зон, характерних для певного регіону (наприклад, підтоплення у прибережних районах, хімічне забруднення навколо промислових центрів).

Приклади даних: Зведені дані агрохімічної паспортизації по області, динаміка меліоративного стану зрошуваних земель у межах південного регіону.

3. Локальний рівень.

Об'єкт: Окремі земельні ділянки, поля, землеволодіння або зони локального антропогенного впливу (наприклад, 30-кілометрова зона АЕС, прилеглі до сміттєзвалищ території, окремі сільськогосподарські угіддя).

Мета: Максимально деталізований контроль якісного стану ґрунтів та оперативне виявлення негативних змін на рівні конкретного господарюючого суб'єкта.

Приклади даних: Вміст нітратів та пестицидів у ґрунті конкретного поля, визначення меж ділянки, забрудненої важкими металами навколо металургійного підприємства.

2.3. Класифікація моніторингу за терміном спостережень

Окрім територіального поділу, моніторинг також класифікується за періодичністю проведення спостережень, що відображає різну швидкість розвитку процесів у ґрунті.

1. Базові спостереження.

Частота: Проводяться одноразово на початковому етапі.

Мета: Створення базової інформаційної моделі (карти, агрохімічного паспорта) стану ґрунтів та земельних ресурсів, яка слугуватиме точкою відліку для всіх подальших досліджень.

Значення: Фіксація початкового стану, що є основою для оцінки динаміки змін.

2. Періодичні спостереження.

Частота: Проводяться через фіксовані проміжки часу (наприклад, раз на 5–10 років).

Мета: Виявлення середньострокових і довгострокових тенденцій зміни якісних характеристик ґрунтів, таких як зниження вмісту гумусу, розвиток ерозії, зміна кислотності або міграція радіонуклідів.

Приклади: Повторна агрохімічна паспортизація сільськогосподарських угідь.

3. Оперативні (поточні) спостереження.

Частота: Проводяться регулярно, часто у реальному часі або з високою частотою (щоденно, щотижнево, щомісячно).

Мета: Своєчасне виявлення короткострокових змін, пов'язаних із техногенними аваріями, стихійними лихами, сезонними змінами (підтоплення, засухи) або інтенсивною господарською діяльністю.

Приклади: Щоденний контроль радіаційного фону Гідрометслужбою, щотижневий відбір проб для контролю рівня ґрунтових вод.

Ч.1.3. Складові та порядок проведення моніторингу земель

3.1. Елементи систематичних спостережень

Система моніторингу земель не є одномоментним актом, а безперервним, циклічним процесом, який включає кілька взаємопов'язаних елементів спостережень. Ці елементи забезпечують збір первинної інформації, необхідної для аналізу якісного та кількісного стану земельного фонду.

Основними елементами систематичних спостережень за станом земель, згідно з Положенням про моніторинг земель, є:

– ***Ґрунтова зйомка та обстеження***. Це базові польові роботи, спрямовані на визначення генетичної будови та властивостей ґрунтів, а також структури ґрунтового покриву. Вони необхідні для створення ґрунтових карт, які є основою для всіх подальших моніторингових досліджень;

– ***Агрохімічна паспортизація земель***. Це обов'язкове суцільне обстеження сільськогосподарських угідь, яке проводиться з метою державного контролю за зміною показників родючості ґрунтів (вміст гумусу, рухомих форм поживних речовин, кислотність) та їх забруднення (важкі метали, пестициди);

– Вишукування, топографо-геодезичні та картографічні роботи. Вони необхідні для точного просторового прив'язування об'єктів моніторингу, визначення меж ділянок та створення тематичних карт стану земель (ерозійна карта, карта підтоплення тощо);

– Лабораторні дослідження проб ґрунту. Це ключовий етап, на якому відібрані в польових умовах зразки аналізуються в акредитованих лабораторіях на вміст різних хімічних елементів, органічних сполук, радіонуклідів та фізико-хімічних показників.

3.2. Процеси, що є об'єктом оцінки

Моніторинг земель зосереджується на відстеженні тих процесів і явищ, які безпосередньо впливають на деградацію земель, зниження їхньої продуктивності та погіршення екологічного стану. До основних процесів, що підлягають оцінці, належать:

– Зміни родючості ґрунтів. Це найважливіший аспект моніторингу сільськогосподарських земель. Він включає контроль за ерозією (водною та вітровою), втратою гумусу (дегуміфікацією), вторинним засоленням та закисленням ґрунтів;

– Забруднення ґрунтів. Оцінюється вміст шкідливих речовин, які потрапляють у ґрунт внаслідок антропогенної діяльності: важкі метали (свинець, кадмій, ртуть), пестициди, нафтопродукти, а також радіоактивне забруднення;

– Зміни гідрологічного та меліоративного стану. Оцінка підтоплення, осушення або, навпаки, вторинного заболочування земель, а також стану зрошуваних та осушуваних меліоративних систем.

– Геодинамічні та катастрофічні явища. Сюди відносяться такі процеси, як зсуви, карстові явища, селі та стан берегових ліній водосховищ і річок;

– Порушення земель. Контроль за процесами, пов’язаними з вилученням (відведенням) сільськогосподарських земель, їхнім руйнуванням внаслідок гірничих робіт або будівництва, а також динаміка відновлення (рекультивації) порушених земель.

3.3. Етапи проведення моніторингу

Проведення моніторингу земель здійснюється у чіткій послідовності, яка забезпечує логічність, достовірність та практичну спрямованість отриманих результатів. Цей процес, як правило, охоплює три основні етапи:

1. Етап зйомки, обстеження та вишукування (Збір даних):

Мета: Збір актуальної первинної інформації про стан земельного фонду та ґрунтового покриву.

Дії: Проведення ґрунтової зйомки, агрохімічного обстеження, аерофотозйомки та супутникового моніторингу (дистанційне зондування), а також відбір проб ґрунту, води та рослинності на постійних і тимчасових моніторингових ділянках.

2. Етап виявлення негативних факторів та оцінка (Аналіз та оцінювання):

Мета: Аналіз отриманих даних, виявлення та кількісна оцінка змін, що відбулися, та їхніх причин.

Дії:

– ***Лабораторний аналіз*** відібраних зразків для визначення рівня забруднення, вмісту гумусу, pH тощо;

– ***Порівняння*** поточних даних із базовими (фоновими) показниками для визначення динаміки змін;

– ***Виявлення*** ділянок, де показники перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК), та визначення територій, що перебувають у критичному стані (зони екологічного лиха, техногенного забруднення).

3. Етап прогнозу, планування та запобігання (Управлінські рішення):

Мета: Розробка рекомендацій, прогнозів та управлінських рішень для запобігання деградації земель.

Дії:

– ***Прогнозування*** подальшого розвитку негативних процесів (наприклад, оцінка швидкості розвитку ерозії при існуючому землекористуванні);

– ***Розробка*** пропозицій щодо оптимального режиму використання земель, необхідності проведення рекультивації чи меліорації;

– ***Передача*** узагальненої моніторингової інформації (звітів, карт, рекомендацій) органам влади для прийняття рішень щодо охорони земель та внесення змін до Державного земельного кадастру.

Таким чином, моніторинг земель і ґрунтів є інтегрованою системою, яка починається зі збору даних і завершується розробкою конкретних заходів, спрямованих на збереження та відновлення найважливішого природного ресурсу країни. Така структуризація моніторингу забезпечує не лише контроль за поточним станом, але й дозволяє здійснювати ефективне прогнозування та планування природоохоронних заходів на всіх рівнях управління земельними ресурсами.

Ч.1.4. Об'єкти та критерії діагностики стану ґрунтів

4.1. Об'єкти моніторингу ґрунтів та мережа спостережень

Моніторинг ґрунтів зосереджений на спостереженні за якісними змінами ґрунтового покриву, що є безпосереднім відображенням впливу як природних, так і антропогенних чинників. Основними об'єктами моніторингу ґрунтів є:

– ***Генетичні типи та підтипи ґрунтів***. Це дозволяє оцінювати реакцію різних типів ґрунтів (чорноземи, сірі лісові, каштанові тощо) на одні й ті ж антропогенні навантаження або кліматичні зміни;

– ***Ґрунти з різним ступенем антропогенного навантаження***. Включення до моніторингової мережі ділянок, що використовуються з різною інтенсивністю (наприклад, орні землі, пасовища, природні заповідники), дозволяє оцінити вплив різних видів господарської діяльності;

– ***Екологічні ареали та території***. До них відносяться землі, розташовані поблизу великих промислових центрів, магістралей, а також у зонах впливу зрошувальних чи осушувальних систем.

Для забезпечення достовірності та порівнянності результатів моніторингу створюється мережа постійних пунктів контролю (спостережень). Ці пункти обираються таким чином, щоб бути репрезентативними для оцінювання стану ґрунтів регіону і поділяються на кілька типів:

– ***Природні об'єкти (фонові ділянки)****:* території, які не зазнали або мінімально зазнали антропогенного впливу (заповідники, лісові масиви). Вони слугують ***еталоном*** для порівняння змін;

– ***Еталонні об'єкти****:* ділянки, де господарська діяльність ведеться з використанням найкращих доступних технологій для збереження родючості ґрунтів;

– ***Звичайні господарства****:* типові сільськогосподарські угіддя, які відображають стандартну практику землекористування в регіоні.

4.2. Критерії та показники діагностики стану ґрунтів

Діагностика якісного стану ґрунтів базується на оцінці низки критеріїв, що відображають зміни у їхніх фізичних, хімічних та біологічних властивостях. Критерії повинні бути ***об'єктивними, кількісно вимірюваними та чутливими*** до змін, спричинених господарською діяльністю або природними процесами.

Критерії достовірної діагностики включають:

– ***Зміна структури ґрунтового покриву та морфологічні ознаки***. Оцінюється товщина гумусового горизонту, наявність чи ступінь прояву ерозійних форм рельєфу (промоїн, ярів), ущільнення ґрунту, що впливає на його водо- та повітропроникність;

– ***Вміст органічної речовини (гумусу) та поживних речовин***. Зниження вмісту гумусу є ключовим показником деградації ґрунтів та втрати їхньої родючості. Також контролюється вміст рухомих форм азоту, фосфору, калію та мікроелементів;

– ***Водно-фізичні властивості та ерозійна небезпека***. Визначається інтенсивність процесів **ерозії** (змив чи видування ґрунту) та здатність ґрунту протистояти цим процесам;

– ***Меліоративний та хімічний стан***. Оцінюється ***кислотність (pH)***, яка впливає на доступність поживних речовин, а також ступінь ***засолення*** та ***залуження;***

– ***Забруднення***. Вимірюється вміст токсичних елементів, який порівнюється з Гранично Допустимими Концентраціями (ГДК) – максимально допустимою кількістю забруднюючих речовин у ґрунтах, яка не викликає негативних екологічних наслідків для родючості та здоров'я людини.

4.3. Засоби та методи спостережень

Для збору інформації в системі моніторингу ґрунтів використовуються як традиційні наземні методи, так і сучасні дистанційні технології.

Тип засобів	Опис та застосування
Наземні засоби	***1. Польові вишукування*:** Візуальне обстеження території, буріння шурфів, відбір ґрунтових проб відповідно до затверджених методик (наприклад, методом конверта для малого забруднення). ***2. Геодезичні вимірювання:*** Використання нівелірів та GPS-приладів для точного визначення висот і меж, що критично важливо для вимірювання динаміки ерозії та зсувів. ***3. Лабораторний аналіз:*** Визначення фізико-хімічних, токсикологічних та радіологічних показників проб ґрунту.
Дистанційні засоби	***1. Аерофотозйомка:*** Використання авіаційних платформ для отримання детальних знімків високої роздільної здатності. ***2. Супутниковий моніторинг (ДЗЗ)****:* Використання даних, отриманих із супутників (наприклад, Landsat, Sentinel). Це дозволяє швидко оцінювати великі території, ідентифікувати зони, уражені пожежами, підтопленням, а також оцінювати вегетаційний індекс (NDVI) як непрямий показник стану ґрунту.

Комбінація наземних (детальних) та дистанційних (широкомасштабних) методів дозволяє створити об'єктивну, динамічну та просторово точну інформаційну базу про стан земельних ресурсів країни.

Частина 2 (Моніторинг радіаційного забруднення та контроль якості ґрунтів)

Ч.2.1. Законодавчі засади та види радіаційного моніторингу

Правове регулювання цієї сфери ґрунтується на низці ключових законів та підзаконних актів:

Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання». Цей закон встановлює правові норми, які регулюють відносини у сфері захисту людини від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання та забезпечують радіаційну безпеку.

Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку». Регулює діяльність у сфері використання ядерної енергії, включно з вимогами до радіаційного контролю на ядерних установках та об'єктах поводження з радіоактивними відходами.

Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005)*,* затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02 лютого 2005 року № 54. Цей документ є базовим для встановлення системи радіаційного контролю. Він визначає ***дозові межі*** та ***рівні дії***, а також вимоги до обсягу та структури радіаційного контролю.

Посилання для ознайомлення:

Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання»

Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005)

1.1. Класифікація радіаційного контролю за ОСПУ-2005

Система радіаційного контролю, встановлена ОСПУ-2005, є комплексною та охоплює різні аспекти впливу іонізуючого випромінювання. Залежно від об'єкта та мети, моніторинг поділяється на такі основні види:

Вид контролю	Об'єкт контролю	Призначення
Радіаційний контроль	Загальний фон довкілля, включаючи ґрунти, воду, повітря.	Базовий контроль рівня забруднення, що є основою для всіх інших видів.
Аварійний радіаційний контроль	Зона впливу та забруднення після радіаційної аварії.	Оперативне визначення масштабів та динаміки аварійного викиду, швидке прийняття рішень щодо захисних заходів.
Безперервний радіаційний контроль	Радіаційний фон у певних точках (пости спостереження).	Постійне відстеження змін у режимі реального часу, зокрема для раннього попередження.
Виробничий радіаційний контроль	Робоче середовище на радіаційно-небезпечних об'єктах (АЕС, лабораторії).	Забезпечення радіаційної безпеки працівників та контроль за дотриманням технологічних процесів.
Контроль джерела (радіаційний)	Самі джерела іонізуючого випромінювання (закриті та відкриті джерела, відходи).	Облік, зберігання, видача та транспортування радіоактивних матеріалів та контроль їх характеристик.
Контроль зони дихання	Повітря, яким дихає персонал.	Оцінка внутрішнього опромінення через інгаляцію радіоактивних аерозолів.
Персональний радіаційний контроль	Індивідуальні дози опромінення працівників.	Визначення та реєстрація накопиченої дози опромінення кожної особи для запобігання перевищенню встановлених норм.

1.2. Специфіка контролю радіаційного забруднення ґрунтів

Контроль радіоактивного забруднення ***ґрунтів*** є особливо важливим, оскільки ґрунт виступає як акумулятор радіонуклідів. Забруднювальні речовини в ґрунті мігрують відносно повільно (порівняно з атмосферою або поверхневими водами), що призводить до високих та стійких рівнів забруднення. Основними радіонуклідами, які контролюються в ґрунтах України, є Цезій-137 (Cs137) та Стронцій-90 (Sr90).

Заходи радіаційного моніторингу ґрунтів включають:

– ***Систематичний відбір проб ґрунту*** на постійних моніторингових ділянках;

– ***Визначення щільності забруднення*** (Бк/м²) поверхневих шарів ґрунту;

– ***Картографування зон радіаційного забруднення*** для визначення меж забруднених територій;

– ***Оцінка переходу радіонуклідів*** з ґрунту в сільськогосподарську продукцію (критично важливий елемент для забезпечення безпеки харчових продуктів).

Інформація, отримана в результаті радіаційного моніторингу ґрунтів, є основою для прийняття рішень щодо реабілітації забруднених земель (наприклад, проведення глибокої оранки, вапнування) та встановлення обмежень на господарську діяльність у зоні відчуження та зоні безумовного (обов'язкового) відселення.

Ч.2.2. Сучасний стан радіаційного забруднення в Україні

2.1. Історичні чинники та загальна оцінка

Сучасний радіаційний стан території України значною мірою сформований внаслідок Чорнобильської катастрофи 1986 року. Незважаючи на значний час, що минув, радіоактивне забруднення ґрунтів, особливо довгоживучими радіонуклідами, як-от Цезій-137 (Cs137) та Стронцій-90 (Sr90), досі залишається актуальною проблемою для окремих регіонів. Ґрунт, як найбільш малорухоме природне середовище, виступає як накопичувач цих речовин, що зумовлює високі та стійкі рівні забруднення на певних територіях.

Для візуалізації масштабів проблеми та планування заходів використовується *Карта-схема радіаційного забруднення території* , яка відображає щільність забруднення ґрунтів цезієм-137 та іншими радіонуклідами. Наявність такої карти є критично важливою для:

– визначення меж зон радіоактивного забруднення (зона відчуження, зона безумовного (обов'язкового) відселення, зона гарантованого добровільного відселення);

– планування сільськогосподарської діяльності (встановлення обмежень чи необхідність проведення спеціальних заходів);

– оцінки загальної забрудненості ґрунтів у масштабі країни.

2.2. Спостереження Державної гідрометеорологічної служби

Одним із ключових суб'єктів, відповідальних за безперервний радіаційний моніторинг довкілля, є ***Державна гідрометеорологічна служба (Гідрометслужба)***. Її діяльність охоплює регулярні спостереження та заміри, які дозволяють оперативно відслідковувати зміни радіаційного фону.

Основні види спостережень, які здійснює Гідрометслужба:

– Заміри Гамма-випромінювання (ГРЕ). Проводяться на стаціонарних постах спостереження для оцінки потужності експозиційної дози гамма-випромінювання на місцевості. Ці заміри є основою для контролю загального радіаційного фону;

– спостереження за атмосферними опадами та осіданням радіоактивних частинок. Регулярно відбираються проби опадів та твердих осідань для визначення рівня радіоактивності, що надходить із атмосфери. Це особливо важливо для виявлення транскордонного перенесення або контролю після аварій;

– визначення вмісту радіоактивного аерозолю в приземному шарі атмосфери. Проби повітря відбираються за допомогою спеціальних фільтрів для виявлення та кількісного визначення радіонуклідів в аерозольній формі.

Інформація від Гідрометслужби є основою для прогнозування та оперативного реагування на будь-які зміни радіаційної обстановки.

2.3. Спеціалізований контроль ґрунтів та вод

Крім загального (фоново-оглядового) контролю стану компонентів довкілля, здійснюється спеціалізований моніторинг найбільш вразливих об’єктів і територій, де спостерігається або прогнозується підвищений рівень антропогенного навантаження.

Мета спеціалізованого контролю:

– деталізація просторової та часової динаміки забруднення ґрунтів і водних об’єктів;

– виявлення зон локального техногенного впливу;

– оцінка ефективності природоохоронних та рекультиваційних заходів;

– уточнення моделей міграції забруднювачів у геологічному середовищі.

Об’єкти спеціалізованого контролю:

– промислові зони, полігони твердих побутових і промислових відходів, склади пестицидів;

– території нафтобаз, АЗС, гірничодобувних підприємств, зон підтоплення;

– водозахисні зони та санітарно-захисні смуги навколо водозаборів;

– ділянки з підозрою на вторинне забруднення підземних вод.

Основні напрямки досліджень:

1. Моніторинг ґрунтів – визначення концентрацій важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr), нафтопродуктів, залишків агрохімікатів, а також фізико-хімічних показників (pH, гумус, гранулометричний склад). Вимірювання проводяться з урахуванням вертикальної структури (0–20, 20–40, 40–60 см).

2. Моніторинг вод – аналіз поверхневих і підземних вод на вміст мінералізації, нітратів, амонію, фосфатів, сульфатів, важких металів, фенолів, нафтопродуктів. Особлива увага приділяється свердловинам спостережної мережі, що розташовані поблизу джерел потенційного забруднення.

3. Гідрогеохімічні дослідження – побудова карт ізоліній концентрацій та моделювання напрямів руху забруднюючих речовин у зоні аерації та у водоносних горизонтах.

Методи контролю:

– польові вимірювання (pH-метри, кондуктометри, GPS-фіксація);

– лабораторний аналіз (атомно-абсорбційна спектрометрія, фотометрія, титрування);

– дистанційне зондування територій (для оцінки вологи ґрунтів, змін у рослинному покриві).

Ч.2.3. Моніторинг забруднення ґрунтів пестицидами

Моніторинг залишкових кількостей пестицидів у ґрунтах є невід'ємною частиною контролю за якісним станом сільськогосподарських угідь та забезпеченням екологічної безпеки. Пестициди, які використовуються для захисту рослин, можуть накопичуватися в ґрунті, потрапляти у ґрунтові та поверхневі води, а також переходити у сільськогосподарську продукцію, створюючи загрозу для здоров’я людини та довкілля.

3.1. Типи пунктів досліджень та їх вибір

Для проведення моніторингу забруднення пестицидами використовується мережа пунктів спостережень, яка дозволяє відстежувати як фонове, так і локальне забруднення. Ці пункти поділяються на:

– ***Постійні пункти досліджень*:** Це ділянки, які закріплюються для спостережень на термін не менше 5 років. Вони обираються для моніторингу в місцях, де очікується стабільне або тривале забруднення.

Приклади: Території поблизу молокозаводів, елеваторів, баз зберігання пестицидів та мінеральних добрив, а також на інтенсивно використовуваних сільськогосподарських угіддях, де циклічно застосовуються одні й ті ж препарати.

– ***Тимчасові пункти досліджень:*** Закладаються на період протягом одного року або одного вегетаційного періоду з *метою* оперативного контролю після одноразового інтенсивного застосування пестицидів, для вивчення їхньої динаміки розпаду та міграції у ґрунті чи для оцінки забруднення в зоні аварійного скиду.

Вибір ділянок для оцінювання фонового забруднення – тобто рівнів, не пов'язаних із прямими джерелами викиду (наприклад, фонове забруднення, яке принесене повітряними масами або має загальнорегіональний характер) – є критично важливим для розуміння загального екологічного стану.

3.2. Періодичність та методика відбору проб

Частота відбору проб залежить від цілей моніторингу та стабільності досліджуваних пестицидів:

– ***Стандартна періодичність:*** Зазвичай проби ґрунту для контролю залишкових пестицидів відбирають два рази на рік – навесні та восени. Це дозволяє оцінити накопичення речовин після осіннього внесення та їхній рівень перед весняним початком сільськогосподарських робіт.

– ***Для вивчення динаміки:*** Якщо необхідно дослідити швидкість міграції, розпаду чи транслокації пестицидів, відбір проб може здійснюватися до шести разів на рік.

Методика відбору проб для майданного (територіального) забруднення є стандартизованою для забезпечення репрезентативності зразка, що відображає стан усього поля:

– ***Глибина відбору:*** Проби відбирають у межах орного шару (зазвичай 0–20 см), де відбувається найбільше накопичення пестицидів.

– ***Формування зразка:*** На одній ділянці (наприклад, полі) відбирається велика кількість окремих виїмок (точкових проб). Ці виїмки робляться рівномірно по діагоналі чи методом «конверта».

– ***Об'єднання та квартування:*** Всі точкові проби об'єднуються в один змішаний (середній) зразок. Загальна маса середнього зразка може досягати 2-3 кг. Цей зразок ретельно перемішується, а потім методом квартування (розділення на чотири частини та відкидання протилежних) зменшується до необхідної для лабораторії маси (наприклад, 0,5 кг).

– ***Упаковка та документування:*** Проба поміщається у чисту тару (зазвичай скляну чи поліетиленову, залежно від типу пестициду, щоб

уникнути адсорбції), опечатується та супроводжується актом відбору, де вказуються всі деталі: місце, дата, глибина, тип ґрунту та мета дослідження.

Про затвердження Методичних рекомендацій щодо визначення територій, що містять стійкі органічні забруднювачі

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо процедур відбору проб під час надзвичайних ситуацій та небезпечних подій, пов'язаних з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин (ЗАТВЕРДЖЕНО Наказ ДСНС 08.09.2021 № 602)

Методика оцінки стану забруднення земель та підземних вод

Ютюб канал Моногра **https://www.youtube.com/@monorga/featured** , наприклад **Відбір проб**

3.3. Особливості відбору в різних умовах

Методика відбору має бути скоригована залежно від особливостей землекористування:

– ***Сади та виноградники:*** Відбір здійснюється окремо по міжряддях та пристовбурних смугах, оскільки саме біля стовбурів дерев накопичується найбільша кількість препаратів, внесених для боротьби зі шкідниками.

– ***Зрошувані райони:*** Тут необхідно враховувати можливість вертикальної та горизонтальної міграції пестицидів з поливною водою, тому проби можуть відбиратися з більшою глибиною та частіше.

– ***Гірські райони:*** Через особливості рельєфу та інтенсивний поверхневий стік проби відбираються з урахуванням схилової експозиції та інтенсивності ерозії, що впливає на нерівномірний розподіл пестицидів.

Таким чином, моніторинг пестицидного забруднення вимагає не лише знання хімічних властивостей препаратів, а й суворого дотримання методології відбору проб, що є запорукою отримання достовірних та репрезентативних даних.

Контроль поверхневих вод та ґрунтів поблизу АЕС. Навколо діючих атомних електростанцій встановлюються зони спостережень, де моніторинг ґрунтів проводиться з підвищеною частотою. Це дозволяє вчасно виявити навіть мінімальні зміни, які можуть бути пов'язані з експлуатацією станції.

Про затвердження Вимог до оцінки безпеки атомних станцій щодо зовнішніх впливів природного характеру

Про напрямок радіаційного контролю

Контроль у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС. У зоні відчуження та зоні обов'язкового відселення моніторинг є постійним та найбільш інтенсивним. Він включає дослідження ґрунтів, рослинності, води та біоти для відстеження міграції радіонуклідів та природного самоочищення територій.

Таким чином, сучасний стан радіаційного забруднення вимагає комплексного, багаторівневого підходу, де державні установи спільно забезпечують безперервний контроль, щоб гарантувати радіаційну безпеку населення та екологічну рівновагу.

Ч.2.4. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами (ВМ)

4.1. Організація спостережень та визначення зони впливу

Важкі метали (ВМ), такі як свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк, є одними з найбільш небезпечних забруднювачів ґрунтів, оскільки вони не руйнуються в навколишньому середовищі, можуть накопичуватися в ґрунті протягом десятиліть і здатні переходити в рослини та харчові ланцюги.

Організація моніторингу ВМ має на меті визначити ступінь забруднення та його просторовий розподіл, особливо *навколо промислових підприємств* – джерел викидів. Для цього розробляється спеціальна *Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами*, яка слугує основою для планування польових робіт.

Головне завдання на початковому етапі – це визначення зони можливого забруднення. Ця зона моделюється навколо промислового об'єкта у вигляді концентричних кіл із різними радіусами. Стандартна методика передбачає використання таких радіусів:

– ближня зона: 0,2 км (200 м);

– середня зона*:* 0,5 км, 1 км, 2 км, 3 км, 5 км;

– дальня зона: 10 км, 20 км, 30 км, 40 км, 50 км.

4.2. Фактори, що визначають протяжність зони забруднення

Зона фактичного забруднення рідко має ідеально круглу форму. Фактична протяжність та конфігурація зони, а отже і планування пунктів моніторингу, залежать від низки факторів:

– роза вітрів (переважаючі напрямки вітру): найбільша інтенсивність забруднення ґрунтів спостерігається саме за переважаючим напрямком вітру, оскільки викиди з димових труб осідають згідно з вітровим переносом;

– характер викидів: висота джерела, агрегатний стан речовин (пил, газ), температура та швидкість викиду впливають на дальність перенесення;

- рельєф місцевості: наявність пагорбів, долин або водних об'єктів може впливати на розсіювання або, навпаки, накопичення забруднювачів у певних місцях.

4.3. Побудова секторів та розташування ключових ділянок

Для врахування *рози вітрів* та нерівномірного розподілу забруднення, зона моніторингу навколо підприємства поділяється на сектори. Ці сектори формуються за основними напрямками вітру.

Наступним кроком є вибір *ключових ділянок* для відбору проб. Ключові ділянки мають бути:

– типовими за типом ґрунту та землекористуванням для даного сектора;

– розміром від 1 до 10 га.

Ключові ділянки розташовуються на перетині концентричних кіл, що позначають радіуси забруднення, та меж секторів, визначених за рози вітрів. Це забезпечує максимальну репрезентативність зразків:

– у секторах переважаючих вітрів – ділянки розміщуються частіше та до більших відстаней;

– у секторах з протилежним напрямком вітру – ділянки можуть розташовуватися рідше або тільки у ближній зоні.

4.4. Особливі випадки розташування ділянок

При нечіткій розі вітрів: якщо вітри мають рівномірно розподілені напрямки, сектори можуть бути рівномірно розподілені навколо джерела (наприклад, 8 або 16 рівних секторів).

Водна міграція: якщо забруднення ВМ може відбуватися через стічні води або поверхневий стік (звалища, відвали, золошлакові накопичувачі), додаткові пункти контролю розташовуються:

Вздовж річок та водотоків нижче за течією від джерела забруднення.

У пониженнях рельєфу, де можуть накопичуватися забруднені ґрунтові та поверхневі води.

Така методологія забезпечує не лише контроль за існуючим рівнем забруднення, але й дозволяє створити динамічні моделі міграції важких металів у ґрунті, що є основою для розробки заходів із рекультивації та контролю екологічних ризиків.

Контрольні питання

1. Проаналізуйте структуру та ієрархію нормативно-правового забезпечення моніторингу земель в Україні, розкривши роль Закону України «Про охорону земель» як фундаментального акта у цій сфері.
2. Дайте розгорнуту характеристику суб'єктів державного моніторингу земель: поясніть розподіл сфер відповідальності між Держгеокадастром, Міндовкіллям та Мінагрополітики.
3. Розкрийте зміст та практичне значення класифікації моніторингу за територіальною ознакою, порівнявши цілі та приклади даних на національному, регіональному та локальному рівнях.
4. Обґрунтуйте необхідність поділу моніторингових спостережень за термінами проведення (базові, періодичні, оперативні) та поясніть, які саме процеси в ґрунті вимагають різної частоти контролю.
5. Опишіть технологічний цикл проведення агрохімічної паспортизації земель як інструменту державного контролю за станом родючості та забруднення сільськогосподарських угідь.
6. Детально розпишіть три етапи проведення моніторингу земель: від польового збору первинних даних до розробки прогнозів та прийняття управлінських рішень.
7. Проаналізуйте принципи формування мережі постійних пунктів контролю, пояснивши роль фонових, еталонних ділянок та звичайних господарств у забезпеченні достовірності моніторингу.
8. Охарактеризуйте систему критеріїв та показників діагностики стану ґрунтів, акцентуючи увагу на дегуміфікації, ерозії та зміні фізико-хімічних властивостей (pH, засолення).
9. Порівняйте можливості наземних засобів обстеження та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у системі моніторингу ґрунтів, визначивши їхні переваги для різних масштабів досліджень.

10. Розкрийте особливості організації та види радіаційного контролю згідно з ОСПУ-2005, пояснивши відмінності між загальним, аварійним та персональним моніторингом.

11. Опишіть специфіку контролю радіоактивного забруднення ґрунтів довгоживучими нуклідами (Cs137, Sr90) та значення картографування зон забруднення для сільськогосподарського виробництва.

12. Проаналізуйте діяльність Державної гідрометеорологічної служби у системі радіаційного моніторингу, детально описавши методи контролю гамма-випромінювання та атмосферних опадів.

13. Опишіть методологію відбору проб ґрунту для визначення залишкових кількостей пестицидів, розкривши сутність методу «конверта», процедуру квартування та вимоги до упаковки зразків.

14. Обґрунтуйте необхідність коригування методики моніторингу пестицидів залежно від типу землекористування (сади, зрошувані та гірські райони).

15. Детально опишіть процедуру проектування зони моніторингу навколо промислового підприємства (джерела викидів важких металів) з урахуванням рози вітрів, рельєфу та водної міграції.

Лекція 13,14

МОНІТОРИНГ БІОРІЗНОМАНІТТЯ: ТВАРИННИЙ ТА РОСЛИННИЙ СВІТ (БІОМОНІТОРИНГ). МЕТОДИ ОБЛІКУ ТА ІНДИКАЦІЯ.

Частина 1 (Загальні засади моніторингу біорізноманіття та державний облік рослинного світу)

1. Визначення та функції моніторингу біорізноманіття (МБ)
2. Рівні організації біологічних систем у МБ
3. Державний облік рослинного світу: мета та завдання
4. Порядок ведення обліку та використання його даних
5. Спеціалізовані інструменти обліку та моніторингу: Червона та Зелена книги України

Частина 2 (Моніторинг радіаційного забруднення та контроль якості ґрунтів)

1. Визначення та значення державного кадастру тваринного світу
2. Територіальне та законодавче охоплення кадастру
3. Зміст та порядок виконання кадастрових робіт
4. Використання даних кадастру в управлінській діяльності

Частина 1 (Загальні засади моніторингу біорізноманіття та державний облік рослинного світу)

Ч.1.1. Визначення та функції моніторингу біорізноманіття (МБ)

1.1. Визначення моніторингу біорізноманіття

Моніторинг біологічної різноманітності (МБ) – це ключовий інструмент в екологічному управлінні та природоохоронній діяльності, який забезпечує систематичний контроль за станом живої природи. Згідно з методологічними засадами, МБ визначається як система регулярних тривалих спостережень у просторі та часі. Ці спостереження спрямовані на отримання, обробку та аналіз інформації про стан біорізноманіття у всіх його проявах: від генетичного рівня до рівня цілих екосистем і ландшафтів.

Біологічне різноманіття (біорізноманіття) охоплює варіабельність живих організмів з усіх джерел, включаючи, серед іншого, наземні, морські та інші водні екосистеми та екологічні комплекси, частиною яких вони є. Це поняття включає різноманітність: усередині видів (генетичне різноманіття), між видами (видове різноманіття) та екосистем (ландшафтне різноманіття).

1.2. Мета та завдання МБ

Головна мета моніторингу біорізноманіття полягає в оцінці та прогнозі параметрів біорізноманіття з метою підтримки природного гомеостазу екосистем, а також забезпечення сприятливих умов для життєдіяльності людини. Досягнення цієї мети реалізується через виконання низки стратегічних завдань:

– оцінка минулого та сьогодення: збір та аналіз історичних та поточних даних для розуміння тенденцій зміни чисельності, поширення та стану видів та екосистем;

– прогнозування: розробка науково обґрунтованих прогнозів щодо ймовірних змін біорізноманіття під впливом глобальних факторів (зміна клімату, інвазії, антропогенний тиск);

– виявлення загроз: своєчасне виявлення негативних факторів, що призводять до деградації середовищ існування та зникнення видів;

– інформаційна підтримка: надання об'єктивної інформації органам державної влади для прийняття рішень щодо охорони природи, планування природоохоронних заходів та ведення Червоної книги та Зеленої книги України;

– оцінка ефективності: контроль за результативністю вже впроваджених природоохоронних програм і проектів;

1.3. Основні функції МБ

Моніторинг біорізноманіття виконує важливі функції, забезпечуючи контроль за станом біорізноманіття на різних рівнях організації біологічних систем. Цей контроль дозволяє виявити зміни на ранніх етапах, починаючи від найдрібніших молекулярних структур до глобальних екосистемних процесів:

на низьких (внутрішньоорганізменних) рівнях:

– субклітинний рівень: контроль генетичних, біохімічних та біофізичних аспектів. Наприклад, виявлення мутацій або змін у ферментативній активності, що можуть свідчити про вплив токсичних речовин.

– клітинний та тканинний рівень: Контроль імунологічних, ембріологічних, гістологічних та органних аспектів. Дослідження здоров'я організмів, їхньої стійкості до хвороб.

на середньому (організменному) рівні:

– організменний рівень: оцінка фізіологічних аспектів, таких як загальний стан здоров'я, репродуктивна здатність та рівень стресу окремих особин.

на високих (надорганізменних) рівнях:

– видовий, популяційний та екосистемний рівні: контроль за різноманітністю організмів, популяцій, угруповань та ландшафтів. На цьому рівні вивчаються зміни чисельності популяцій, ареалів поширення, структури рослинних та тваринних угруповань, а також динаміка природних ландшафтів (наприклад, площа лісів, заболочених територій).

Таким чином, МБ є інтегрованою системою, яка використовує дані з усіх біологічних рівнів для формування цілісної та об'єктивної картини стану довкілля.

Ч.1.2. Рівні організації біологічних систем у МБ

Моніторинг біологічної різноманітності (МБ) є комплексною системою, яка охоплює контроль за станом живої природи на всіх її ієрархічних рівнях – від молекулярних структур всередині клітини до цілих ландшафтів. Ця багаторівневість дозволяє своєчасно виявити як ранні, субклінічні ознаки впливу забруднення чи стресу, так і масштабні екологічні зміни.

2.1. Контроль на низьких (внутрішньоорганізменних) рівнях

Контроль на цих рівнях здійснюється переважно через біохімічні, фізіологічні та генетичні дослідження і дозволяє діагностувати вплив

негативних факторів задовго до того, як проявляться видимі зміни у популяціях чи екосистемах.

Субклітинний рівень: контролюються генетичні, біохімічні та біофізичні аспекти.

Генетичні аспекти: вивчаються зміни в структурі ДНК та РНК (мутації), що можуть бути викликані радіаційним чи хімічним забрудненням. Це слугує індикатором генетичної загрози для виду.

Біохімічні аспекти: аналізується зміна активності ферментів, метаболітів та вміст токсичних речовин у тканинах (біоакумуляція). Наприклад, зниження активності деяких ферментів може вказувати на вплив важких металів чи пестицидів.

Клітинний та тканинний рівень: контролюються імунологічні, ембріологічні, гістологічні та органні аспекти.

Імунологічні аспекти: оцінюється стан імунної системи організмів (наприклад, кількість лімфоцитів), що свідчить про їхню стійкість до інфекцій та загальний рівень стресу.

Гістологічні та органні аспекти: досліджуються патологічні зміни у тканинах та органах (печінка, нирки, легені) як прямі наслідки хронічного токсичного впливу.

2.2. Контроль на середньому (організменному) рівні

На цьому рівні увага зосереджується на ***індивідуальній особі*** як інтегральному показнику здоров'я.

Організменний рівень: Контролюються фізіологічні аспекти.

Фізіологічні показники: вимірюються такі параметри, як частота серцебиття, швидкість обміну речовин, рівень гормонів стресу (кортизолу), загальний ріст та розвиток. Зміни цих показників свідчать про те, що індивід перебуває під впливом значного екологічного чинника.

Репродуктивна функція: оцінюється здатність до розмноження, плодючість та виживання потомства. Зниження репродуктивного успіху є прямим сигналом про загрозу для популяції.

2.3. Контроль на високих (надорганізменних) рівнях

Ці рівні (видовий, популяційний та екосистемний рівні) є найбільш звичними для традиційного екологічного моніторингу і відображають колективну реакцію біоти на зміни довкілля. На них контролюється різноманітність організмів, популяцій, угруповань та ландшафтів.

Видовий рівень: оцінюється видове різноманіття (кількість видів на певній території) та стан рідкісних, ендемічних, або занесених до Червоної книги видів.

Популяційний рівень: спостереження за чисельністю, щільністю та віковою структурою популяцій ключових видів (індикаторні види, домінанти). Зменшення чисельності популяції, зміна її структури або ареалу поширення вказує на деградацію середовища існування.

Екосистемний (ландшафтний) рівень: моніторинг охоплює зміни структури та функцій екосистем та ландшафтів:

– оцінка площі та якості природних біотопів (лісів, боліт, степів);

– визначення продуктивності екосистем (наприклад, приріст біомаси);
– моніторинг біогеохімічних циклів (цикл вуглецю, азоту).

Таким чином, інтеграція даних, отриманих на всіх ієрархічних рівнях, дозволяє системі моніторингу біорізноманіття надавати повну та своєчасну інформацію про екологічну безпеку, починаючи від прихованих молекулярних процесів і закінчуючи видимими змінами у ландшафті.

Ч.1.3. Державний облік рослинного світу: мета та завдання

3.1. Визначення та правові засади

Державний облік рослинного світу – це система збору, систематизації та реєстрації відомостей про кількісний та якісний стан флористичного різноманіття на території України. Цей облік є невід'ємною частиною Державного кадастру рослинного світу, який є систематизованою сукупністю інформації про біологічні, екологічні, економічні та господарські характеристики об'єктів рослинного світу.

Правові основи ведення обліку та кадастру рослинного світу регулюються Законом України «Про рослинний світ». Цей Закон визначає правові засади охорони, раціонального використання та відтворення об'єктів рослинного світу, а також встановлює вимоги до їхнього державного обліку.

3.2. Мета державного обліку

Головною метою державного обліку та кадастру рослинного світу є забезпечення повної, достовірної та систематизованої інформації про стан об'єктів рослинного світу, необхідної для:

– о*хорони:* виявлення рідкісних та зникаючих видів, визначення необхідності їх включення до *Червоної книги України* чи *Зеленої книги України*, та планування заходів щодо їхнього збереження;

– р*аціонального використання:* встановлення науково обґрунтованих норм і лімітів використання природних рослинних ресурсів (наприклад, збору лікарської сировини, заготівлі деревини, сінокосіння);

– в*ідтворення та поліпшення:* розробка програм з відновлення деградованих рослинних угруповань та збільшення біорізноманіття;

– *державного управління:* інформаційне забезпечення органів державної влади для прийняття управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів.

3.3. Склад відомостей, що підлягають обліку

Для досягнення поставленої мети державний облік рослинного світу передбачає збір, реєстрацію та узагальнення інформації за такими ключовими напрямками:

– г*еографічне* поширення: точне визначення ареалів (меж поширення) окремих видів або груп видів рослин та їхніх угруповань (фітоценозів);

– ч*исельність та запаси:* кількісна оцінка обсягів рослинних ресурсів. Для лісів це може бути запас деревини, для трав'янистих угруповань – запас фітомаси (наприклад, сіна);

– *стан рослинного світу:* якісна характеристика об'єктів, що включає:
– ступінь ураження хворобами та шкідниками;

– рівень антропогенного навантаження (витоптування, забруднення);
– життєздатність популяцій, вікова структура.

– *характеристики середовища зростання:* опис екологічних умов, у яких існують рослинні об'єкти, включаючи дані про:
– тип ґрунту (наприклад, з державного земельного кадастру);
– кліматичні умови;
– гідрологічний режим.

– с*учасне господарське використання:* обсяги та способи використання рослинних ресурсів (ліміти заготівлі, обсяги збору, площі використання пасовищ);

– *інші дані:* інформація про рідкісних, ендемічних, реліктових та зникаючих видів, а також про види, що мають наукову, історико-культурну чи естетичну цінність.

Систематизація цих відомостей дозволяє не тільки фіксувати поточний стан флори, але й відстежувати її динаміку у часі, що є основою для ефективного планування заходів із збереження біорізноманіття.

Ч.1.4. Порядок ведення обліку та використання його даних

4.1. Види кадастрових робіт

Ведення Державного кадастру рослинного світу, яке включає його державний облік, є комплексним процесом, що вимагає послідовного виконання низки спеціалізованих кадастрових робіт. Ці роботи спрямовані на збір, обробку та систематизацію відомостей про рослинний світ.

Основні види кадастрових робіт включають:

– в*изначення територій:* на цьому початковому етапі проводиться чітке просторове визначення конкретних територій чи акваторій, де планується проведення кадастрових робіт. Це може бути виділення лісових масивів, ділянок степових чи лучних екосистем, або водоохоронних зон;

– е*кспедиційні роботи:* це ключовий етап збору первинної інформації. Він передбачає безпосередні польові спостереження та вивчення чисельності, стану, поширення та інших характеристик рослинного світу у природному середовищі. В ході експедиційних робіт можуть проводитися:
– геоботанічні описи та закладання постійних пробних площ;
– картування рослинних угруповань;
– таксація лісів (визначення запасів деревини);
– відбір зразків для лабораторного аналізу стану рослин.

- а*наліз даних:* на цьому етапі проводиться інтеграція та узагальнення інформації, отриманої з різних джерел.

4.2. Джерела даних для обліку

Для забезпечення всебічності та об'єктивності обліку рослинного світу використовуються дані, отримані не лише безпосередньо в полі, але й із суміжних державних кадастрових систем та галузевих документів. Основними джерелами даних є:

– м*атеріали лісовпорядкування:* містять детальну інформацію про лісові ресурси (склад порід, вік насаджень, запас деревини, площі);

– ***Державний земельний кадастр:*** надає відомості про категорії та цільове призначення земель, які є середовищем зростання рослин (наприклад, землі лісового чи водного фонду);

– ***Державний водний кадастр:*** містить дані про водні об'єкти та їхній гідрологічний режим, що є критичним для моніторингу водно-болотних та прибережних рослинних угруповань;

– ***державна та відомча статистична звітність:*** інформація про обсяги заготівлі лісових ресурсів, збору лікарських рослин та іншого господарського використання;

– ***науково-дослідні установи:*** звіти, публікації та бази даних, що стосуються рідкісних видів, генетичного різноманіття та динаміки популяцій.

4.3. Практичне використання даних обліку

Систематизована інформація, що міститься в Державному кадастрі рослинного світу, має першочергове значення для ефективного управління природними ресурсами та охороною довкілля.

Управління охороною рослинного світу:

– *обґрунтування включення/виключення видів до Червоної книги України та угруповань до Зеленої книги України.* Кадастрові дані про чисельність та ареали є науковою основою для присвоєння охоронного статусу;

– *визначення територій, що потребують заповідання* (створення національних парків, заповідників, заказників);

– *розробка заходів із відновлення* деградованих екосистем (наприклад, відновлення степових угруповань чи осушених боліт).

Раціональне використання ресурсів:

– *встановлення лімітів використання природних рослинних ресурсів.* Дані про запаси дозволяють визначити максимальний обсяг заготівлі без шкоди для їхнього відтворення;

– *контроль за дотриманням норм використання:* Перевірка законності використання лісових та інших рослинних ресурсів.

Екологічна експертиза та оцінка впливу:

– використання кадастрових даних при плануванні будь-якої господарської діяльності для оцінки її потенційного впливу на рослинний світ та прийняття рішень про необхідність компенсаційних заходів.

Таким чином, Державний облік та Кадастр рослинного світу перетворює розрізнені польові дані на інструмент управління, забезпечуючи наукову обґрунтованість усіх рішень у сфері збереження флори та її раціонального використання.

Ч.1.5. Спеціалізовані інструменти обліку та моніторингу: Червона та Зелена книги України

Державний облік рослинного світу, про який йшлося у попередніх розділах, надає загальну картину флористичного різноманіття. Проте для охорони найбільш вразливих елементів біорізноманіття використовуються спеціалізовані державні кадастрові інструменти – Червона книга України та Зелена книга України.

5.1. Червона книга України: Облік рідкісних видів

Червона книга України – це основний державний документ, який узагальнює відомості про сучасний стан рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу. В контексті моніторингу та обліку флори, Червона книга виконує такі ключові функції.

Державний облік: внесення виду до Червоної книги фактично є найвищою формою державного обліку його критичного стану. Кадастрова інформація (дані про чисельність, ареали та умови існування), зібрана в рамках моніторингу, є науковою основою для прийняття рішення про внесення виду до Книги.

Законодавчий захист: види рослин, занесені до Червоної книги, підлягають особливій державній охороні на всій території України. За їхнє знищення, пошкодження або незаконне вилучення із природного середовища передбачена юридична відповідальність.

Визначення статусу: у Червоній книзі кожен вид має свій охоронний статус (наприклад, зниклий, зникаючий, вразливий, рідкісний), який відображає ступінь загрози його існуванню і є прямим результатом багаторічного моніторингу його популяції.

Планування охорони: дані Червоної книги є базою для розробки та реалізації національних та регіональних програм зі збереження видів (заповідання територій, створення розплідників, відновлення популяцій).

5.2. Зелена книга України: Облік рідкісних рослинних угруповань

На відміну від Червоної книги, яка охороняє окремі види, Зелена книга України є державним документом, що узагальнює відомості про рідкісні та типові для України природні рослинні угруповання, які потребують особливого режиму охорони.

Основні функції Зеленої книги у моніторингу та охороні:

Охорона екосистем: забезпечує охорону середовищ існування (біотопів) для багатьох видів, у тому числі тих, що не занесені до Червоної книги, але залежать від існування певного рідкісного угруповання (наприклад, рідкісні формації дубових лісів чи лучних степів).

Картографування та паспортизація: облік рідкісних угруповань включає їхнє картографування та складання екологічних паспортів, які містять інформацію про площу, структуру, екологічний стан та ступінь антропогенного впливу.

Підтримка екологічної мережі: інформація Зеленої книги є необхідною для формування національної екологічної мережі, оскільки вона виділяє ключові, найцінніші природні території, які мають бути збережені.

Регулювання використання: встановлення особливого режиму використання територій, де поширені угруповання, занесені до Зеленої книги. У більшості випадків це означає заборону чи суворе обмеження господарської діяльності, що може призвести до руйнування угруповання.

Таким чином, використання кадастрових даних Червоної та Зеленої книг дозволяє державі не лише фіксувати, але й активно захищати найбільш

вразливі компоненти рослинного світу, реалізуючи принцип пріоритету охорони над господарським використанням.

Частина 2 (Державний кадастр тваринного світу та його роль у моніторингу фауни)

Ч.2.1. Визначення та значення державного кадастру тваринного світу

1.1. Визначення та сутність кадастру

Державний кадастр тваринного світу є ключовим інструментом державного управління та моніторингу в галузі охорони фауни.

Згідно з законодавством, ***Державний кадастр тваринного світу*** – це систематизована сукупність відомостей про географічне поширення, чисельність, стан, характеристики середовища перебування та сучасного господарського використання тваринного світу.

Ведення кадастру забезпечує постійний та інтегрований облік усіх компонентів фауни і виконує функцію інформаційної бази для прийняття рішень на всіх рівнях.

1.2. Мета ведення кадастру

Основна ***мета*** ведення Державного кадастру тваринного світу полягає в забезпеченні охорони і раціонального використання тваринного світу України. Ця мета досягається через виконання низки важливих завдань:

– ***облік та інвентаризація:*** збір точних і актуальних даних про видовий склад, чисельність та місцезнаходження популяцій диких тварин;

– ***діагностика стану:*** оцінка екологічного та господарського стану тваринного світу, виявлення факторів, що загрожують існуванню видів (наприклад, деградація середовищ існування, браконьєрство, інвазії).

– ***прогнозування:*** розробка науково обґрунтованих прогнозів щодо динаміки чисельності популяцій та можливих змін у їхніх ареалах під впливом природних та антропогенних чинників;

– ***регулювання використання*****:** надання інформації для встановлення науково обґрунтованих лімітів та норм вилучення (добування) диких тварин (мисливство, рибальство);

– ***захист:*** інформаційне забезпечення для розробки та реалізації заходів із охорони рідкісних та зникаючих видів, включно із занесенням їх до *Червоної книги України.*

1.3. Складові відомостей кадастру

Кадастр містить детальну інформацію, яка структурується за кількома ключовими розділами:

– ***географічне поширення:*** точні карти та описи ареалів видів (груп видів) тварин;

– ***чисельність і стан:*** кількісні дані про розмір популяцій, їхню щільність та життєздатність (вікова та статева структура);

– ***характеристики середовища перебування:*** відомості про біотопи, необхідні для існування видів (наприклад, місця гніздування, нерестовища, шляхи міграції);

– ***сучасне господарське використання:*** обсяги та способи добування (полювання, вилов риби) та інша інформація, що стосується економічної цінності тваринного світу;

– ***інші дані:*** інформація про рідкісні, ендемічні, мігруючі види, а також ті, що мають наукову чи культурну цінність.

Таким чином, Державний кадастр тваринного світу є багатофункціональною інформаційною системою, яка перетворює польові дані моніторингу на основу для ефективного екологічного менеджменту та стратегій збереження фауни.

Закон України "Про тваринний світ" (Стаття 56): визначає, що таке Державний кадастр тваринного світу, його мету та порядок ведення.

Постанова Кабінету Міністрів України "Про порядок ведення Державного кадастру тваринного світу": регламентує, як саме повинен вестися кадастр.

Інформація про розробку та ведення (Українська природоохоронна група): про Державний кадастр тваринного світу України (UNC Group)

Ч.2.2. Територіальне та законодавче охоплення кадастру

Державний кадастр тваринного світу є системою, яка охоплює всі середовища існування диких тварин і базується на чіткій законодавчій основі, що забезпечує його обов'язковість і всеосяжність.

2.1. Територіальне охоплення

Територіальне охоплення кадастру є максимально широким і не обмежується лише суходолом України. Кадастр ведеться на всіх територіях, що перебувають під юрисдикцією держави:

– ***вся територія України:*** включає всі землі, внутрішні води (річки, озера, водосховища) та підземні води в межах державного кордону;

– ***континентальний шельф:*** підводне продовження суходолу в бік моря, над яким Україна має суверенні права з метою розвідки та розробки природних ресурсів;

– ***виключна (морська) економічна зона*****:** територія, що простягається за межі територіального моря, в якій Україна має суверенні права на розвідку, експлуатацію, збереження живих і неживих ресурсів, включаючи рибальство та охорону морської фауни;

– ***міжнародний аспект:*** у випадках, коли Україна бере участь у кадастрових роботах на територіях, що не перебувають під її юрисдикцією (наприклад, міжнародні води або території інших країн), це здійснюється відповідно до укладених міжнародних договорів та конвенцій.

Таке широке охоплення необхідне, оскільки багато видів тварин є мігруючими (наприклад, птахи, риби) і їхній ефективний моніторинг та охорона вимагають обліку на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

2.2. Законодавчі основи

Ведення Державного кадастру тваринного світу є обов'язковим і регламентується низкою ключових законодавчих актів. Серед них головну роль відіграють:

Закон України «Про тваринний світ»: Цей закон є базовим. Він визначає правові, організаційні та економічні засади охорони, використання та відтворення тваринного світу, а також встановлює обов'язок ведення Державного кадастру тваринного світу.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»: Визначає загальні принципи екологічного моніторингу та охорони біорізноманіття, до складу якого входить і тваринний світ.

Положення про Державний кадастр тваринного світу: Як правило, це постанова Кабінету Міністрів України, яка деталізує порядок ведення кадастрових робіт, перелік відомостей, що підлягають обліку, та суб'єктів, відповідальних за його ведення.

Міжнародні договори: До них належать ратифіковані Україною конвенції, такі як ***Конвенція про охорону біологічного різноманіття*** та ***Бернська конвенція*** (про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування). Ці документи накладають на Україну міжнародні зобов'язання щодо моніторингу та обліку тваринного світу, особливо мігруючих та рідкісних видів.

2.3. Суб'єкти ведення кадастру

Відповідальність за ведення Державного кадастру тваринного світу покладається на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища (наразі це ***Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України***). Проте фактичне збирання інформації, проведення польових робіт та обробка даних здійснюється низкою профільних установ і відомств:

Державна екологічна інспекція (контроль за дотриманням норм).

Служби лісового та мисливського господарства (облік мисливських видів).

Наукові установи та заповідники (спостереження за рідкісними видами та моніторинг екосистем).

Державне агентство рибного господарства (облік водних біоресурсів).

Спільна діяльність цих суб'єктів, регульована єдиним законодавчим полем, забезпечує комплексність та достовірність даних, необхідних для охорони та раціонального використання фауни.

Ч.2.3. Зміст та порядок виконання кадастрових робіт

Ведення Державного кадастру тваринного світу є циклічним, багатоетапним процесом, який поєднує адміністративні, польові та аналітичні роботи. Чіткий порядок виконання цих робіт забезпечує достовірність, повноту та систематизацію відомостей про фауну.

3.1. Етапи кадастрових робіт

Державний кадастр тваринного світу передбачає послідовне виконання таких кадастрових робіт:

Проведення експедиційних робіт: цей етап є найбільш трудомістким і передбачає збір первинної інформації безпосередньо у природному середовищі - проводяться спостереження і вивчення чисельності, стану, особливостей біології та інших характеристик тваринного світу;

використовуються спеціалізовані методи обліку: маршрутний облік, облік за слідами, авіаоблік, кільцювання, фотопастки, акустичний моніторинг, тралові зйомки (для водних біоресурсів).

Аналіз даних, одержаних під час експедиційних робіт та інших джерел: на цьому етапі зібрані польові дані інтегруються з інформацією, отриманою з інших державних кадастрів та звітних матеріалів:

– Матеріали *державного лісовпорядкування* (інформація про лісові біотопи).

– Матеріали *впорядкування мисливських угідь* (дані про мисливські види).

– Відомості *державного лісового, водного та земельного кадастрів* (інформація про середовища перебування).

– *Державна та відомча статистична звітність* (дані про обсяги господарського використання диких тварин).

Мета аналізу – отримати комплексну оцінку стану тваринного світу, його чисельності та обсягів використання.

Обробка, систематизація та узагальнення інформації: Це етап перетворення сирих даних на систематизовані відомості кадастру. Зібрана та проаналізована інформація заноситься до єдиної бази даних (кадастру). Результатом є складання узагальнених звітів, довідників, карт та кадастрових паспортів окремих територій (акваторій) або популяцій.

3.2. Вміст та структура інформації

Кадастрові роботи, виконані в цій послідовності, забезпечують збір і структуризацію відомостей за такими ключовими напрямками, які і становлять зміст кадастру:

– ***біологічні відомості:*** видовий склад, характеристики популяцій (статево-віковий розподіл), життєздатність та плодючість;

– ***екологічні відомості:*** Опис середовищ існування, шляхи міграції, наявність та стан об'єктів природно-заповідного фонду;

– ***господарські відомості:*** Оцінка господарської цінності, обсяги добування (вилучення) видів та визначення лімітів.

Таким чином, порядок виконання кадастрових робіт є гарантією того, що Державний кадастр тваринного світу буде містити достовірну та всеосяжну інформацію, необхідну для охорони фауни та науково обґрунтованого управління її ресурсами.

Ч.2.4. Використання даних кадастру в управлінській діяльності

Державний кадастр тваринного світу є не просто сховищем інформації, а потужним управлінським інструментом, який забезпечує наукову обґрунтованість рішень у сфері охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів.

4.1. Основні напрямки використання кадастрової інформації

Систематизовані дані, отримані в ході кадастрових робіт (експедиційних досліджень, аналізу звітності), використовуються для вирішення таких ключових завдань:

– ***Планування охорони та відтворення тваринного світу:***

– *Виявлення проблемних зон*: кадастр допомагає ідентифікувати території з критично низькою чисельністю певних видів або зони, де відбувається деградація середовищ існування;

– *Розробка заходів із збереження:* на основі даних про чисельність і стан популяцій розробляються програми зі збереження та відтворення рідкісних, ендемічних та зникаючих видів. Наприклад, прийняття рішень про створення нових заповідних об'єктів або розведення в неволі;

– *Контроль за міграційними шляхами:* Кадастр містить інформацію про шляхи міграції риб, птахів та інших тварин, що необхідно для планування будівництва інфраструктури (доріг, мостів, гідроспоруд) з метою мінімізації негативного впливу.

– ***Регулювання господарського використання:***

– *Встановлення лімітів вилучення:* інформація про чисельність популяцій та їхню динаміку є науковою основою для визначення лімітів та норм вилучення (добування) диких тварин – насамперед обсягів полювання, промислового рибальства та заготівлі. Це запобігає виснаженню природних ресурсів;

– *Оцінка обсягів господарського використання:* кадастр містить дані про сучасне господарське використання тваринного світу та його обсяги. Це дозволяє контролювати дотримання встановлених лімітів та оцінювати економічну ефективність використання ресурсів.

Екологічна експертиза та оцінка впливу на довкілля (ОВД):

Прогнозування наслідків: кадастрові відомості використовуються при проведенні ОВД нових проектів (будівництво заводів, доріг, розробка родовищ). Дані про географічне поширення рідкісних видів чи важливих біотопів дозволяють оцінити, який вплив матиме проект на фауну та розробити компенсаційні заходи.

Обґрунтування обмежень: кадастрові дані є вагомим аргументом для введення обмежень або заборон на господарську діяльність у певних районах (наприклад, заборона рибальства у період нересту).

4.2. Інтеграція інформації

Ефективність управління підвищується завдяки інтеграції кадастрових даних тваринного світу з іншими державними кадастрами:

– ***Земельним та Лісовим кадастрами:*** дозволяє зіставити чисельність популяцій з якістю їхніх середовищ існування (тип ґрунту, категорія лісу).

– ***Водним кадастром:*** критично важливо для оцінки стану водних біоресурсів та їхнього зв'язку з гідрологічним режимом.

Таким чином, Державний кадастр тваринного світу є динамічною інформаційною системою, яка забезпечує не лише фіксацію, але й активне управління біологічними ресурсами, гарантуючи їхнє збереження для майбутніх поколінь.

Контрольні питання

1. Проаналізуйте законодавчу базу України у сфері охорони рослинного світу, розкривши роль законів «Про рослинний світ» та «Про Червону книгу України» як інструментів державного регулювання.

2. Дайте розгорнуту характеристику об'єктів моніторингу рослинного світу, пояснивши різницю між контролем за дикорослими рослинами та спостереженнями за ресурсами державного значення.

3. Розкрийте зміст та структуру державного моніторингу лісів в Україні, детально описавши багаторівневу систему збору даних на державному та регіональному рівнях.

4. Проаналізуйте принципи організації мережі спостережень за станом лісів, пояснивши методику закладання постійних пробних площ (ППП) та вибору дерев-індикаторів.

5. Опишіть показники біоіндикації стану лісових екосистем, акцентуючи увагу на методах оцінки дефоліації (втрати листя) та дехромації (зміни кольору) крони.

6. Поясніть методику оцінки стану деревостоїв за шкалою категорій стану: від «здорових» до «сухостою», та роль цих даних у визначенні загальної стійкості лісового масиву.

7. Розкрийте специфіку моніторингу рідкісних та зникаючих видів рослин, що занесені до Червоної книги України, та роль Зеленої книги України в охороні рослинних угруповань.

8. Проаналізуйте фактори антропогенного впливу на рослинність, що підлягають обов'язковому моніторингу: від промислових викидів до рекреаційного навантаження та пожеж.

9. Опишіть три основні етапи проведення моніторингу рослинного світу: від польової інвентаризації та геоботанічних описів до створення прогнозних моделей стану ресурсів.

10. Детально розкрийте методику моніторингу ресурсів лікарських рослин, пояснивши важливість визначення щільності запасів та біологічної продуктивності популяцій.

11. Охарактеризуйте роль Державного лісового кадастру та Державного кадастру рослинного світу як інформаційних баз для прийняття управлінських рішень.

12. Проаналізуйте особливості моніторингу рослинності в зонах активного промислового впливу та залізничного/автомобільного транспорту, окресливши специфіку накопичення токсикантів.

13. Порівняйте традиційні наземні методи геоботанічного обстеження з сучасними технологіями дистанційного зондування (супутникові знімки, БПЛА) у моніторингу лісових пожеж та вирубок.

14. Опишіть систему критеріїв сталого управління лісами та роль моніторингу біорізноманіття у забезпеченні екологічної рівноваги лісових біогеоценозів.

15. Розкрийте механізм реагування державних органів на дані моніторингу рослинності: від встановлення лімітів на використання ресурсів до розробки планів рекультивації та відновлення лісів.

Лекція 15, 16.
ІНТЕГРОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ АУДИТ

Метою лекції є формування у студентів цілісного уявлення про інтегрований моніторинг як сучасну систему збору, обробки та аналізу екологічної інформації, а також ознайомлення з екологічним аудитом як інструментом оцінювання впливу господарської діяльності на довкілля. Студенти мають зрозуміти призначення цих двох інструментів, їх взаємозв'язок, місце у системі екологічного управління та їхнє значення для прогнозування стану навколишнього середовища й прийняття оптимальних управлінських рішень.

План лекції

1. Вступ до інтегрованого моніторингу
2. Нормативно-правова база інтегрованого моніторингу в Україні
3. Класифікація інтегрованого моніторингу (екологічний, проєктний, соціальний)
4. Інституційна структура екологічного контролю
5. Показники екологічного моніторингу та методи їх визначення
6. Технології та інструменти інтегрованого моніторингу
7. Інтегрована система прийняття рішень на основі даних моніторингу
8. Теоретичні засади екологічного аудиту
9. Правові основи екологічного аудиту
10. Типи екологічного аудиту
11. Методологія проведення екологічного аудиту
12. Використання результатів моніторингу та аудиту
13. Порівняння екологічного аудиту та інтегрованого моніторингу
14. Міжнародний досвід
15. Перспективи та сучасні виклики

У сучасних умовах антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище виникає потреба не лише у фіксації стану довкілля, але й у створенні комплексних систем, здатних інтегрувати різнорідні дані, оцінювати тенденції та генерувати науково обґрунтовані прогнози. Саме тому в екологічній практиці все більшого значення набуває інтегрований моніторинг – підхід, що об'єднує інформаційні потоки із різних джерел: природничих, техногенних, управлінських, економічних та соціальних.

Традиційні системи моніторингу (атмосферного повітря, вод, ґрунтів, біоти) фіксують лише окремі аспекти стану довкілля. Проте сучасні екологічні проблеми є комплексними за природою: зміни клімату поєднуються з локальними техногенними ризиками, деградацією земель, урбанізацією та впливом виробництва. Тому для ефективного управління і прогнозування необхідно застосовувати підхід, що враховує не лише природні характеристики, а й організаційні, економічні та соціальні фактори.

Інтегрований моніторинг дозволяє створити багатовимірну модель взаємодії системи «людина–довкілля», визначити реальні рівні впливу,

виявити тенденції та своєчасно розробити коригувальні заходи. Він є ключовою складовою системи екологічного управління як на рівні держави, так і на рівні підприємств. У свою чергу, важливим інструментом контролю ефективності природокористування та відповідності діяльності підприємств екологічним вимогам виступає екологічний аудит – незалежна оцінка, що дозволяє визначити рівень екологічних ризиків, якість управління та можливості підвищення екоефективності.

Разом інтегрований моніторинг та екологічний аудит формують основу для сталого розвитку, раціонального природокористування та переходу до міжнародних екологічних стандартів (ISO 14000, EMAS), що є особливо важливим у контексті євроінтеграційного курсу України.

1. Вступ до інтегрованого моніторингу

Інтегрований моніторинг є однією з ключових концепцій сучасної екологічної науки та практики управління довкіллям. На відміну від традиційних систем моніторингу, що зосереджені на окремих компонентах природного середовища (воді, повітрі, ґрунті чи біоті), інтегрований моніторинг орієнтований на комплексну оцінку екосистемних процесів, антропогенних впливів та соціально-економічних чинників, які визначають стан довкілля в цілому. Основна ідея підходу полягає у поєднанні даних із різнорідних джерел, що дає можливість формувати цілісну картину стану об’єктів спостереження та робити обґрунтовані прогнози.

1.1. Передумови виникнення інтегрованого моніторингу

Потреба у формуванні інтегрованих систем моніторингу є відповіддю на кілька глобальних викликів:

Зростання антропогенного навантаження. У XXI столітті навколишнє середовище зазнає інтенсивного впливу промисловості, транспорту, сільського господарства та урбанізації. Впливи стають багатокомпонентними: атмосферні викиди поєднуються з забрудненням вод, деградацією ґрунтів, виснаженням біоресурсів. Окремі локальні спостереження більше не забезпечують повноти інформації;

Кумулятивний характер екологічних процесів. Сучасні екологічні проблеми є результатом одночасної дії кількох факторів. Наприклад, підвищення температури змінює гідрологічні режими, що впливає на водні екосистеми, які в свою чергу визначають якість питної води. Тому оцінювати окремі компоненти ізольовано вже неможливо;

Потреба в обґрунтованих управлінських рішеннях. Органи державної влади, територіальні громади та підприємства повинні мати інструменти, що дозволяють аналізувати тенденції, прогнозувати ризики та планувати природоохоронні заходи. Це вимагає об’єднання даних гідрометеорологічних, санітарних, виробничих та соціальних систем;

Міжнародні стандарти екологічного управління. Вимоги ISO 14000, принципи Європейської екологічної політики та системи EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) підкреслюють необхідність інтегрованих підходів до оцінки впливів і якості екологічного менеджменту.

Усі ці причини спричинили еволюцію моніторингу – від вузькоспеціалізованих спостережень до комплексних багатофакторних систем.

1.2. Поняття та сутність інтегрованого моніторингу

Інтегрований моніторинг – це систематичний процес спостереження, збору, аналізу та комплексної оцінки екологічної інформації, що охоплює природні, техногенні, соціальні та економічні показники. Метою інтегрованого моніторингу є формування цілісного уявлення про стан об'єкта спостереження, виявлення тенденцій розвитку ситуації, прогнозування можливих змін та обґрунтування управлінських рішень. Основними характеристиками інтегрованого моніторингу є:

– комплексність: об'єднання даних із різних тематичних блоків (атмосфера, вода, ґрунти, землекористування, техногенні об'єкти, соціальні параметри);

– системність: вибудована логіка збору, зберігання, обробки та аналізу інформації;

– регулярність та безперервність спостережень: необхідні для відстеження змін у часі;

- багаторівневість: можливість інтегрувати дані локального, регіонального та національного рівнів;

– аналітичність та прогнозність: моніторинг не лише фіксує стан, а й дозволяє виявляти закономірності та прогнозувати ризики.

У практиці управління довкіллям інтегрований моніторинг виступає основою для таких процесів, як екологічне планування, оцінка впливу на довкілля, стратегічна екологічна оцінка, розробка екологічних програм та проведення екологічного аудиту.

1.3. Об'єкти інтегрованого моніторингу

Сфера застосування інтегрованого моніторингу є значно ширшою, ніж традиційний екологічний моніторинг. До основних об'єктів відносять:

– довкілля як цілісна система: атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти, біота, ландшафти, кліматичні параметри;

– інвестиційні та промислові проєкти: їхній вплив на природне середовище, ефективність використання ресурсів, реалізація природоохоронних заходів;

– соціальні процеси: громадська думка, рівень екологічної свідомості, соціальна напруга, ризики для здоров'я населення.

Таким чином, інтегрований моніторинг охоплює як природні, так і соціально-економічні компоненти життєвого середовища, що робить його цінним інструментом для комплексного аналізу стану території чи об'єкта.

1.4. Структурні елементи інтегрованого моніторингу

Згідно з сучасними підходами, інтегрований моніторинг включає такі складові:

Екологічний моніторинг – спостереження за станом навколишнього природного середовища; оцінка забруднення атмосферного повітря, поверхневих та морських вод, ґрунтів; аналіз природних процесів;

Проєктний моніторинг – контроль за реалізацією інвестиційних і промислових проєктів; відстеження відповідності фактичних показників запланованим; оцінка ефективності природоохоронних заходів;

Соціальний **моніторинг** – відстеження суспільних процесів, що впливають на екологічну ситуацію або є її наслідком (рівень довіри населення, соціальні ризики, екологічна поведінка громад).

Саме поєднання цих трьох блоків дозволяє отримати глибоку багатовимірну інформацію та створити комплексний екологічний портрет території чи підприємства.

1.5. Значення інтегрованого моніторингу для сучасного екологічного управління

Інтегрований моніторинг забезпечує виконання кількох ключових функцій:

– інформаційна функція: збір і структуризація великих масивів даних;

– діагностична функція: виявлення рівнів забруднення, порушень екологічних норм, проблемних зон;

– прогностична функція: прогнозування можливих екологічних змін, небезпек і ризиків;

– управлінська функція: формування рекомендацій для органів влади, підприємств, громад;

– оціночна функція: аналіз відповідності діяльності стандартам і нормативам, оцінка ефективності природокористування.

Слід підкреслити, що інтегрований моніторинг є не лише науковим інструментом, а й практичним механізмом екологічного менеджменту, який дозволяє забезпечити сталий розвиток підприємств, громад і територій.

2. Нормативно-правова база інтегрованого моніторингу в Україні

Система інтегрованого моніторингу в Україні має складну структуру та ґрунтується на взаємодії кількох груп нормативних документів: законів України, постанов Кабінету Міністрів, міжгалузевих нормативів, методичних документів та міжнародних стандартів екологічного менеджменту. Саме нормативно-правова база визначає порядок організації спостережень, розподіл повноважень між органами влади, вимоги до збору, обробки та зберігання даних, а також механізми контролю й відповідальності.

2.1. Базові закони, що формують підхід до інтегрованого моніторингу

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12) **-** це основний законодавчий акт, що визначає загальні принципи державної політики у сфері охорони довкілля. Він закріплює поняття моніторингу навколишнього природного середовища, визначає його завдання та структуру. Закон встановлює:

– необхідність регулярного збору, обробки та аналізу інформації про стан довкілля;

– обов’язок держави проводити екологічний моніторинг;

– повноваження органів влади у сфері контролю за забрудненням;

– принципи інформування населення про екологічний стан.

Саме цей закон є основою для формування національної системи моніторингу, в межах якої інтегрований моніторинг є розвитком та розширенням класичних функцій.

Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16) Закон визначає порядок здійснення державного контролю за діяльністю підприємств, зокрема екологічного. Він регулює:

– порядок проведення планових і позапланових перевірок;

– обов'язки контролюючих органів;

– права та відповідальність суб'єктів господарювання;

– вимоги до документування порушень і подання приписів.

Контроль і моніторинг - різні поняття, але в системі інтегрованого моніторингу вони взаємопов'язані: результати моніторингу слугують підставою для перевірок, а висновки перевірок - джерелом інформації для моніторингових систем.

Закон України «Про місцеве самоврядування» **(**https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280-14**)** Цей закон визначає повноваження органів місцевого самоврядування у сфері екології, зокрема:

– здійснення самоврядного контролю;

– розроблення та реалізація місцевих екологічних програм;

– організація збору інформації про стан довкілля на території громади;

– ведення реєстрів забруднювачів, сміттєзвалищ, водних об'єктів.

У контексті інтегрованого моніторингу це означає, що громади є повноцінними учасниками системи збору даних та ухвалення управлінських рішень.

Закони та стандарти щодо екологічного управління – ISO 14000

Сімейство міжнародних стандартів ***ISO 14000*** встановлює вимоги до систем екологічного менеджменту підприємств. https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html Стандарти визначають:

– принципи екологічної політики підприємства;

– вимоги до моніторингу й оцінювання екологічних аспектів діяльності;

– необхідність внутрішнього екологічного аудиту;

– механізми підвищення екологічної ефективності.

Фактично ISO 14000 закріплює необхідність внутрішніх систем інтегрованого моніторингу на підприємствах.

2.2. Постанови Кабінету Міністрів України, що регламентують державний моніторинг довкілля

Система державного моніторингу структурується відповідно до окремих постанов уряду, кожна з яких визначає порядок спостережень у певній сфері.

1. Постанова КМУ від 14.08.2019 № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» **(https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-п)** Постанова регулює:

– перелік показників, за якими здійснюється спостереження;

– типи станцій моніторингу повітря;

– методи вимірювань;

– порядок ведення державного реєстру джерел забруднення;

– вимоги до автоматизованих систем моніторингу на підприємствах.

Документ закладає технічні засади функціонування сучасних систем моніторингу повітря, що включають ТЧ10, ТЧ2.5, газові домішки і метеорологічні параметри.

2. Постанова КМУ від 20.07.1996 № 815 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» **(https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/815-96-п)** Документ визначає:

– мережу спостережних пунктів;

– перелік фізичних, хімічних і біологічних показників;

– частоту спостережень;

– методику оцінювання стану водних екосистем.

3. Постанова КМУ від 20.08.1993 № 661 «Про затвердження Положення про моніторинг земель» **(https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-п)** Вона регулює:

– порядок спостережень за станом ґрунтових ресурсів;

– контроль рівнів забруднення важкими металами, пестицидами, солями, токсикантами;

– моніторинг ерозійних процесів, деградації та засоленості ґрунтів.

4. Постанова КМУ від 26.02.2004 № 51 «Про затвердження Положення про моніторинг довкілля на землях сільськогосподарського призначення» **(https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/51-2004-п)** Постанова визначає спеціальний порядок моніторингу в агросекторі, включаючи контроль:

– азотних, фосфатних, калійних сполук;

– гумусного стану ґрунтів;

– агрохімічного виснаження;

– стійких забруднювачів.

2.3. Інші нормативні документи, важливі для інтегрованого моніторингу

Закон України «**Про інформацію**» **в**изначає принципи відкритості, доступності та поширення екологічної інформації;

Закон України «**Про доступ до публічної інформації»** закріплює право громадян отримувати дані моніторингу;

Європейська **Оргуська конвенція** гарантує доступ громадськості до екологічної інформації, участь у прийнятті рішень і доступ до правосуддя.

2.4. Міжнародні стандарти, що підтримують інтегрований моніторинг

ISO 14001 – Системи екологічного менеджменту - основний стандарт, який встановлює вимоги до:

– екологічної політики підприємства;

– моніторингу екологічних аспектів;

– оцінки ризиків;

– проведення внутрішнього екологічного аудиту.

ISO 14031 – Оцінювання екологічних результатів діяльності - спрямований на:

– формування показників ефективності;

– розробку систем внутрішнього моніторингу;

– оцінку виконання природоохоронних заходів.

EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) – система ЄС (https://environment.ec.europa.eu/topics/emas_en) Підсилює принципи інтегрованого моніторингу через:

– обов'язковий регулярний екологічний аудит;

– екологічні декларації підприємств;

– підвищені вимоги до звітності.

2.5. Значення нормативної бази для формування інтегрованої системи моніторингу

Усі наведені нормативні документи створюють єдине правове поле, яке:

– визначає порядок збору екологічної інформації;

– забезпечує стандартизовані підходи до спостережень;

– формує вимоги до підприємств та органів влади;

– гарантує достовірність і порівнюваність екологічних даних;

– підтримує розвиток сучасних технічних засобів моніторингу;

– забезпечує інтеграцію України до європейських екологічних стандартів.

Повноцінне функціонування інтегрованої системи моніторингу та екологічного аудиту неможливе без чіткої нормативної основи, яка визначає відповідальність, вимоги та правила екологічної діяльності.

3. Класифікація інтегрованого моніторингу

Інтегрований моніторинг об'єднує кілька напрямів спостережень, які в традиційних системах розглядалися окремо. Завдяки об'єднанню даних екологічного, проєктного та соціального моніторингів забезпечується комплексне розуміння екологічної ситуації, впливів та ризиків. Нижче розглянемо кожен із напрямів детально.

3.1. Екологічний моніторинг як базовий компонент інтегрованої системи

Екологічний моніторинг – це систематичний процес збору, обробки та аналізу інформації про стан довкілля. Він охоплює спостереження за атмосферним повітрям, водами, ґрунтами, біотою, кліматичними параметрами, шумом, радіацією та іншими показниками, які характеризують екологічний стан території.

Екологічний моніторинг у межах інтегрованої системи виконує такі ключові функції:

– фіксація реального стану природних об'єктів і процесів;

– визначення рівня антропогенного навантаження;

– виявлення небезпечних тенденцій (забруднення, деградація, зростання концентрацій токсикантів);

– оцінка ефективності природоохоронних заходів;

– формування інформаційної бази для прогнозування та управління.

Основні об'єкти екологічного моніторингу

Атмосферне повітря – концентрації домішок (CO, NOx, SO_2, NH_3, H_2S, ЛОС, ТЧ10, ТЧ2.5), метеорологічні параметри;

Поверхневі води - БСК, ХСК, солевміст, метали, розчинений кисень, pH;

Морські акваторії - солоність, нафтові забруднення, прозорість, іони та біологічні показники;

Ґрунти - важкі метали, азотні сполуки, фосфати, органічна речовина;

Біота - популяційні та біоіндикаторні показники;

Кліматичні та метеорологічні параметри - температура, опади, вологість, швидкість вітру;

Радіаційний фон, шум, електромагнітні поля.

Екологічний моніторинг є базовим блоком інтегрованої системи, оскільки забезпечує фундаментальну природничу інформацію про стан середовища.

3.2. Проєктний моніторинг: контроль реалізації інвестиційних і промислових проєктів

Проєктний моніторинг - це систематичний контроль за ходом реалізації інвестиційних, будівельних, промислових, транспортних та інфраструктурних проєктів. Його головне завдання оцінити відповідність фактичних показників запланованим, а також визначити потенційні екологічні ризики, що виникають у процесі реалізації проєкту.

Проєктний моніторинг є інтегрованою частиною екологічного менеджменту підприємства та виконує такі функції:

– контроль виконання природоохоронних зобов'язань, передбачених ОВНС, проєктною документацією або дозволами;

– оцінка впливу технологічних процесів на повітря, воду, ґрунти;

– визначення дотримання нормативів викидів і скидів;

– аналіз ефективності заходів щодо зменшення впливу на довкілля;

– контроль виконання екологічних умов інвесторами та підрядниками;

– оцінка відповідності фактичних витрат, результатів і ризиків початковому плану проєкту.

Основні сфери застосування проєктного моніторингу

– промислові підприємства (металургія, хімія, енергетика);

– будівельні проєкти (дороги, мости, ТЕЦ, логістичні центри);

– газо- та нафтовидобувна галузь;

– підприємства з утилізації відходів;

– агропромислові проєкти;

– інфраструктурні об'єкти державного й приватного сектору.

Основні показники проєктного моніторингу

– обсяги викидів в атмосферу;

– обсяги скидів у водні об'єкти;

- утворення відходів та їх поводження;

– споживання енергоресурсів;

– стан систем очищення та фільтрації;

– аварійні та нестандартні ситуації.

Проєктний моніторинг є важливою складовою інтегрованої системи, оскільки він не тільки фіксує стан довкілля, а й дає змогу перевірити відповідність виробничої діяльності встановленим екологічним стандартам.

3.3. Соціальний моніторинг як елемент оцінки екологічних ризиків і суспільних процесів

Соціальний моніторинг у структурі інтегрованого підходу - це систематичне спостереження за змінами в суспільних процесах, які впливають або можуть впливати на екологічну ситуацію. Він забезпечує оцінювання взаємодії «суспільство — довкілля» та аналіз соціальних наслідків екологічної політики чи діяльності підприємств.

Соціальний моніторинг виконує такі функції:

– вивчення рівня екологічної свідомості населення;
– оцінка ступеня довіри до органів влади та підприємств;
– аналіз скарг, звернень громадян, петицій;
– оцінка суспільної напруги та екологічних ризиків для населення;
– моніторинг соціально-економічних наслідків екологічних рішень.

Об’єкти соціального моніторингу

– громадські настрої та оцінка екологічної ситуації населенням;
– стан здоров’я населення у зв’язку з екологічними факторами;
– активність громадських організацій, екологічних рухів;
– участь громади у прийнятті рішень щодо довкілля;
– соціальні ризики, пов’язані з діяльністю підприємств.

Джерела соціальних даних

– соціологічні опитування;
– медична статистика;
– звернення громадян до місцевих органів влади;
– публічні консультації щодо будівельних і промислових проєктів;
– електронні петиції;
– дані громадського екологічного моніторингу (citizen science).

Соціальний моніторинг є критично важливим у системі інтегрованого моніторингу, тому що екологічні проблеми завжди мають соціальний вимір від рівня екологічного дискомфорту до загроз здоров’ю населення.

3.4. Взаємозв’язок між трьома видами моніторингу

Інтегрований моніторинг працює ефективно лише за умови взаємодії всіх трьох складових:

Вид моніторингу	Що дає?	Як пов’язаний з іншими?
Екологічний	Фіксує стан природного середовища, рівні забруднення, екологічні процеси	Дані використовуються у проєктному моніторингу та для оцінки впливу на населення
Проєктний	Контролює виконання природоохоронних заходів і нормативів на підприємствах	Визначає джерела забруднення, що надалі відслідковуються екологічним моніторингом
Соціальний	Відображає реакцію населення, оцінку ризиків, соціальні наслідки	Пояснює, як екологічні та виробничі впливи позначаються на суспільстві

У комплексі ці три напрями формують повну картину - від визначення причин забруднення до її соціальних наслідків і оцінки ефективності екологічних дій.

3.5. Практичне значення інтегрованої класифікації

Поєднання трьох видів моніторингу дозволяє:

– об’єктивно оцінювати екологічний стан території;
– визначати роль кожного підприємства у формуванні антропогенного навантаження;
– прогнозувати ризики та надзвичайні ситуації;
– залучати громаду до прийняття екологічних рішень;
– формувати ефективний екологічний менеджмент;
– забезпечувати прозорість діяльності підприємств.

Така інтегрована модель відповідає європейським підходам до екологічного управління і сприяє переходу України до стандартів сталого розвитку.

4. Інституційна структура екологічного контролю

Екологічний контроль - один із центральних елементів інтегрованої системи моніторингу та управління довкіллям. Він забезпечує перевірку дотримання суб’єктами господарювання норм природоохоронного законодавства, регулювання антропогенних впливів, запобігання порушенням, а також оперативне реагування на екологічні ризики й загрози. Система екологічного контролю в Україні є багаторівневою та охоплює державні, самоврядні, громадські та виробничі форми контролю.

4.1. Поняття та завдання екологічного контролю

Під екологічним контролем розуміють систему заходів, спрямованих на забезпечення дотримання природоохоронного законодавства, нормативів екологічної безпеки, стандартів охорони атмосферного повітря, вод, ґрунтів, поводження з відходами, хімічними речовинами, джерелами фізичного впливу тощо.

Основними завданнями екологічного контролю є:

– забезпечення раціонального природокористування та попередження порушень;
– виявлення джерел підвищеного екологічного ризику;
– оцінка відповідності діяльності нормам екологічної безпеки;
– реагування на аварії, витоки, надзвичайні ситуації;
- контроль виконання екологічних умов у дозволах, висновках ОВД, договорах та проєктних документах;
– формування підстав для подальших управлінських рішень (штрафи, приписи, призупинення діяльності, удосконалення технологій).

Екологічний контроль невід’ємно пов’язаний з інтегрованим моніторингом: моніторинг дає дані, контроль перевіряє їх дотримання, а аудит оцінює ефективність системи управління.

4.2. Державний екологічний контроль

Державний контроль - головний і найбільш формалізований рівень екологічного контролю. Він проводиться уповноваженими органами відповідно до Закону України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» та Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища».

Органи, які здійснюють державний екологічний контроль

Державна екологічна інспекція України (ДЕІ) - основний орган, що проводить планові й позапланові перевірки, контролює охорону атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, біоресурсів, поводження з відходами;

Державне агентство водних ресурсів України - контролює дотримання режимів водокористування, скиди, охорону водних об'єктів;

Державне агентство лісових ресурсів України - контролює вирубки, лісовідновлення, використання лісових біоресурсів;

Державна служба надзвичайних ситуацій (ДСНС) - контроль у частині хімічної та радіаційної безпеки.

Державна служба з питань геології та надр України - контроль за використанням надр.

Форми державного контролю

– планові перевірки згідно річного плану;
– позапланові перевірки (за скаргами, аваріями, фактами порушень);
– інспекційні відвідування;
– лабораторний контроль (відбір проб повітря, вод, ґрунтів);
– перевірка первинної документації підприємства (звітність, журнали обліку).

Результатом контролю є: припис; протокол; адміністративний штраф; подання на призупинення діяльності; нарахування збитків за забруднення.

4.3. Громадський екологічний контроль

Окреме місце в системі контролю посідає громадський нагляд, що закріплений у Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» (ст. 36).

Громадський контроль здійснюють: екологічні громадські організації; ініціативні групи жителів; волонтерські екологічні рухи; незалежні екологічні експерти.

Форми громадського контролю: громадські інспектори з охорони довкілля; громадські екологічні розслідування; участь у громадських слуханнях щодо ОВД; просвітницькі кампанії; громадський моніторинг (citizen science).

Громадський контроль є важливим елементом демократичної системи управління довкіллям, адже дозволяє громадянам напряму впливати на екологічну політику та реагувати на порушення.

4.4. Самоврядний екологічний контроль

Самоврядний контроль здійснюється органами місцевого самоврядування відповідно до **Закону України** «Про місцеве самоврядування».

Повноваження органів місцевого самоврядування

– нагляд за дотриманням екологічних норм у межах громади;

– моніторинг стану місцевих водних об’єктів, зелених зон, прибережних смуг;
– ведення реєстрів джерел забруднення;
– контроль роботи комунальних підприємств;
– встановлення локальних правил благоустрою;
– реагування на скарги населення;
– участь у відборі проб та контроль за тим, як підприємства виконують умови дозволів.

У сучасних умовах (особливо після децентралізації) громади відіграють ключову роль у локальних системах інтегрованого моніторингу.

4.5. Виробничий екологічний контроль

Виробничий контроль здійснюється безпосередньо суб’єктами господарювання на власних об’єктах. Він є обов’язковим елементом екологічного менеджменту підприємства, передбаченим ISO 14001.

Основні завдання виробничого контролю

– контроль за роботою очисних споруд і фільтраційних систем;
– вимірювання викидів та скидів;
– ведення первинної екологічної документації;
– оцінка утворення відходів і контроль їх передачі;
– лабораторний відбір проб на території підприємства;
– проведення внутрішніх аудитів;
– підготовка річної екологічної звітності.

Підприємства з високим рівнем екологічного ризику зобов’язані вести автоматизовані системи контролю (АСУ ВМ, АСУ СК), дані яких можуть інтегруватися у державні системи моніторингу.

4.6. Взаємодія інституцій у системі інтегрованого моніторингу

Усі форми контролю працюють у єдиній екологічній системі:

– державний контроль визначає законність дій підприємств;
– самоврядний контроль забезпечує нагляд за станом довкілля на місцевому рівні;
– громадський контроль підсилює прозорість та можливість реагування на порушення;
– виробничий контроль забезпечує безперервний моніторинг на джерелі впливу.

Інтеграція цих підсистем створює комплексну модель управління, яка дозволяє:
– оперативно виявляти проблеми;
– оцінювати рівень екологічного ризику;
– забезпечувати відповідність національним і європейським стандартам;
– підвищувати екологічну відповідальність підприємств.

5. Показники екологічного моніторингу та методи їх визначення

Показники екологічного моніторингу - це якісні та кількісні характеристики стану компонентів навколишнього природного середовища, які дозволяють оцінити ступінь забруднення, інтенсивність природних процесів та рівень екологічного ризику. Саме на основі показників

формуються висновки щодо стану довкілля та ухвалюються управлінські рішення.

Система показників інтегрованого моніторингу включає чотири основні блоки:

1. показники атмосферного повітря,
2. показники поверхневих і морських вод,
3. показники ґрунтів,
4. біологічні та додаткові індикатори (радіація, шум, метеорологія).

Кожен блок має свій набір параметрів та методів визначення.

5.1. Моніторинг атмосферного повітря

Моніторинг атмосферного повітря є одним із найбільш складних та методично насичених напрямів. Він містить широкий спектр параметрів: фізичних, хімічних і метеорологічних.

Основні забруднювальні речовини та їх значення

Тверді частинки ТЧ10 і ТЧ2.5 (PM10, PM2.5): дрібнодисперсні частинки, найбільш небезпечні для здоров'я, проникають у легені та кровоносну систему;

джерела: транспорт, промисловість, спалювання палива, пилові бурі; нормуються відповідно до нормативів ЄС.

Оксид вуглецю (CO): продукт неповного згоряння палива; впливає на транспорт кисню кров'ю.

Оксиди азоту (NO, NO_2, NOx): утворюються в двигунах внутрішнього згоряння та котельнях; NO_2 є токсичним газом, що викликає подразнення дихальних шляхів.

Діоксид сірки (SO_2): результат спалювання сірковмісного палива; спричиняє кислотні дощі.

Озон (O_3): вторинний забруднювач, утворюється під дією сонячного світла; негативно впливає на рослинність і здоров'я людини.

Сірководень (H_2S): характерний для підприємств переробки нафти, стічних вод, ТЕС.

Аміак (NH_3): характерний для сільського господарства та хімічних підприємств.

Леткі органічні сполуки (ЛОС): містять бензол, толуол, ксилол - канцерогенні та мутагенні речовини.

Метеорологічні параметри що визначають розсіювання забруднювачів: температура повітря; відносна вологість; швидкість і напрямок вітру; атмосферний тиск; опади; сонячна радіація. Ці дані є обов'язковими для моделювання розсіювання викидів та прогнозування смогу.

Методи визначення

Інструментальні методи: автоматизовані станції моніторингу (AMS); газоаналізатори (інфрачервоні, електрохімічні, оптичні); лазерні датчики PM; пробовідбірники з подальшим лабораторним аналізом.

Метеорологічні вимірювання: метеостанції; радіозондування; мобільні метеомодулі.

Лабораторні методи: спектрофотометрія; хроматографія; титриметричні методи.

5.2. Моніторинг поверхневих вод

Моніторинг вод є обов'язковим елементом державної системи спостережень згідно з Постановою КМУ № 815.

Основні показники поверхневих вод

– каламутність і забарвленість - характеризують інтенсивність зважених часток.

– БСК (біологічне споживання кисню) - показує кількість органіки, яку здатні окислювати мікроорганізми.

– ХСК (хімічне споживання кисню) - оцінює концентрацію хімічно окислюваних речовин.

– Розчинений кисень - ключовий індикатор життєздатності водних екосистем.

– Температура, pH, електропровідність.

– мікробіологічні показники - кишкова паличка, коліформи.

– нітрати, нітрити, амоній - індикатори антропогенного забруднення.

– фосфати - спричиняють евтрофікацію.

– важкі метали - кадмій, свинець, ртуть, хром.

Методи визначення:

ізокінетичний відбір проб; кондуктометрія; іонообмінні аналізатори; фотометрія; атомно-абсорбційна спектрофотометрія (ААС); аналізатор ХСК; газова та іонна хроматографія.

5.3. Моніторинг морських вод

Морські акваторії є особливо чутливими до антропогенних впливів. В Україні такі дослідження проводяться на Чорному й Азовському морях.

Основні показники морських вод: солоність; температура та щільність; електропровідність; вміст кисню; концентрація нафтопродуктів; мікропластик; біолюмінесценція; кількість фітопланктону і зообентосу.

Методи: CTD-зондування (conductivity–temperature–depth); спектральний аналіз води; відбір проб донних відкладень; суднові та буєві станції моніторингу.

5.4. Моніторинг ґрунтів

Моніторинг ґрунтів регулюється Постановою КМУ № 661 та Постановою № 51.

Основні показники: *Азотні сполуки (NO_3^-, NH_4^+)* - показники якості агровиробництва; *Фосфати (PO_4^{3-})* - важливий індикатор живлення рослин і забруднення; *Сульфати, хлориди* - характеризують засолення; *Важкі метали (Fe, Pb, Cd, Cu, Zn); Органічна речовина (гумус); pH ґрунту; Окиснюваність; Пестициди та стійкі органічні забруднювачі.*

Методи визначення

польовий відбір проб за сітковою структурою; пробопідготовка (сушіння, просіювання, гомогенізація); фотометричний аналіз; індукційно-зчеплена плазмова спектрометрія (ICP-OES); рентгенофлуоресцентний аналіз; титриметрія.

5.5. Біологічний моніторинг

Біологічні показники дозволяють оцінити довготривалі ефекти забруднення.

Основні біоіндикатори: стан популяцій водних організмів; індекс сапробності; видовий склад фітопланктону; зміни у флорі та фауні територій;

- наявність мутагенних ефектів; стан біоценозів урбанізованих територій.

Методи: біоіндикація, біотестування (дафнії, водорості, риби).

5.6. Додаткові індикатори

Радіаційний моніторинг: гамма-фон; радіонукліди (Cs-137, Sr-90).

Шумовий моніторинг: вимірювання еквівалентного та максимального рівня шуму (дБ); контроль транспортних потоків.

Метеорологічні показники: швидкість вітру; атмосферний тиск; кількість опадів.

5.7. Значення показників для інтегрованого моніторингу

Комплексний аналіз описаних показників дозволяє: визначати тенденції забруднення; моделювати поширення домішок; прогнозувати ризики; розробляти природоохоронні заходи; оцінювати відповідність діяльності підприємств екологічним нормам; формувати інформаційну основу для екологічного аудиту та управлінських рішень.

Показники є «мовою даних», на якій працює інтегрований моніторинг, а їх правильне вимірювання визначає якість усієї системи.

6. Технології, інструменти і сучасні платформи інтегрованого моніторингу

Сучасні системи інтегрованого моніторингу базуються на поєднанні інструментальних вимірювань, автоматизованих систем збору інформації, геоінформаційних платформ, моделювальних комплексів та супутникових технологій. Застосування таких технологій дозволяє формувати цілісну екологічну картину, оперативно реагувати на зміни та прогнозувати ризики.
Інтегрований моніторинг довкілля поєднує польові вимірювання, лабораторні аналізи**,** автоматизовані системи спостереження**,** дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)**,** а також геоінформаційний аналіз. Тому сучасна технологічна інфраструктура є багаторівневою та включає обладнання, програмне забезпечення, бази даних, алгоритми обробки та моделювання.

6.1. Автоматизовані станції моніторингу довкілля

Автоматизовані станції (АСМ) є основою сучасної системи моніторингу атмосферного повітря, водних об’єктів, радіаційної ситуації та метеорологічних параметрів. У великих містах та промислових зонах вони забезпечують безперервний контроль у режимі 24/7, що значно підвищує точність даних.

Функції АСМ: автоматичний відбір та аналіз проб; формування часових рядів даних; передача інформації у центральні сервери; автоматичне визначення концентрацій ключових забруднювачів (SO_2, NO_2, PM2.5, PM10, CO, O_3, H_2S); попередження про перевищення ГДК.

Переваги АСМ: оперативність; відсутність людського чинника; можливість інтеграції у регіональні та національні системи; відповідність європейським директивам щодо моніторингу повітря (EU Ambient Air Quality Directive).

В Україні такі станції встановлюються у рамках державної системи спостережень і локальних систем міст.

6.2. Геоінформаційні системи (ГІС)

ГІС-технології є ключовим інструментом інтегрованого моніторингу, адже дозволяють:

– аналізувати просторовий розподіл забруднювачів;
– створювати екологічні карти;
– моделювати впливи (теплові карти забруднення, поля концентрацій);
– інтегрувати дані різних джерел (лабораторії, станції, супутники, підприємства, громади);
– оцінювати ризики для населення.

Найпоширеніші ГІС-платформи:

– ArcGIS (професійна система для аналізу великих просторових даних);
– QGIS (безкоштовна платформа, популярна у наукових і муніципальних установах);
– Google Earth Engine (обробка супутникових даних у хмарі);
– Інфраструктура геопросторових даних України (ІГД, ЗАКОН УКРАЇНИ Про національну інфраструктуру геопросторових даних).

ГІС дозволяє виконувати мультифакторний аналіз, де в один проект інтегруються показники повітря, води, ґрунтів, шуму, транспортних потоків, промислових викидів та метеорологічні дані.

6.3. Дистанційне зондування Землі (супутниковий моніторинг)

ДЗЗ - це один із найбільш швидкозростаючих напрямів сучасного моніторингу. Супутникові дані дають можливість:

– виявляти точки забруднення;
– оцінювати стан рослинності та ґрунтового покриву;
– визначати індекси рослинності (NDVI, NBR, SAVI);
– контролювати пожежі та їх інтенсивність;
– моніторити цвітіння води та евтрофікацію;
– оцінювати термічні аномалії (теплові викиди підприємств, ТЕС);
– визначати концентрації NO_2, SO_2, CO та аерозолів у повітрі.

Основні супутникові платформи: Sentinel (ESA) - безкоштовні дані високої якості; Landsat (NASA/USGS) - довгострокові ряди (від 1972 року); MODIS - щоденні спостереження великого масштабу; PlanetScope - висока роздільна здатність для локального моніторингу.

Такі дані часто є основою для виявлення несанкціонованих звалищ, пожеж, змін земельних ділянок, скидів у водойми, де наземний контроль неможливий.

6.4. Моделювальні комплекси і цифровиі двійники

Моделювання є критично важливим для прогнозування стану довкілля. Воно дозволяє промоделювати: розсіювання забруднювачів у повітрі; гідродинамічні процеси у річках та морях; зміни кліматичних параметрів;

- поведінку систем у надзвичайних ситуаціях; ризики підтоплення та паводків.

Приклади моделей:

AERMOD - прогноз розсіювання викидів підприємств.
CALPUFF - моделювання у складних рельєфах.
WRF/Chem - регіональні моделі якості повітря.
MIKE 21/MIKE SHE - моделі водних систем.
SWAT - моделювання водозборів.
Digital Twin міста/підприємства - цифрова копія системи з інтеграцією моніторингу та сценарним аналізом.

Ці моделі дозволяють органам влади та підприємствам прогнозувати ризики та розробляти управлінські рішення.

6.5. Технології Інтернету речей (IoT)

IoT-системи дозволяють встановлювати велику кількість датчиків у міському середовищі, на підприємствах, у транспортних магістралях. IoT застосовується для: моніторингу PM2.5, PM10; контролю шуму; вимірювання вібрацій; визначення температури й вологості; контролю якості води у режимі реального часу; управління міськими системами (вентиляція тунелів, полив зелених зон).

IoT є основою смарт-міста та інтелектуальних систем екологічного менеджменту**.**

6.6. Національні електронні системи моніторингу

В Україні поступово формується комплекс сучасних електронних платформ:

1. Єдина державна система моніторингу довкілля (ЄДСМД) - розвивається відповідно до Закону України «Про державну систему моніторингу довкілля». Передбачає інтеграцію даних усіх міністерств, установ та підприємств.
2. ЕкоСистема - електронна система Міндовкілля, яка включає: реєстр ОВД; реєстр викидів і перенесення забруднювачів (PRTR); інтеграцію відкритих даних; електронні дозволи.
3. ЄДЕЕ (Єдина державна електронна екологічна система) - створюється згідно з законом №600-IX. Міститиме дані моніторингу, дозволів, декларацій, звітів підприємств.
4. Локальні системи міст - мають мережу станцій та онлайн-мапи забруднення.

6.7. Хмарні технології та big data

Обробка великих масивів екологічних даних потребує: хмарних сховищ; потокової аналітики; машинного навчання; автоматичної класифікації зображень; виявлення аномалій; прогнозування трендів.

Хмарні платформи (AWS, Azure, Google Cloud) дозволяють об’єднувати дані з різних джерел у реальному часі.

6.8. Використання штучного інтелекту

ШІ сьогодні активно застосовується для: аналізу супутникових зображень; прогнозування смогу; визначення джерел забруднення за формою «плюму»; оптимізації викидів підприємств; оцінки екологічного стану територій.

Сучасні моделі Deep Learning дозволяють виявляти на знімках сміттєзвалища, незаконні рубки, зміни лісового покриву та інші екологічні загрози.

6.9. Значення сучасних технологій для інтегрованого моніторингу

Застосування сучасних технологічних рішень забезпечує:

– оперативність отримання даних;
– високу точність вимірювань;
– можливість прогнозування різних сценаріїв;
– прозорість екологічної інформації;
– інтеграцію даних між державою, громадами та підприємствами;
– автоматизацію контролю та зниження корупційних ризиків;
– підвищення екологічної безпеки на національному та локальному рівнях.

7. Інтегрована система прийняття рішень на основі даних моніторингу

Інтегрований моніторинг довкілля є не лише системою збору інформації, але й основою для прийняття екологічно обґрунтованих управлінських рішень. Дані моніторингу перетворюються на практичні дії лише тоді, коли вони проходять декілька рівнів: збір → обробка → аналіз → інтерпретація → управління → зворотній контроль. Така логіка дозволяє забезпечити адаптивне, науково обґрунтоване управління природними системами й антропогенними процесами.

Інтегрована система прийняття рішень - це технологічна, інформаційна та організаційна структура, що забезпечує використання комплексних даних моніторингу у діяльності державних органів, підприємств, місцевих громад і екологічних експертів. Така система формує «екологічний цикл управління», де кожне рішення базується на достовірних, перевірених, об’єднаних у єдину платформу даних.

7.1. Логіка екологічного управління

Управлінська система, що базується на моніторингу, включає такі ключові етапи:

Ідентифікація проблеми Виявлення порушення, перевищення ГДК, зміни тренду, ризику або інциденту. Наприклад: підвищення концентрацій PM2.5 у місті або стійке забруднення річки.

Оцінка стану та ризиків Використовуються: дані автоматизованих станцій, результати лабораторій, супутникові знімки, дані підприємств, моделювання розсіювання та поширення домішок.

Формування сценаріїв За допомогою моделей AERMOD, SWAT, CALPUFF та ГІС-аналітики формуються можливі варіанти впливів (оптимістичні, реалістичні та критичні).

Розроблення рішень Застосовуються природоохоронні, технічні, організаційні та інституційні заходи.

Прийняття рішення ухвалюють: органи місцевого самоврядування; Міндовкілля; ДЕІ; підприємства; служби цивільного захисту.

Контроль реалізації рішення через повторний моніторинг, аудит або перевірку ефективності застосованих заходів.

Такий підхід забезпечує циклічність, безперервність та адаптивність, що є ключовими принципами сучасного екологічного менеджменту.

7.2. Роль даних різної природи в ухваленні рішень

Інтегрована система використовує дані різних типів: інструментальні вимірювання (станції, IoT, метеопости); лабораторні результати; документальні дані підприємств (звітність, декларації, дозволи); громадські спостереження (citizen science); супутникові дані; моделі та прогнози.

Таке поєднання дозволяє отримувати повну картину екологічної ситуації та мінімізувати похибки одного джерела.

7.3. Принцип «екологічного дашборду»

Сучасне управління використовує інтегровані панелі (дашборди), де відображаються: показники якості повітря; дані контролю вод; індекси стану ґрунтів; радіаційний фон; виявлені порушення; аварійні сигнали; прогнози за моделями.

На основі таких платформ формується карта ризиків, механізми реагування та розподіл екологічних ресурсів.

7.4. Прийняття рішень на рівні держави

Національні органи влади використовують дані інтегрованого моніторингу для: розроблення екологічної політики; планування зменшення викидів; виконання міжнародних зобов’язань (Базельська, Оргуська, Кіотська та інші конвенції); визначення рівнів екологічного податку; встановлення норм та стандартів; реагування на надзвичайні екологічні ситуації. Наприклад, дані станцій моніторингу повітря використовуються для звітів до Європейського агентства з довкілля (EEA).

7.5. Прийняття рішень на рівні громади

Органи місцевого самоврядування застосовують моніторинг для: регулювання руху транспорту та зон обмеження в'їзду (лобі стратифікації за PM); оптимізації зелених зон; контролю робіт комунальних підприємств; планування систем водовідведення; управління громадами у надзвичайних ситуаціях (пожежі, скиди, аварії).

У багатьох українських містах моніторинг став основою для розроблення локальних екологічних стратегій.

7.6. Прийняття рішень на рівні підприємств

Підприємства використовують дані для: оптимізації технологічних процесів; зниження викидів; модернізації очисних систем; виконання умов

дозволів; планування екологічних заходів; проходження екологічного аудиту; формування корпоративної екологічної політики.

У системах ISO 14001 процес прийняття рішень базується на циклі PDCA (Plan–Do–Check–Act), що повністю корелює з логікою інтегрованого моніторингу.

7.7. Алгоритм ухвалення рішення при перевищенні нормативів

У випадку виявлення перевищення ГДК система реагування включає:

1. автоматичне сповіщення відповідальних органів;
2. підтверджувальний лабораторний аналіз;
3. визначення джерела забруднення;
4. прогноз розсіювання за моделями AERMOD / CALPUFF;
5. ухвалення рішень:
   - призупинення роботи підприємства,
   - аварійний контроль,
   - посилення моніторингу,
   - рекомендації населенню (закриття вікон, обмеження пересування),
   - запровадження локальних обмежень.

7.8. Взаємозв'язок моніторингу, контролю та аудиту

Інтегрована система передбачає три взаємопов'язані елементи:

- *моніторинг* дає дані;
- *екологічний контроль* перевіряє відповідність нормам;
- *екологічний аудит* оцінює ефективність системи управління.

Такмй підхід дозволяє створити повний замкнутий цикл керування станом довкілля, де кожне рішення ґрунтується на верифікованій інформації та вбудованих механізмах перевірки.

7.9. Значення інтегрованої системи прийняття рішень

Ефективна система управління на основі даних моніторингу забезпечує: екологічну безпеку населення; зменшення антропогенних впливів; запобігання екологічним катастрофам; стале природокористування; підвищення якості екологічної політики; організаційний та інформаційний зв'язок між усіма інституціями.

Таким чином, інтегрована система прийняття рішень є ключовим елементом сучасної екологічної інфраструктури будь-якої держави та підприємства.

8: Теоретичні засади екологічного аудиту

Екологічний аудит є одним із ключових інструментів сучасного управління впливом на довкілля. Він дозволяє оцінити діяльність підприємств та організацій з точки зору дотримання екологічного законодавства, стандартів управління навколишнім середовищем та внутрішніх політик щодо охорони природи.

На відміну від інтегрованого моніторингу, який фокусується на зборі та аналізі даних про стан довкілля, екологічний аудит спрямований на оцінку ефективності систем управління, виявлення ризиків та невідповідностей, а також на розробку рекомендацій для покращення екологічних показників.

Екологічний аудит охоплює різні сфери діяльності: виробничі процеси, використання ресурсів, управління відходами, вплив на воду, ґрунти та атмосферу, а також соціальні аспекти взаємодії з громадськістю. Його проведення передбачає систематичний та об'єктивний підхід, який забезпечує прозорість та достовірність отриманих даних.

Таким чином, екологічний аудит слугує мостом між даними інтегрованого моніторингу та управлінськими рішеннями, спрямованими на сталий розвиток підприємств і суспільства загалом.

8.1. Поняття екологічного аудиту

Екологічний аудит - це систематична, документована, незалежна та періодична оцінка діяльності підприємства або організації щодо відповідності її діяльності нормам екологічного законодавства, стандартам екологічного менеджменту та внутрішнім політикам з охорони довкілля.

Основні цілі екологічного аудиту:

– Виявлення невідповідностей вимогам законодавства та стандартів.
– Оцінка ефективності систем управління охороною довкілля.
– Пропозиції щодо покращення екологічних показників та зменшення негативного впливу на довкілля.

8.2. Завдання екологічного аудиту

– Контроль відповідності: перевірка, наскільки діяльність підприємства відповідає чинному екологічному законодавству та стандартам ISO 14001.
– Оцінка ефективності системи управління: аналіз внутрішніх процесів підприємства щодо зменшення екологічних ризиків.
– Виявлення ризиків та небезпек: визначення потенційних екологічних загроз і шляхи їх мінімізації.
– Формування рекомендацій: пропозиції для керівництва щодо покращення екологічної ефективності.
- Підвищення прозорості та довіри: інформування громадськості та інвесторів про екологічний стан підприємства.

8.3. Принципи екологічного аудиту

– Системність: аудит охоплює всі аспекти діяльності, що впливають на довкілля.
– Об'єктивність: оцінка базується на фактологічних даних і документальних доказах.
– Незалежність: аудит проводиться незалежними експертами або аудиторами.
– Прозорість: результати аудиту повинні бути відкритими для керівництва та, у разі потреби, для громадськості.
– Комплексність: поєднання оцінки нормативного дотримання та аналізу екологічних ризиків.
– Безперервність: аудит інтегрується в систему управління підприємством і проводиться регулярно.

8.4. Роль екологічного аудиту в системі управління довкіллям

Внутрішній аудит проводиться всередині підприємства для самоконтроля та покращення процесів.

Зовнішній аудит здійснюється незалежними організаціями для сертифікації, перевірки відповідності законодавству або вимогам інвесторів.

Екологічний аудит забезпечує:

– базу для прийняття управлінських рішень;
– інформаційну підтримку інтегрованого моніторингу;
– зниження ризиків негативного впливу на довкілля та фінансових втрат через екологічні порушення.

9. Правові основи екологічного аудиту

Екологічний аудит неможливо ефективно проводити без чіткої нормативно-правової бази. Законодавство встановлює вимоги до охорони довкілля, права та обов'язки підприємств, порядок контролю та відповідальність за порушення. У правовій площині екологічний аудит забезпечує відповідність діяльності підприємств законодавчим нормам та міжнародним стандартам, а також формує підґрунтя для сертифікації систем управління охороною довкілля.

Правові основи екологічного аудиту охоплюють:

– закони та кодекси, що регламентують охорону довкілля;
– нормативно-правові акти щодо контролю за використанням природних ресурсів та утилізацією відходів;
– стандарти екологічного менеджменту (наприклад, ISO 14001);
– нормативи щодо звітності, моніторингу та аудиту екологічних показників.

9.1. Законодавча база України

В Україні правове регулювання екологічного аудиту визначається низкою нормативних актів:

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» - визначає загальні принципи охорони довкілля та обов'язки підприємств щодо контролю впливу на природу.

Закон України «Про екологічну експертизу» - регламентує порядок проведення оцінки впливу на довкілля та експертні перевірки.

Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» - визначає процедури попередньої оцінки проектів та діяльності, що може мати значний вплив на довкілля.

Постанова Кабінету Міністрів України № 1171- затверджує Порядок проведення екологічного аудиту.

Нормативи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів - встановлюють вимоги до звітності, обліку відходів, моніторингу та оцінки екологічних ризиків.

9.2. Міжнародні стандарти

Правові аспекти екологічного аудиту також визначаються міжнародними стандартами та рекомендаціями:

ISO 14001:2015 - міжнародний стандарт систем екологічного менеджменту, який регламентує проведення аудиту та оцінки відповідності екологічним вимогам.

EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) - європейська система управління та аудиту екологічної діяльності підприємств, що передбачає добровільну сертифікацію та публікацію екологічних звітів.

Рекомендації OECD - спрямовані на підвищення прозорості, зменшення екологічних ризиків та інтеграцію аудиту в корпоративне управління.

9.3. Основні правові принципи екологічного аудиту

– Дотримання законності: аудит проводиться у межах чинного законодавства та нормативних актів.
– Відповідальність підприємства: юридична особа несе відповідальність за дотримання екологічних норм.
– Прозорість та публічність: результати аудиту можуть бути надані державним органам, інвесторам та громадськості.
– Незалежність аудиту: законодавство передбачає проведення оцінки компетентними та незалежними аудиторами.
– Регулярність: законодавство визначає періодичність проведення аудитів, особливо для підприємств з підвищеним екологічним ризиком.

9.4. Практичне значення правових аспектів

Правова база забезпечує:
– чіткі критерії та стандарти для аудиторів;
– механізм контролю та санкцій за порушення;
– основу для інтеграції аудиту з системами управління підприємств;
– підготовку підприємств до сертифікації та міжнародного визнання екологічної відповідальності.

10: Типи екологічного аудиту

Екологічний аудит може здійснюватися у різних формах і з різними цілями, залежно від характеру підприємства, специфіки його діяльності та завдань аудиту. Розподіл на типи дозволяє чітко визначити методологію проведення перевірки, обсяг аналізу та очікувані результати.

10.1. Внутрішній (корпоративний) аудит (ВА)

Проводиться всередині підприємства власними спеціалістами або залученими внутрішніми аудиторами. Основна мета ВА - оцінка дотримання внутрішніх політик і процедур управління впливом на довкілля. Переваги ВА: швидке виявлення проблем, можливість корегувати процеси без зовнішніх санкцій, формування корпоративної культури екологічної відповідальності.

10.2. Зовнішній (незалежний) аудит (ЗА)

Виконується сторонніми організаціями або сертифікованими аудиторами. Основна мета ЗА - підтвердження відповідності законодавству, міжнародним стандартам або контрактним вимогам. Переваги ЗА: об’єктивність оцінки, підвищення довіри інвесторів і громадськості, можливість сертифікації за ISO 14001 або EMAS.

10.3. Регуляторний аудит (РА)

Проводиться державними органами контролю у межах нагляду за дотриманням екологічного законодавства. Основна мета РА - перевірка

відповідності підприємства нормативам та стандартам, застосування санкцій у разі порушень. Особливість РА: має юридичну силу та може призводити до штрафів, обмежень або призупинення діяльності.

10.4. Галузевий або проєктний аудит (ГА)

Орієнтований на конкретний сектор економіки або окремий проєкт (наприклад, будівництво промислового об'єкта, видобуток корисних копалин). Основна мета ГА - оцінка екологічних ризиків і відповідності специфічним нормам галузі. Переваги ГА: глибокий аналіз специфічних процесів, адаптація заходів до конкретних умов.

10.5. Комплексний аудит (КА)

Поєднує елементи внутрішнього, зовнішнього та регуляторного аудиту. Основна мета КА - всебічна оцінка підприємства з точки зору екологічних показників, законодавчих вимог і ефективності управління. Переваги КА: надає повну картину екологічного стану та дозволяє приймати стратегічні управлінські рішення.

11. Методологія проведення екологічного аудиту

Методологія екологічного аудиту визначає послідовність дій, стандарти збору даних та оцінки результатів. Вона забезпечує системність, об'єктивність та порівнянність результатів аудиту, дозволяє виявляти невідповідності, оцінювати ризики та формувати практичні рекомендації.

11.1. Основні етапи проведення аудиту

Планування аудиту: Визначення об'єкта аудиту (підприємство, виробничий процес, проєкт). Формулювання цілей та завдань аудиту. Встановлення критеріїв оцінки відповідності (законодавство, стандарти ISO 14001, внутрішні політики). Формування команди аудиторів та графіку проведення перевірки.

Попередній огляд та збір інформації: Аналіз наявних документів: дозволів, звітів про моніторинг, внутрішніх політик і процедур. Визначення ключових процесів та потенційних екологічних ризиків. Підготовка чек-листів для перевірки.

Проведення польового аудиту: Огляд виробничих та адміністративних об'єктів. Інтерв'ю зі співробітниками. Вимірювання та збір фактичних даних (наприклад, концентрацій шкідливих речовин, обсягів відходів).

Аналіз та оцінка результатів: Порівняння отриманих даних із законодавчими та стандартними вимогами. Виявлення невідповідностей, ризиків та проблемних зон. Використання інтегральних показників для оцінки впливу на довкілля.

Підготовка аудиторського звіту: Систематизація результатів аудиту. Формулювання рекомендацій щодо усунення порушень та покращення екологічної ефективності. Представлення звіту керівництву та зацікавленим сторонам.

Моніторинг виконання рекомендацій: Контроль за впровадженням запропонованих заходів. Оцінка ефективності коригувальних дій та поліпшень.

11.2. Методи збору та обробки інформації

Документальний аналіз: перевірка дозвільних документів, внутрішніх інструкцій, звітів про моніторинг.

Спостереження та інспекція: огляд виробничих та адміністративних процесів, перевірка стану обладнання та території.

Вимірювання та лабораторні дослідження: контроль викидів у воду, повітря, обсягів відходів та їх складу.

Інтерв'ю та опитування: збір інформації від персоналу про дотримання процедур та заходів безпеки.

Інтегральна оцінка: використання індексів, рейтингових показників та порівняльного аналізу для комплексної оцінки екологічного стану.

11.3. Вимоги до аудиторської документації

– Документація повинна бути повною, достовірною та зрозумілою.
– Всі дані аудиту мають бути підтверджені доказами (протоколи вимірювань, фотографії, записи спостережень).
– Рекомендації повинні бути чіткими, обґрунтованими та реалістичними для впровадження.

12. Використання результатів моніторингу та аудиту

Результати інтегрованого моніторингу та екологічного аудиту відіграють ключову роль у прийнятті управлінських рішень, формуванні екологічної стратегії підприємства та забезпеченні дотримання законодавчих вимог. Вони дозволяють виявляти слабкі місця в системі управління, оцінювати ефективність заходів і планувати коригувальні дії.

Інформаційна підтримка управління:

– Дані моніторингу та аудиту використовуються для оцінки стану довкілля, визначення тенденцій змін і прогнозування можливих ризиків.
– Підприємства отримують об'єктивну інформацію про ефективність власної системи управління екологічними ризиками.
– Інформація слугує основою для внутрішніх звітів та звітності перед державними органами, інвесторами та громадськістю.

Прийняття управлінських рішень

– Результати аудиту та моніторингу допомагають визначати пріоритетні напрями покращення екологічних показників.
– На їх основі плануються заходи щодо зменшення викидів, оптимізації використання ресурсів, утилізації відходів та енергоефективності.
– Дані дозволяють приймати стратегічні рішення щодо інвестицій у екологічно чисті технології та модернізацію виробництва.

Підтримка інтегрованого моніторингу

– Результати аудиту слугують додатковим джерелом інформації для інтегрованого моніторингу.
– Дані про невідповідності та ризики дозволяють уточнювати інтегральні показники та підвищувати точність оцінки стану навколишнього середовища.

– Використання цих даних у системі прийняття рішень забезпечує своєчасну реакцію на екологічні проблеми та зменшення негативного впливу на довкілля.

Підготовка звітності та комунікація з громадськістю

– Підприємства формують звіти про екологічний стан та виконання рекомендацій аудиту для зовнішніх стейкхолдерів.
– Прозорість інформації підвищує довіру громадськості та інвесторів.
– Звіти можуть бути використані для сертифікації відповідно до міжнародних стандартів ISO 14001 та EMAS.

Практичне значення

– Використання результатів аудиту та моніторингу дозволяє скоротити екологічні ризики і штрафи за порушення.
– Забезпечує ефективну інтеграцію управління довкіллям у загальну стратегію підприємства.
– Підвищує економічну та соціальну відповідальність підприємства перед державою та суспільством.

13. Порівняння екологічного аудиту та інтегрованого моніторингу

Екологічний аудит та інтегрований моніторинг є взаємодоповнюючими інструментами управління впливом на довкілля, проте вони відрізняються за цілями, підходами та характером отримуваної інформації.

Основні відмінності

Параметр	Інтегрований моніторинг	Екологічний аудит
Мета	Систематичне спостереження за станом довкілля та тенденціями його змін	Оцінка відповідності діяльності законодавству, стандартам та внутрішнім політикам
Об’єкт	Природне середовище, екосистеми, виробничі впливи	Підприємства, проєкти, внутрішні системи управління
Підхід	Безперервний, спостережний	Періодичний, оцінювальний
Результат	Дані про стан довкілля, інтегральні індекси, аналітика	Звіт про відповідність, виявлені невідповідності, рекомендації
Регламент	Визначається нормами моніторингу та стандартами	Визначається законодавством, стандартами ISO та внутрішніми політиками
Використання	Прийняття управлінських рішень, прогнозування ризиків	Коригування процесів, сертифікація, внутрішній і зовнішній контроль

Спільні риси

– Обидва інструменти базуються на систематичному зборі та аналізі даних.
– Використовуються для оцінки впливу діяльності на довкілля та управління ризиками.
– Забезпечують підґрунтя для прийняття рішень щодо покращення екологічних показників.
– Підвищують прозорість і підзвітність підприємств перед державою та громадськістю.

Взаємозв'язок та інтеграція

– Дані інтегрованого моніторингу служать інформаційною базою для екологічного аудиту.
– Результати аудиту дозволяють уточнювати параметри моніторингу та визначати пріоритетні напрямки спостережень.
– Сумісне використання забезпечує комплексну оцінку стану довкілля та ефективності систем управління екологічними ризиками.

14. Міжнародний досвід

Міжнародний досвід екологічного аудиту та інтегрованого моніторингу дозволяє вивчати передові практики управління впливом на довкілля, адаптувати стандарти до національних умов та підвищувати ефективність екологічного контролю.

Європейський досвід

– EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) - добровільна європейська система управління і аудиту екологічної діяльності підприємств. Забезпечує сертифікацію, звітність перед громадськістю та покращення екологічних показників.
– Директиви ЄС щодо інтегрованого запобігання та контролю забруднень (IPPC, 2008/1/EC) - регламентують вимоги до промислових підприємств, інтегруючи моніторинг і аудит у систему екологічного управління.
– Національні програми моніторингу - наприклад, у Німеччині та Швеції здійснюється інтегрований моніторинг стану вод, ґрунтів та повітря з регулярним оцінюванням та публічними звітами.

Північноамериканський досвід

– У США та Канаді екологічний аудит часто інтегрується у корпоративні програми управління ризиками та відповідності законодавству (Environmental Compliance Audits).
– Використовуються методи незалежного аудиту з оцінкою впливу на здоров'я населення, ризиків забруднення води та повітря, управління відходами.
– Прийняття інтегрованих систем управління екологічними ризиками на рівні корпорацій дозволяє оперативно реагувати на зміни нормативів та зменшувати фінансові ризики.

Азійський досвід

У Японії та Південній Кореї застосовуються стандарти ISO 14001 та внутрішні системи моніторингу для підприємств великого масштабу. Особлива увага приділяється промисловим зоном та контролю викидів, управлінню ресурсами і повторному використанню відходів. Активно використовується електронна звітність та інтегровані бази даних для моніторингу та оцінки результатів аудиту.

Таким чином міжнародні практики демонструють ефективність поєднання інтегрованого моніторингу та екологічного аудиту, добровільні системи сертифікації підвищують довіру інвесторів та громадськості а використання сучасних технологій збору, обробки та публікації даних дозволяє підвищити прозорість і ефективність екологічного контролю.

15. Перспективи та сучасні виклики

Сучасний розвиток екологічного аудиту та інтегрованого моніторингу пов’язаний із глобальними тенденціями сталого розвитку, цифровізації та зростанням вимог до прозорості діяльності підприємств.

Цифровізація та технологічні інновації

– Використання інформаційних систем, дистанційного зондування, IoT та сенсорних мереж дозволяє оперативно збирати й обробляти дані про стан довкілля.

– Інтеграція цих технологій у систему управління підприємства підвищує точність моніторингу та швидкість реагування на екологічні ризики.

– Розвиток штучного інтелекту та аналітичних платформ дозволяє прогнозувати наслідки діяльності та оптимізувати управлінські рішення.

Глобальні виклики та ризики

– Кліматичні зміни та зростання забруднення довкілля потребують більш частих і комплексних оцінок впливу.

– Зростання обсягу промислових відходів і ресурсоспоживання створює нові ризики для природних екосистем.

– Підприємства стикаються з необхідністю виконання міжнародних зобов’язань щодо скорочення викидів та використання ресурсів.

Інтеграція з корпоративною стратегією

– Екологічний аудит і моніторинг стають частиною корпоративної соціальної відповідальності (CSR).

– Використання результатів моніторингу для стратегічного планування дозволяє підприємствам не тільки відповідати нормативам, а й отримувати конкурентні переваги.

– Впровадження систем управління довкіллям за стандартами ISO 14001 та EMAS сприяє підвищенню репутації та довіри з боку інвесторів і громадськості.

Висновки по лекції

Лекція розкриває сутність та взаємозв'язок двох ключових інструментів сучасного екологічного управління: інтегрованого моніторингу та екологічного аудиту. Ці інструменти є критично важливими для сталого розвитку та забезпечення екологічної безпеки в умовах зростання антропогенного навантаження.

1. Інтегрований моніторинг (ІМ) є системним підходом, що, на відміну від традиційного, комплексно оцінює екосистемні процеси, антропогенні впливи та соціально-економічні чинники. Він включає три основні складові: екологічний, проєктний та соціальний моніторинги, що забезпечує багатовимірну картину стану об'єкта та його впливів.

2. Правові основи ІМ в Україні ґрунтуються на Законах України «Про охорону навколишнього природного середовища» та численних постановах Кабінету Міністрів України, що регулюють моніторинг повітря, вод та земель. Міжнародні стандарти, такі як ISO 14000 і EMAS, також інтегрують вимоги до внутрішніх систем моніторингу.

3. Екологічний аудит (ЕА) - це незалежна, систематична та документована оцінка діяльності підприємства щодо відповідності його нормам законодавства та стандартам екологічного менеджменту. Він є інструментом контролю ефективності управління та зниження екологічних ризиків.

4. Взаємозв'язок: ІМ і ЕА не замінюють, а доповнюють один одного. Дані безперервного моніторингу (ІМ) є інформаційною базою для періодичного оцінювання (ЕА), а результати аудиту використовуються для коригування управлінських рішень та уточнення параметрів моніторингу.

5. Значення: Обидва інструменти спільно формують інтегровану систему прийняття рішень, яка забезпечує науково обґрунтоване управління, сприяє прозорості та відповідальності підприємств, а також є ключовим елементом інтеграції України до європейських екологічних стандартів і сталого розвитку.

Контрольні питання

1. Дайте визначення інтегрованого моніторингу (ІМ) та назвіть його основну мету.
2. Назвіть ключові передумови виникнення інтегрованих систем моніторингу.
3. Назвіть основні характеристики інтегрованого моніторингу.
4. Назвіть і охарактеризуйте три структурні елементи, що входять до класифікації інтегрованого моніторингу.
5. Які основні об'єкти охоплює проєктний моніторинг та які його ключові показники?
6. Опишіть функції соціального моніторингу у структурі ІМ та наведіть приклади джерел соціальних даних.
7. Які міжнародні стандарти екологічного управління закріплюють необхідність внутрішніх систем інтегрованого моніторингу на підприємствах?
8. Назвіть функції, які виконує інтегрований моніторинг у сучасному екологічному управлінні.
9. Дайте визначення екологічного аудиту (ЕА) та назвіть його ключову відмінність від інтегрованого моніторингу.
10. Які основні завдання екологічного аудиту?
11. Охарактеризуйте основні типи екологічного аудиту за критерієм незалежності.
12. Назвіть основні етапи проведення екологічного аудиту згідно з методологією.
13. Назвіть спільні риси та ключові відмінності між інтегрованим моніторингом та екологічним аудитом.
14. Поясніть взаємозв’язок та інтеграцію даних між інтегрованим моніторингом та екологічним аудитом.
15. Яке значення має інтегрована система прийняття рішень на основі даних моніторингу для органів місцевого самоврядування?