



Удовиченко В.В.

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

НАВЧАЛЬНО-
МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС



МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

**НАВЧАЛЬНО-
МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС**





Вікторія Віталіївна УДОВИЧЕНКО

доктор географічних наук,
професор кафедри
фізичної географії та
геоекології
географічного факультету
Київського національного
університету
імені Тараса Шевченка

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УДОВИЧЕНКО В.В.

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ
КОМПЛЕКС**

Київ
Бихун В. Ю.
2026



**УДК 911.5/.9:502/504:001.891.7(075.8)
УЗ1**

*Рекомендовано до друку
вченою радою географічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
(протокол №14 від 28 травня 2026 року)*

Рецензенти:

Самойленко В.М., доктор географічних наук, професор,
старший науковий співробітник навчально-наукової лабораторії екології ландшафту
LandscapeLabKNU Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Денисик Г.І., доктор географічних наук, професор,
професор кафедри географії Вінницького державного університету
імені Михайла Коцюбинського, академік Академії наук вищої освіти України,
заслужений діяч науки і техніки України

Кохан С.С., доктор технічних наук, професор,
головний науковий співробітник ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук НАН України»

Удовиченко В.В.

УЗ1 Моніторинг довкілля : Навчально-методичний комплекс. Київ :
Видавець Бихун В. Ю., 2026. 330 с.

ISBN 978-617-8553-09-8

Навчально-методичний комплекс присвячено висвітленню теоретико-методологічних засад моніторингу довкілля як комплексного напряму науково-дослідницької та інформаційно-аналітичної діяльності. У виданні розкрито сутність моніторингу довкілля, його місце у системі наук і природоохоронній та управлінській діяльності, а також висвітлено основні підходи до організації та реалізації моніторингових досліджень. Значну увагу приділено екосистемному підходу, оцінюванню стану екосистем та екосистемних послуг, ролі моніторингу у забезпеченні екологічної безпеки, підтриманні екологічної рівноваги та реалізації принципів сталого розвитку.

Видання рекомендовано здобувачам вищої освіти, які навчаються за освітніми програмами, освітні компоненти яких передбачають вивчення питань моніторингу довкілля, екосистемних послуг, геоєкології, природокористування, екологічного управління та просторового планування, зокрема за ОПП «Геоєкологія та екосистемні послуги». Навчально-методичний комплекс також буде корисним викладачам, аспірантам, науковцям, фахівцям у сфері охорони довкілля та усім тим, хто цікавиться проблематикою екологічного моніторингу, оцінювання стану довкілля та збереження екосистем.

© Удовиченко В.В., 2026

© Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, 2026

ISBN 978-617-8553-09-8



ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ І	
ПОНЯТТЯ ТА СУТНІСТЬ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ.....	13
1.1. Передумови виникнення моніторингу довкілля.....	16
1.2. Підходи до визначення поняття «моніторинг довкілля».	19
1.3. Місце моніторингу в системі наук та в управлінській діяльності.....	23
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>32</i>
РОЗДІЛ ІІ	
МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ФУНКЦІЇ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ...	40
2.1. Мета моніторингу довкілля.....	42
2.2. Ключові завдання моніторингових систем.....	48
2.3. Інформаційна, діагностична, прогностична та управлінська функції моніторингу.....	61
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>78</i>
РОЗДІЛ ІІІ	
ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ.....	87
3.1. Системність і комплексність.....	91
3.2. Безперервність і регулярність спостережень.....	98
3.3. Репрезентативність і достовірність даних.....	107
3.4. Просторова і часова узгодженість.....	115
3.5. Екосистемний принцип моніторингових досліджень....	124
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>135</i>
РОЗДІЛ ІV	
ОБ'ЄКТИ, РІВНІ ТА ВИДИ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ.....	142
4.1. Об'єкти моніторингу (геосфери, екосистеми, ресурси)...	145
4.2. Рівні (глобальний, національний, регіональний, локальний) та види моніторингу довкілля	154
4.3. Взаємозв'язок рівнів моніторингу та екосистемних процесів.....	164
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>173</i>

РОЗДІЛ V**ПОКАЗНИКИ ТА ІНДИКАТОРИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ... 180**

5.1. Поняття екологічних показників та індикаторів.....	182
5.2. Фізичні, хімічні та біологічні індикатори.....	187
5.3. Індикатори стану екосистем та екосистемних послуг....	193
5.4. Критерії відбору показників для моніторингу.....	200
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>207</i>

РОЗДІЛ VI**МЕТОДИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ..... 212**

6.1. Спостереження, вимірювання, оцінювання та прогнозування.....	215
6.2. Наземні методи моніторингу довкілля.....	223
6.3. Дистанційні методи моніторингу довкілля.....	233
6.4. Використання ГІС та цифрових технологій у моніторингу довкілля.....	243
6.5. Інтеграція даних для комплексної моніторингової оцінки стану довкілля.....	254
6.6. Програми моніторингу довкілля.....	264
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>274</i>

РОЗДІЛ VII**РОЛЬ ТА ЗНАЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ..... 281**

7.1. Роль моніторингу у збереженні екосистем та підтриманні екосистемних послуг.....	284
7.2. Значення моніторингу для ухвалення управлінських та просторово- і ландшафтно-планувальних рішень.....	292
<i>Блок завдань для самоконтролю та самоперевірки.....</i>	<i>302</i>

ГЛОСАРІЙ..... 308**РЕКОМЕНДОВАНІ ТА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ... 317**

A decorative graphic featuring a blue globe with a large blue arrow pointing upwards and to the right. The globe and arrow are positioned in front of a larger, semi-transparent rectangular box. Inside this box, there is a background image of a world map with several arrows pointing in different directions, suggesting growth or movement. The word "ВСТУП" is written in large, white, serif capital letters across the center of the box.

ВСТУП

Шановний читач! Навчально-методичний комплекс, який ти тримаєш у руках – це праця, автор якої ставив собі за мету сформуванню у здобувачів освіти сучасне конструктивно-географічне мислення та систему спеціальних знань щодо організації моніторингу складових довкілля як важливої компоненти підготовки майбутніх професіоналів у сфері геоекології, охорони довкілля, координації екологічних програм, просторового і ландшафтного планування тощо.

Цей навчально-методичний комплекс – це навчальне видання, основною логікою побудови якого був стислий та лаконічний виклад матеріалу за ключовими аспектами важливого конструктивно-географічного напрямку – моніторингу довкілля. Саме через таку поставлену перед автором задачу – розкриття сутності складного явища у простій та доступній для читача формі, більша частина матеріалу у цьому комплексі подана у вигляді структурно-логічних та блок-схем.

Побудовано цей навчально-методичний комплекс таким чином, аби бути універсальним, даючи уявлення про базові фундаментальні й прикладні просторово-часові, ландшафтознавчі та геоекологічні аспекти моніторингової діяльності здобувачам, що навчаються за освітніми програмами спеціальності Е4 – Науки про Землю та С6 – Географія та регіональні студії.

Моніторинг довкілля у цьому навчально-методичному комплексі розглядається як сучасний інструмент системного пізнання природних і природно-антропогенних процесів, оцінювання стану довкілля, прогнозування його змін та інформаційно-аналітичного забезпечення природоохоронної й управлінської діяльності. Структурно навчально-методичний комплекс побудований за логікою послідовного переходу від теоретико-методологічних засад моніторингу до розгляду його функціонально-організаційних, методичних та прикладних аспектів.

У перших розділах висвітлено сутність моніторингу довкілля, передумови його виникнення, місце у системі наук та

управлінській діяльності, а також розкрито мету, завдання та функції моніторингових систем. Значну увагу приділено принципам організації моніторингу, обґрунтуванню системності, комплексності, екосистемності та просторово-часової узгодженості моніторингових досліджень.

Окремі розділи присвячено характеристиці об'єктів, рівнів і видів моніторингу довкілля, аналізу показників та індикаторів стану геосфер, екосистем і екосистемних послуг. Значне місце у структурі навчально-методичного комплексу займають методичні інструменти моніторингу, зокрема питання спостереження, оцінювання, прогнозування, використання наземних і дистанційних методів досліджень, геоінформаційних систем та цифрових технологій.

Завершальні розділи присвячено висвітленню ролі та значення моніторингу довкілля у збереженні екосистем, підтриманні екосистемних послуг, ухваленні управлінських рішень, а також у просторовому та ландшафтному плануванні територій.

Навчально-методичний комплекс оснащено *Глосарієм*, який містить визначення суті ключових понять, важливих щодо розуміння моніторингу, його видів, сутнісних рис та практично-імплементацийних аспектів, та якими оперує автор цього видання.

Оскільки це видання – навчально-методичного типу, кожен розділ завершується *блоком завдань для самоконтролю та самоперевірки*, відповідаючи на питання якого та розв'язуючи які, читач буде мати змогу успішно опанувати поданим у відповідних розділах матеріалом та зрозуміти й зануритися у сутність моніторингових досліджень, його інструментарію, оглянути існуючий досвід та імплементацийні засади. Крім того, питання та завдання цього блоку подані за різними їх типами – концептуально-інтерпретаційні, ситуаційні, кейсові та інтегративні – що спрямовано на те, аби допомогти здобувачам освіти *самостійно опрацювати додатковий матеріал* з теми, здобути необхідні компетентності та глибоко опанувати зміст відповідних освітніх компонент, розвиваючи аналітичне

мислення та вміння синтезувати знання з різних аспектів моніторингу довкілля. Питання та завдання цього блоку можуть також використовуватися для формування практичних завдань, обговорень на семінарських заняттях або для складання екзаменаційних білетів, за потреби та за рішенням викладача.

Так, *концептуально-інтерпретаційні питання* постають ядром самоконтролю та, зазвичай, чітко структуровані за логікою побудови відповідного розділу й подачі матеріалу у його підрозділах, проте є розширеними у напрямку уникнення дублювання тексту розділу. Методично цей блок питань відповідає рівням пізнання «розуміння → аналіз → інтерпретація», логічно підтримує інші типи питань (ситуаційні, кейсові, інтегративні) та в цілому, за потреби, вони можуть бути легко масштабованими під екзаменаційні білети або інші бачення викладача.

Ситуаційні завдання покликані «піднімати» розумову діяльність здобувачів освіти з прикладного до академічно-аналітичного рівня, але без переходу на повноцінні кейси. Ситуаційні завдання змістово також узгоджуються із матеріалом відповідного розділу, а у їх формулювання закладено вимогу інтерпретації, а не опису; апеляцію до сутнісної частини інформації, поданої у розділі; орієнтацію на аргументацію вибору, а не «правильну відповідь». Питання цього типу орієнтовані на пояснення причинно-наслідкових зв'язків; вимагають застосування теоретичних категорій, а не відтворення визначень; допускають варіативність аргументованих відповідей; за потреби, легко трансформуються в усне обговорення, письмові аналітичні відповіді, питання екзаменаційних білетів тощо.

Логічним прикладом зростанням ступеня складності завдань є *кейсові*, де кейс розуміється як така вправа, яка вимагає системного мислення, поєднання знань кількох рівнів складності для аналізу комплексних проблем, інтеграції функцій, цілей і рівнів пізнання, а не фрагментарного аналізу. Разом з тим, кейсові завдання, які прямо «виростають» із запропонованих ситуацій ситуаційних завдань, мають іншу

когнітивну глибину. Саме тому, методичною перевагою таких завдань є те, що вони: логічно продовжують ситуаційні завдання, під час свого розв'язання вимагають синтезу всіх аспектів/компонентів кожного відповідного розділу, й дозволяють викладачу оцінити сформованість системного мислення здобувачів, їх здатність працювати з ієрархічними побудовами відповідних процесів та явищ, готовність до професійної аналітичної діяльності.

Логічно завершують кожен блок питань та наче «зшивають» увесь розділ у єдине ціле *інтегративні питання*, які виглядають, у порівнянні із вищезазначеними типами питань, методично вивірено, оскільки поєднують окремі аспекти кожного розділу на різних рівнях пізнання й управління у єдине ціле. Питання цього типу, «вимагаючи» синтезу, а не відтворення інформації, дозволяють перевірити: цілісне розуміння моніторингу, здатність мислити міждисциплінарно, готовність працювати з концепціями, а не лише з термінами. Разом з тим, питання такого типу, за потреби, можуть бути легко адаптованими під усну відповідь / письмову роботу / екзаменаційний білет, або переформатовані у інтегративне завдання з обов'язковою побудовою елементів схем чи таблиць.

У розділі *Рекомендовані та використані джерела інформації* Ви знайдете у першу чергу всі ті з них, які було використано автором під час укладання цього навчально-методичного комплексу, його текстової частини та графічних матеріалів, та зазначення яких по тексту було здійснено у вигляді квадратних дужок, як, наприклад: ^[1].



ПОНЯТТЯ ТА СУТНІСТЬ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Сучасний етап розвитку суспільства супроводжується суттєвим **зростанням антропогенного навантаження** на природні системи, що супроводжується їх деградацією, зниженням біорізноманіття, порушенням біопродуктивності та ослабленням здатності геоекосистем забезпечувати життєво важливі екосистемні послуги.

Забруднення атмосфери, гідросфери й літосфери, трансформація землекористування та **виснаження** природних ресурсів набувають не лише локального, а й регіонального та глобального характеру, що зумовлено циркуляцією речовини та енергії в геосферах.

У цих умовах локальні зміни стану довкілля мають *кумулятивні та транскордонні наслідки*, впливаючи на функціонування природних і природно-антропогенних систем та рівень надання ними екосистемних послуг. Це істотно ускладнює процеси управління природокористуванням і потребує науково обґрунтованої інформації про стан, динаміку та просторову диференціацію екологічних процесів.

Саме тому **моніторинг довкілля** виступає ключовим інструментом систематичного спостереження, оцінювання та прогнозування змін стану екосистем і їх здатності забезпечувати екосистемні послуги.

Формування **теоретико-методологічного апарату** моніторингу передбачає чітке розуміння його *сутності, цілей, завдань і місця* в системі екологічного управління, що зумовлює необхідність звернення до базових наукових підходів і визначень поняття «моніторинг довкілля».

З метою формування базового розуміння сутності та специфіки моніторингу довкілля як науково обґрунтованої основи для аналізу змін природного середовища та ухвалення обґрунтованих рішень у сфері сталого розвитку у цьому розділі розглянемо підходи до визначення та розуміння, специфіку становлення та розвитку моніторингу довкілля (рис. 1), його місце в системі наук та в управлінській діяльності як невід’ємної складової геоекологічних досліджень й практичного інструменту екологічного управління.



Рис. 1. Ключові аспекти розуміння сутності та напрямів становлення і розвитку моніторингу довкілля

1.1.

ПЕРЕДУМОВИ ВИНИКНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Становлення моніторингу довкілля як самостійного науково-практичного напрямку зумовлене сукупністю глибинних суспільних, наукових та екологічних змін, що відбувалися упродовж XX століття і набули особливої інтенсивності у його другій половині та у XXI столітті. Ключовою передумовою цього процесу стало різке **зростання масштабів антропогенного впливу/тиску** на природні системи, пов'язане з індустріалізацією, урбанізацією, інтенсифікацією сільського господарства, розвитком енергетики та транспортної інфраструктури.

Природне середовище зазнавало дедалі більшого навантаження, що перевищувало його асиміляційну здатність й призводило до деградації екосистем, виснаження ресурсів та накопичення забруднювачів у повітрі, воді й ґрунтах. Водночас наукові уявлення про функціонування біосфери істотно еволюціонували.

Розвиток географії, екології, біогеохімії та системного аналізу привів до усвідомлення того, що природні компоненти утворюють складні, взаємопов'язані системи, у яких локальні порушення можуть спричиняти віддалені й нелінійні наслідки.

1 Особливу роль у цьому відіграли ідеї В. Вернадського ^[1] про біосферу та ноосферу, які заклали підґрунтя для розуміння планетарного масштабу антропогенного впливу.

Саме в цьому контексті **виникла потреба** не лише фіксувати окремі прояви забруднення або деградації, а здійснювати систематичні, багаторазові та порівнянні спостереження за станом довкілля.

2

Ще однією важливою передумовою стало накопичення екологічно значущих **кризових явищ**, які мали **транскордонний і глобальний характер**: кислотні дощі, фотохімічний смог, евтрофікація водойм, радіоактивне забруднення, деградація лісів, втрата біорізноманіття, зміна клімату.

Ці проблеми продемонстрували **обмеженість** фрагментарних і несистемних **спостережень**, що не дозволяли ані своєчасно виявляти негативні тенденції, ані прогнозувати їх розвиток. У відповідь на це у 1960–1970-х роках почали формуватися перші міжнародні ініціативи зі створення узгоджених систем екологічних спостережень, зокрема в межах Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP) [2] та Всесвітньої метеорологічної організації [3].



[2]



[3]

3

На розвиток моніторингу суттєво вплинув і **технологічний прогрес**. Поява автоматизованих вимірювальних приладів, геоінформаційних систем, комп'ютерної обробки великих масивів даних, а згодом – супутникових засобів спостереження створила принципово нові можливості для отримання просторово та часово узгодженої інформації про стан геосфер і екосистем. Це дозволило перейти від епізодичних вимірювань до безперервних або регулярних спостережень, що є **ключовою ознакою** сучасного моніторингу.

4

Важливою передумовою стала також **трансформація підходів до управління природокористуванням і охороною довкілля**. Перехід від реактивної моделі – ліквідації наслідків забруднення – до превентивної та стратегічної екологічної політики вимагав наявності надійної, науково обґрунтованої інформації про динаміку стану довкілля. Саме моніторинг почав розглядатися як інформаційна основа екологічного управління, екологічної експертизи, планування сталого розвитку та оцінювання екосистемних послуг.



Таким чином, виникнення моніторингу довкілля є закономірною відповіддю науки і суспільства на зростання ступеня складності взаємодії між природними системами та діяльністю людини. Як результат, моніторинг довкілля сформувався на перетині екологічних викликів, розвитку наукових концепцій та технологічних можливостей і став ключовим інструментом забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку.

1.2.

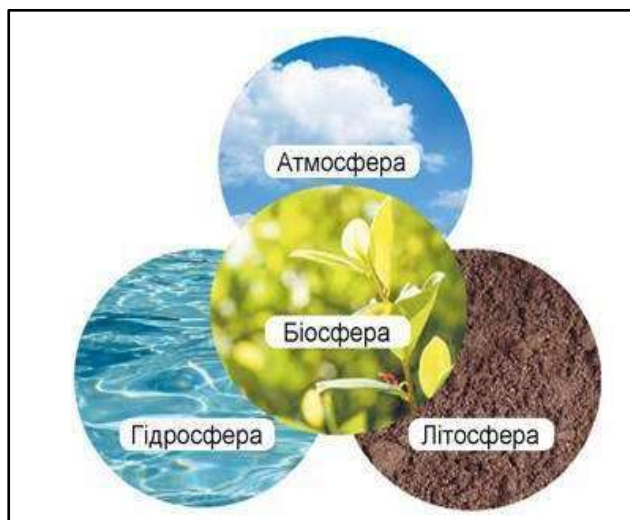
ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ «МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ»

У сучасній науці та практиці управління довкіллям поняття *моніторингу довкілля* інтерпретується **з різних теоретичних і прикладних позицій**. Це зумовлено міждисциплінарною природою цього явища, яке поєднує географію, екологію, інформаційні технології, управління природокористуванням й публічну політику.

У науковій літературі сформувалися кілька базових **підходів до визначення поняття «моніторинг довкілля»**, кожен з яких акцентує увагу на певних його функціях і аспектах. Розглянемо сутність цих підходів.

01

ІНФОРМАЦІЙНО-СПОСТЕРЕЖНИЙ ПІДХІД



Моніторинг довкілля розглядається як **система регулярних спостережень за станом природного середовища**. Акцент робиться на зборі, накопиченні та система-тизації даних про фізичні, хімічні й біологічні параметри компонентів довкілля – атмосфери, гідросфери, літосфери та біоти. З цієї позиції він визначається як організований процес безперервного або періодичного вимірювання екологічних показників з метою фіксації змін у часі та просторі. Такий підхід є фундаментальним для формування баз даних, екологічної статистики та наукових спостережень, важливих для виконання управлінської й прогностичної функцій.

Наступний підхід виходить із уявлення про довкілля як цілісну, ієрархічно організовану систему взаємопов'язаних елементів. У цьому контексті моніторинг трактується не просто як **вимірювання** окремих параметрів, а як **інструмент** виявлення закономірностей функціонування природних систем, їх стійкості, порогів та критичних станів.

Згідно з цим підходом, моніторинг довкілля – це **система спостережень, оцінювання і прогнозування стану екосистем з метою виявлення тенденцій їх змін під впливом природних і антропогенних чинників**. Тут принципово важливим є аналіз динаміки, взаємозв'язків і реакцій екосистем, що безпосередньо пов'язує моніторинг із концепцією екосистемних послуг і сталого розвитку.

02

СИСТЕМНО-ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД



03

УПРАВЛІНСЬКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД

Разом з тим, моніторинг розглядається як **ключовий елемент системи екологічного управління**. Його основною функцією є забезпечення органів влади, бізнесу та громадськості достовірною інформацією для ухвалення рішень щодо природокористування, охорони довкілля та мінімізації екологічних ризиків.



З цієї позиції моніторинг довкілля визначається як **цільоспрямована інформаційно-аналітична система, що забезпечує оцінювання стану довкілля, виявлення небезпечних тенденцій та обґрунтування управлінських дій**. Такий підхід підкреслює прикладний характер моніторингу і його роль у реалізації екологічної політики, екологічного контролю та екологічного планування.

Цей підхід фокусується на можливості виявляти загрози для здоров'я людини, екосистем та соціально-економічних систем.

У цьому контексті моніторинг трактується як **інструмент раннього попередження про небезпечні зміни у стані довкілля**.

Відповідно, моніторинг довкілля визначається як **система спостережень і аналізу, спрямована на виявлення екологічних ризиків, прогнозування небезпечних процесів і запобігання екологічним катастрофам**.

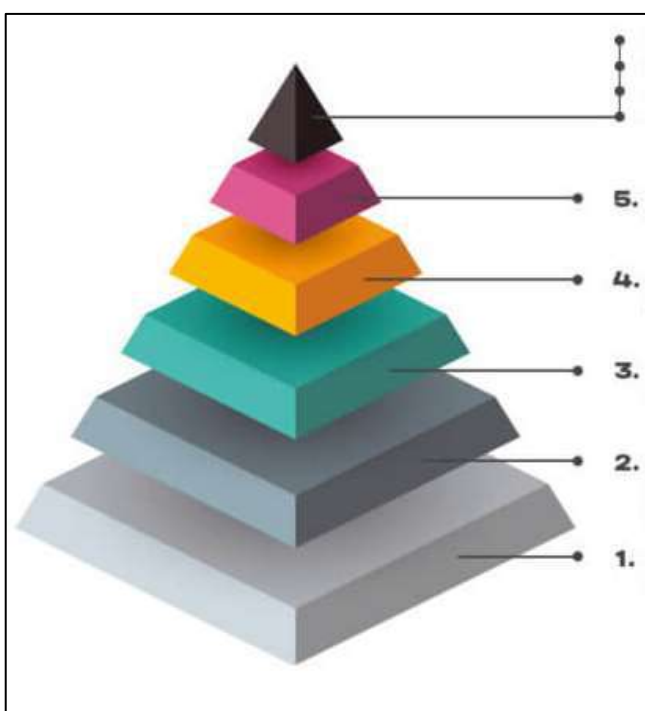
Отже, запровадження цього підходу є особливо актуальним для зон техногенних навантажень, регіонів із високою концентрацією об'єктів промисловості та територій, що зазнають наслідків кліматичних змін.

04

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД



05

ІНТЕГРАТИВНО-
ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД

Відповідно до сучасних концепцій розгляд моніторингу відбувається як частини всеохоплюючих інформаційних систем підтримки процесу ухвалення рішень, які **поєднують наземні спостереження, дистанційне зондування, геоінформаційні технології та моделювання.**

Відповідно, у цьому контексті моніторинг довкілля постає як **комплексна багаторівнева система збору (1), інтеграції (2), аналізу (3) та інтерпретації (4) даних про стан довкілля з метою оцінювання його якості (5), прогнозування змін і управління екосистемними процесами (•••),** зокрема з позицій збереження, відновлення та сталого використання екосистемних послуг, що формують природний капітал і забезпечують добробут.

Таким чином, різноманіття підходів до визначення та розуміння суті поняття «моніторинг довкілля» відображає його **багатофункціональну сутність** та здійснюється по шляху руху думки й обґрунтування його як інструменту наукового пізнання в напрямку до утвердження моніторингу як основи екологічної політики і сталого управління екосистемами. Саме синтез цих підходів лежить в основі сучасного розуміння моніторингу довкілля як ключового елементу екологічної безпеки та збереження екосистемних послуг, досягнення цілей сталого розвитку.

1.3.

МІСЦЕ МОНІТОРИНГУ В СИСТЕМІ НАУК ТА УПРАВЛІНСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Моніторинг довкілля є міждисциплінарним науково-практичним напрямом, що займає особливе місце в системі сучасних наук про Землю, географічних та негеографічних науках, а також в механізмах управління природокористуванням. Його унікальність полягає у **поєднанні фундаментальних** геоекологічних знань, **прикладних геоінформаційних** технологій і **управлінських** інструментів, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку.

Місце моніторингу довкілля розглянемо відповідно існуючим класам наук й міжнародній **логіці побудови** концептів по шляху руху думки від Earth Sciences → Geography → Ecology до → Policy, а також враховуючи ціль – зацентрувати увагу на геоекологічному та екосистемному підходах, й чітко показати роль моніторингу довкілля у переході від спостереження до → управління та до → сталого розвитку.

Разом з тим, місце моніторингу довкілля доцільно відображати, відтворюючи **ієрархію пізнання**, яка використовується в міжнародній науці, та яка *відповідає сучасній науковій картині світу* (рис. 2). Запропонована контекстуальна (відносно моніторингу довкілля) модель (таблиця 1) демонструє те, як різні об'єкти та рівні моніторингу інтегруються у сучасну наукову картину світу, підкреслюючи їхню роль в оцінці природних процесів, просторових структур, екосистем й екосистемних послуг.

Отже, як бачимо, **моніторинг довкілля** є міждисциплінарним науково-практичним інструментом, який *поєднує фундаментальні знання про природні системи,*

просторово-аналітичні підходи, інформаційні технології та управлінські механізми. Його цінність полягає у забезпеченні системного розуміння стану довкілля, прогнозування змін й ухвалення науково обґрунтованих управлінських рішень.



3* – ієрархічний рівень (пояснення див. Таблиця 1)

Рис. 2. Виміри сучасної наукової картини світу

ТАБЛИЦЯ 1

ІєРАРХІЯ ПІЗНАННЯ У СУЧАСНІЙ НАУКОВІЙ КАРТИНІ СВІТУ: КОНТЕКСТ
МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

№ з/п	Ієрархічний рівень			Класи наук
	Назва	Об'єкт	Предмет	
1.	Процесно-геосферний рівень	Геосфери	Природні (фізичні, хімічні та біогеохімічні) процеси/параметри компонентів	Науки про Землю
2.	Просторово-структурний аналітичний	Геосистеми	Просторова організація	Географічні науки
3.	Функціонально-екосистемний	Екосистеми	Біота і функції	Екологічні науки
4.	Суспільно-управлінський	Суспільство	Управління і вплив	Негеографічні науки
5.	Інформаційно-аналітичний інтеграційний	Дані	Інформаційна інфраструктура	Цифрові науки, напрями та технології
6.	Ціннісно-екосистемний	Цінність	Користь для людини	Екосистемні послуги

Отже, розгляд моніторингу саме через призму означених рівнів й ключових аспектів екологічного мислення XXI століття дозволяє досягнути його **інтегративну роль** як наукового інструменту й цифрової платформи просторового аналізу, а також як механізму управління природними і соціально-економічними процесами. Таке наукове обґрунтування й сучасна логічна вибудова системи моніторингу довкілля добре узгоджується із вимогами *ESG*, *SDGs*, *екосистемного підходу ЄС* й *сучасної геоєкології*, та є каркасом його вивчення.

МОНІТОРИНГ У СИСТЕМІ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ: Інструмент пізнання геосфер НА ПРОЦЕСНО-ГЕОСФЕРНОМУ РІВНІ



Моніторинг спирається на дані таких **наук** як:

- ✓ **ЗЕМЛЕЗНАВСТВО**
- ✓ **ГЕОЛОГІЯ**
- ✓ **ГЕОМОРФОЛОГІЯ**
- ✓ **ГІДРОЛОГІЯ** (з елементами ОКЕАНОЛОГІЇ)
- ✓ **КЛІМАТОЛОГІЯ**
- ✓ **МЕТЕОРОЛОГІЯ**
- ✓ **ГРУНТОЗНАВСТВО**
- ✓ **БІОГЕОГРАФІЯ**
- ✓ **ГЕОЕКОЛОГІЯ**
- ✓ **ЛАНДШАФТОЗНАВСТВО**
- ✓ **ЛАНДШАФТНА ЕКОЛОГІЯ**

На цьому рівні моніторинг **фіксує** фізичні, хімічні та біогеохімічні **параметри компонентів довкілля** – атмосфери, гідросфери, літосфери та ґрунтового покриву

Формують природничо-**наукову основу** для побудови систем спостережень за довкіллям

Виконує інтегруючу **функцію**, об'єднуючи дані та методи наук

Забезпечує емпіричну **основу** для вивчення просторово-часових закономірностей функціонування природних систем геосфер Землі

Завдання моніторингу (на цьому рівні): виявлення закономірностей природної мінливості, особливостей кругообігу речовин та енергії, а також розмежування природних коливань/мінливості, фонових станів та порогових значень, змін

Інструмент пізнання стану, структури та динаміки ГЕОСФЕР, фундаментальна емпірична база

**МОНІТОРИНГ
У СИСТЕМІ ГЕОГРАФІЧНИХ НАУК:
Інструмент
просторової інтерпретації
НА ПРОСТОРОВО-СТРУКТУРНОМУ РІВНІ**



Моніторинг тісно пов'язаний та спирається на положення таких **наук** як:

- ✓ **ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ**
- ✓ **СУСПІЛЬНА (СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА) ГЕОГРАФІЯ**
- ✓ **ЛАНДШАФТОЗНАВСТВО**
- ✓ **РЕГІОНАЛЬНА ГЕОГРАФІЯ**
- ✓ **КОНСТРУКТИВНА (ПРИКЛАДНА) ГЕОГРАФІЯ**
- ✓ **ГЕОГРАФІЧНІ ОСНОВИ ПРОСТОРОВОГО ТА ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ**

На цьому рівні моніторинг (як **просторово-аналітична платформа**) **формує** просторові бази даних, забезпечує територіальний аналіз, є основою для виявлення регіональних особливостей змін довкілля

Формують **просторово-інтегративний зміст** моніторингу, поєднуючи природничі спостереження з аналізом територіальної організації природних і природно-антропогенних систем

Забезпечує територіальну прив'язку даних моніторингу, аналіз просторового поєднання та диференціації (у т.ч. на різних структурно-ієрархічних рівнях) довкіллевих процесів, виявлення регіональних особливостей змін довкілля, їх просторової інтерпретації (моделювання)

Завдання моніторингу: вивчення не лише станів окремих компонентів довкілля, а й структури, функціонування та трансформації геосистем різних рівнів – від локальних ландшафтів до глобальної географічної оболонки

Базовий інструмент просторового аналізу стану та структури природних і антропогенних ГЕОСИСТЕМ

МОНИТОРИНГ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНИХ НАУК: Інструмент функціональної оцінки НА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЕКОСИСТЕМНОМУ РІВНІ



Моніторинг спирається на положення таких **наук** як:

- ✓ ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ
- ✓ ЕКОСИСТЕМНА ЕКОЛОГІЯ
- ✓ БІОЕКОЛОГІЯ (В Т.Ч.
- ✓ ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ ТА
- ✓ ЕКОЛОГІЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ)
- ✓ ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ
- ✓ ЛАНДШАФТНА ЕКОЛОГІЯ
- ✓ ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ

На цьому рівні моніторинг **фіксує** стан біоти, специфіку функціонування екосистем, їх здатність надавати екосистемні послуги

Зосереджується на **взаємодії живих організмів** між собою та з абіотичним середовищем

Виконує перевірку наукових гіпотез про динаміку екосистем, вплив навантажень, реакцію біоти на зміни клімату, землекористування та забруднення

Забезпечує фіксацію екологічних порушень, оцінку втрат або відновлення «природного капіталу»

Завдання моніторингу (на цьому рівні): оцінювання стану біоти, продуктивності екосистем, трофічних зв'язків та біогеохімічних циклів; виявлення змін у структурі угруповань, зменшення або відновлення біорізноманіття, деградації чи стабілізації екосистем; оцінювання стану природних систем через їх здатність підтримувати життєдіяльність людини та біосфери загалом, й надавати екосистемні послуги

Інструмент вивчення функціонування, стійкості та трансформації ЕКОСИСТЕМ під впливом природних і антропогенних чинників, механізм кількісної оцінки

**МОНІТОРИНГ
У СИСТЕМІ НЕГЕОГРАФІЧНИХ НАУК:
Інструмент
міждисциплінарної інтерпретації
НА СУСПІЛЬНО-УПРАВЛІНСЬКОМУ РІВНІ**



Моніторинг тісно пов'язаний та спирається на положення таких **наук** як:

- ✓ **ЕКОНОМІКА (В Т.Ч.**
- ✓ **Е. ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**
- ✓ **ЕКОЛОГІЧНА ЕКОНОМІКА)**
- ✓ **МЕДИЦИНА**
- ✓ **СОЦІОЛОГІЯ**
- ✓ **ПРАВО (В Т.Ч. ЕКОЛОГІЧНЕ)**
- ✓ **ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ**
- ✓ **ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ (В Т.Ч.**
- ✓ **ІНЖЕНЕРІЯ ДОВКІЛЛЯ**
- ✓ **ЕКОТЕХНОЛОГІЇ)**

На цьому рівні моніторинг **слугує підґрунтям** для оцінювання екологічних ризиків, економічних втрат, розробки управлінських рішень, планування територій та політики сталого розвитку

Формує **інформаційну базу** для контролю викидів, безпеки виробництв й екологічної модернізації технологій

Виконує прикладну та аналітичну **функцію**, забезпечуючи оцінювання соціально-економічних і медико-екологічних ризиків змін довкілля та їх наслідків, вартості деградації природних ресурсів й ефективності природоохоронних заходів, а також наукове обґрунтування управлінських і регуляторних рішень

Завдання моніторингу: оцінювання соціальних та економічних наслідків змін довкілля, техногенного навантаження й технологічних впливів, природоохоронних заходів тощо; нормативно-правова підтримка й встановлення екостандартів; забезпечення публічного управління, екологічної безпеки та сталого розвитку

Універсальний інформаційний ресурс інтегрованої міждисциплінарної інтерпретації різних галузей знань та оцінки наслідків діяльності СУСПІЛЬСТВА

МОНІТОРИНГ У СИСТЕМІ ЦИФРОВИХ НАУК, НАПРЯМІВ І ТЕХНОЛОГІЙ: Інструмент цифрового аналізу та інтеграції даних НА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОМУ РІВНІ



Моніторинг тісно пов'язаний та спирається на положення таких **наукових напрямів/технологій** як:

- ✓ **ЦИФРОВА НАУКА**
- ✓ **КАРТОГРАФІЯ**
- ✓ **ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ (ГІС)**
- ✓ **ЦИФРОВА ГЕОЕКОЛОГІЯ;**
- ✓ **ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**
- ✓ **ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ**
- ✓ **ТЕХНОЛОГІЇ BIG DATA**

Формує **інформаційну базу** для цифрового аналізу екосистем, просторового планування та прогнозування екологічних процесів

На цьому рівні моніторинг **поєднує**: • польові вимірювання, супутникові спостереження та комп'ютерні моделі в єдиній аналітичній системі;
• просторові дані, інформаційні технології та аналітичні методи для вивчення й управління природними системами

Забезпечує візуалізацію, інтеграцію, обробку та просторовий аналіз великих масивів моніторингових даних, перетворюючи окремі вимірювання на цілісну картину стану та динаміки геосистем різних таксономічних та ієрархічних рівнів у режимі, наближеному до реального часу

Завдання моніторингу: здійснення безперервних спостережень за станом геосфер у різних просторових і часових масштабах; оперативний аналіз змін, побудова прогнозних моделей і сценаріїв розвитку екосистем; збір, обробка, зберігання та аналіз інформації

Єдина аналітична багаторівнева високотехнологічна інформаційна система візуалізації, інтеграції, просторового аналізу й моделювання ДАНИХ

МОНІТОРИНГ У КОНТЕКСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ: Інструмент інтеграції оцінок НА ЦІННІСНО-ЕКОСИСТЕМНОМУ РІВНІ



Моніторинг тісно пов'язаний та спирається на положення таких **наукових напрямів і концепцій** як:

- ✓ **ЕКОСИСТЕМНА ЕКОЛОГІЯ**
- ✓ **УПРАВЛІННЯ ДОВКІЛЛЯМ ТА ПРИРОДНИМИ РЕСУРСАМИ**
- ✓ **ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ФУНКЦІЙ І ПОСЛУГ**
- ✓ **СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЦСР**
- ✓ **ПЛАНУВАННЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ТА ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ**

Дозволяє **відстежувати** те, як **зміни** в якості води, ґрунтів, рослинності або клімату впливають на здатність екосистем забезпечувати продовольчі, регулювальні, підтримувальні та культурні послуги

На цьому рівні моніторинг **поєднує** системність спостережень за природними процесами з ключовими інструментами управління екосистемними послугами та природним капіталом

Забезпечує основу для ухвалення управлінських рішень на підставі даних про виявлені деградаційні процеси, втрати екосистемних функцій та послуг, зниження якості життя населення задля відновлення деградованих територій, адаптації до змін клімату та зниження екологічних ризиків

Завдання моніторингу: відстеження стану та динаміки екосистем, їхньої продуктивності, здатності до саморегуляції та забезпечення суспільства ресурсами (природним капіталом), кліматичним регулюванням, очищенням води й повітря, збереженням біорізноманіття та культурними цінностями

Інструмент та механізм ЦІННІСНОГО екосистемно орієнтованого УПРАВЛІННЯ, збереження і відновлення природного капіталу та екологічної стійкості територій



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ



КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ

1. Чому зростання антропогенного навантаження на екосистеми зумовлює необхідність розвитку та застосування моніторингу довкілля?
2. Яким чином порушення здатності екосистем надавати екосистемні послуги підсилює актуальність систематичного моніторингу їх стану та функціонування?
3. Чому регіональний і глобальний характер екологічних змін потребує формування цілісної науково обґрунтованої системи моніторингу довкілля?

4. Які ключові природні, соціально-економічні та науково-технологічні передумови зумовили становлення системи моніторингу довкілля як ключового інструменту екологічного управління?
5. У чому полягає сутність інформаційно-спостережного підходу до розуміння суті поняття «моніторинг довкілля»? Які типи екологічних даних він передбачає?
6. Чим системно-екологічний підхід до визначення суті поняття «моніторинг довкілля» відрізняється від фрагментарного збору екологічних даних?
7. Як моніторинг довкілля пов'язаний з аналізом функціонування, стійкості й трансформації геосистем?
8. Яку роль відіграє моніторинг довкілля в системі екологічного управління та ухваленні управлінських рішень на різних ієрархічних рівнях пізнання сучасної наукової картини світу?
9. Як ризик-орієнтований підхід у моніторингу довкілля сприяє своєчасному виявленню екологічних загроз й запобіганню надзвичайним ситуаціям?
10. Чому сучасний моніторинг довкілля розглядають як інтегровану інформаційну систему, а не лише як сукупність спостережень?
11. Які цифрові, геоінформаційні та дистанційні технології забезпечують функціонування сучасних систем моніторингу довкілля?
12. Схарактеризуйте ієрархію пізнання у сучасній науковій картині світу у контексті розгляду та вивчення моніторингу довкілля.



КОНЦЕПТУАЛЬНО-ІНТЕРПРЕТАЦІЙНІ ПИТАННЯ

1. Яку роль відіграє моніторинг довкілля у вивченні стану та динаміки геосфер на процесно-геосферному рівні ієрархії пізнання сучасної наукової картини світу?

2. Чому систематичність і довготривалість спостережень є ключовими вимогами до моніторингу геосферних процесів?
3. Як поєднання різних джерел екологічних даних формує цілісне уявлення про стан і динаміку природних систем?
4. У чому полягає роль моніторингу як інструменту просторової інтерпретації даних в системі географічних наук?
5. Чому просторовий підхід є ключовим для оцінювання регіональних відмінностей стану довкілля?
6. Яким чином результати моніторингу довкілля використовуються у просторовому плануванні та управлінні територіями?
7. У чому полягає роль моніторингу довкілля як інструменту міждисциплінарної інтерпретації в системі негеографічних наук?
8. Як дані моніторингу довкілля застосовуються для обґрунтування управлінських рішень у сфері екологічної безпеки та сталого розвитку?
9. У чому полягає роль моніторингу довкілля як інструменту цифрового аналізу та інтеграції даних у сучасних наукових дослідженнях?
10. Чому цифрові технології (ГІС, ДЗЗ, Big Data, просторове моделювання) є ключовими для розвитку сучасних систем моніторингу довкілля?
11. У чому полягає роль моніторингу довкілля як інструменту функціональної оцінки екосистем?
12. Яким чином дані моніторингу дозволяють оцінювати здатність екосистем надавати екосистемні послуги та підтримувати життєдіяльність людини?
13. Чому оцінювання екосистемних послуг є важливим елементом прийняття рішень у сфері сталого розвитку та природокористування?
14. У який спосіб результати моніторингу довкілля інтерпретуються на різних рівнях наукового пізнання – від емпіричного до системно-ієрархічного?

15. У чому полягає роль моніторингу довкілля як інструменту інтеграції екологічних, соціально-економічних і управлінських оцінок?
16. Як історична еволюція концепцій моніторингу довкілля відображає трансформацію наукової картини світу та підходів до інтерпретації взаємодії суспільства з природними системами?



ІНТЕГРАТИВНІ ПИТАННЯ

1. Як використання цифрових технологій моніторингу (ГІС, дистанційного зондування Землі, Big Data, просторового моделювання) забезпечує поєднання географічної просторово-структурної інтерпретації та екосистемної функціональної оцінки стану й динаміки природних і природно-антропогенних систем?
2. Як результати моніторингу на різних рівнях ієрархії пізнання сучасної наукової картини світу (географічному, екосистемному, цифровому, соціально-управлінському) можна інтегрувати для підтримки ухвалення рішень у сфері сталого розвитку та природокористування?
3. Як ієрархія пізнання у сучасній науковій картині світу визначає роль і функції моніторингу довкілля в системі наук та його інтеграцію між рівнями пізнання?
4. Порівняйте процесно-геосферний та функціонально-екосистемний рівні ієрархії пізнання сучасної наукової картини світу з точки зору: а) об'єкта моніторингу; б) масштабу та просторової організації даних; в) типу показників, що використовуються; г) управлінських рішень, які можуть бути обґрунтовані на основі результатів моніторингу.
Поясніть, у яких випадках який з цих рівнів моніторингу довкілля буде більш доцільним?



СИТУАЦІЙНІ / CASE BASED ПИТАННЯ

СИТУАЦІЯ 1.

У регіоні зафіксовано стає погіршення якості повітря, що супроводжується зростанням захворюваності населення.

Питання:

Які результати моніторингу довкілля та у який спосіб можуть бути інтерпретовані представниками економіки, медицини та публічного управління для формування узгоджених управлінських рішень?

СИТУАЦІЯ 2.

Органи місцевого самоврядування розробляють програму соціально-економічного розвитку громади.

Питання:

Які соціальні, економічні та управлінські аспекти можуть бути обґрунтовані на основі даних екологічного моніторингу на суспільно-управлінському рівні?

СИТУАЦІЯ 3.

Уряд розглядає декілька сценаріїв просторового розвитку території з різним рівнем екологічного навантаження.

Питання:

Як результати моніторингу довкілля використовуються для оцінки ризиків, довгострокових наслідків антропогенного впливу не лише на довкілля, а й на соціальні та управлінські процеси, та на прийняття управлінських рішень у сфері екологічної безпеки та сталого розвитку?

СИТУАЦІЯ 4.

У судовому процесі щодо шкоди довкіллю необхідно довести причинно-наслідкові зв'язки між діяльністю підприємства та негативними соціальними наслідками.

Питання:

Чому дані моніторингу довкілля є важливим інформаційним ресурсом для права, економіки та публічної політики?



CASE ORIENTED ПИТАННЯ

1

Розглядається **річковий басейн середнього розміру**, який охоплює території кількох громад. Територія басейну зазнає впливу:

- сільськогосподарського використання (внесення добрив, зрошення);
- урбанізованих ділянок (надходження побутових та зливових стоків);
- фрагментації природних заплавних екосистем.

Для обґрунтування заходів з екологічного відновлення території громад планується створення **інтегрованої системи моніторингу**.

Питання-завдання:

1. Проаналізуйте та окресліть відмінності між процесно-геосферним і функціонально-екосистемним рівнями ієрархії пізнання сучасної наукової картини світу на прикладі цього кейсу, визначивши:
 - ✓ об'єкти спостереження на кожному рівні;
 - ✓ просторову ієрархію (басейн – суббасейн – локальні ділянки);
 - ✓ типи показників та джерела даних.
2. **Обґрунтуйте**, які завдання вирішує процесно-геосферний рівень моніторингу (просторова організація процесів, зонування, виявлення осередків впливу), а які – функціонально-екосистемний рівень (функціональний стан екосистем, стійкість, екологічні зв'язки).
3. **Запропонуйте** приклади управлінських рішень, що можуть бути прийняті:
 - ✓ виключно на основі даних моніторингу на процесно-геосферному рівні;
 - ✓ виключно на основі даних моніторингу на функціонально-екосистемному рівні;
 - ✓ лише за умови інтеграції обох цих підходів.



Зробіть висновок про те, чому басейновий принцип управління водними ресурсами потребує поєднання процесно-геосферного та функціонально-екосистемного рівнів моніторингу.

2

Розглядається **урбоекосистема великого міста з прилеглими приміськими зеленими смугами та річковим басейном**, де спостерігаються: зниження якості води та повітря, скорочення площ зелених насаджень, деградація природних територій та шкідливий вплив на здоров'я населення.

Місцеві органи влади планують програму сталого розвитку та відновлення екосистемних послуг.



2.1 Ситуація.

Місто хоче об'єднати дані з екологічного моніторингу, соціально-економічних досліджень і оцінки управлінських стратегій.

Питання:

Як моніторинг довкілля на ціннісно-екосистемному рівні може інтегрувати ці дані для підтримки й ухвалення належних рішень?

2.2. Ситуація.

Необхідно визначити, які екосистемні послуги постраждали найбільше через урбанізацію та забруднення.

Питання:

Які типи екосистемних послуг (забезпечувальні, регулювальні, підтримувальні, культурні) можна оцінити на основі даних моніторингу у цьому кейсі?



2.3. Ситуація.

Місцевий уряд розробляє стратегію інформування мешканців про те, як стан природи впливає на якість їхнього життя та стан здоров'я.

Питання:

Як результати моніторингу дозволяють пов'язати стан екосистем і їх функціонування із користю для людини та суспільства?



2.4. Ситуація.

Розробляються програми збереження та відновлення міських і прилеглих природних територій.

Питання:

Чому оцінювання екосистемних послуг є важливим для планування сталого розвитку та обґрунтування стратегій природокористування?



2.5. Ситуація.

Планується відновлення деградованого парку та річкових заплав на території міста.

Питання:

Як моніторинг довкілля сприяє збереженню природного капіталу та обґрунтуванню стратегій відновлення урбоекосистем?



ІНТЕГРАТИВНЕ ПІДСУМКОВЕ ПИТАННЯ

Шляхом синтезу знань про ієрархічні рівні пізнання у сучасній науковій картині світу, поєднання цифрових (результати просторового аналізу і візуалізації), географічних та екосистемних даних (про стан і функціонування екосистем), результатів міждисциплінарної інтерпретації на суспільно-управлінському рівні, поясніть, як цифрові технології моніторингу забезпечують інтеграцію просторово-структурної географічної інформації та функціональної оцінки екосистем для підтримки прийняття рішень у сфері управління довкіллям та досягнення цілей сталого розвитку?



РОЗДІЛ II



МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ФУНКЦІЇ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Сутність моніторингу довкілля як **системного інструменту наукового пізнання та управління природокористуванням** розкривається через визначення його цільових орієнтирів, змістового наповнення та функціонального призначення у сучасній системі екологічних знань і практик (рис. 3).

Цьому сприяє також встановлення та послідовне розкриття мети моніторингу довкілля, його ключових завдань та базових функцій, що визначають роль моніторингових систем у забезпеченні екологічної безпеки, оцінюванні стану й динаміки природних і природно-антропогенних систем, а також у підтримці прийняття управлінських рішень на різних рівнях.



Рис. 3. КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ЯК ІНСТРУМЕНТУ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯМ

2.1.

МЕТА МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Визначення та формулювання мети моніторингу довкілля є ключовим *етапом формування* цілісного уявлення про його зміст, спрямованість і роль у сучасній системі наукового пізнання та екологічного управління. Саме через чітке окреслення мети моніторингу *розкривається* його призначення як інструменту отримання об'єктивної інформації про стан і динаміку довкілля та забезпечення науково обґрунтованих управлінських рішень у сфері природокористування.

Мета моніторингу довкілля має багатовимірний характер (рис. 4) і поєднує *пізнавальну, діагностичну/аналітичну, прогностичну та управлінську складові*, забезпечуючи зв'язок між науковими знаннями, цифровими технологіями та практикою екологічного управління в умовах зростаючого антропогенного навантаження на природні системи

Мета моніторингу довкілля полягає у систематичному отриманні, узагальненні та інтерпретації достовірної інформації про стан, динаміку та тенденції змін природних і природно-антропогенних систем з метою *наукового пізнання* процесів, що відбуваються у довкіллі, та забезпечення обґрунтованого управління природокористуванням.

У науковому вимірі моніторинг довкілля спрямований на **виявлення** закономірностей функціонування геосфер, геосистем і екосистем, **встановлення** причинно-наслідкових зв'язків між природними процесами та антропогенними впливами, а також на **формування цілісного уявлення** про просторово-часову організацію довкілля у контексті сучасної наукової картини світу.



Рис. 4. БАГАТОВИМІРНІСТЬ ХАРАКТЕРУ МЕТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

У прикладному та управлінському аспектах мета моніторингу полягає у **забезпеченні своєчасного виявлення** негативних змін стану довкілля, **оцінюванні** екологічних ризиків і загроз, **прогнозуванні** можливих сценаріїв розвитку природних та соціо-екологічних процесів, а також у **підтримці ухвалення** управлінських **рішень** на локальному, регіональному, національному й глобальному рівнях.

Важливою складовою мети сучасного моніторингу довкілля є **оцінювання здатності екосистем зберігати свої функції та надавати екосистемні послуги**, що забезпечують добробут людини і сталість розвитку суспільства. У цьому контексті моніторинг виступає *інструментом інтеграції екологічних, соціально-економічних і просторових оцінок, орієнтованих на збереження природного капіталу та реалізацію принципів сталого розвитку.*

Тезово розглянемо структурований вище перелік складових мети моніторингу довкілля, який прямо «зчитується» з його сутності, та чітко узгоджується із поданою вище логікою рівнів пізнання та наукової картини світу (див. Розділ I).

ПІЗНАВАЛЬНА СКЛАДОВА МЕТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Пізнавальна складова полягає у:

- отриманні об'єктивних і науково верифікованих знань про стан, структуру (рис. 5) та динаміку компонентів довкілля і геосистем;
- виявленні просторово-часових закономірностей природних і природно-антропогенних процесів у геосферах, геосистемах та екосистемах;
- ідентифікації змін і трендів у функціонуванні природних систем під впливом природних та антропогенних чинників;
- поглибленні розуміння механізмів взаємодії між компонентами довкілля на різних ієрархічних рівнях організації;
- формуванні цілісної наукової картини стану довкілля на основі інтеграції багаторівневих моніторингових даних;
- забезпеченні наукової основи для подальшого аналізу, прогнозування та інтерпретації екологічних процесів і явищ.



Рис. 5. СТРУКТУРА ЛАНДШАФТНИХ КОМПЛЕКСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ [6]

ДІАГНОСТИЧНА СКЛАДОВА МЕТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Діагностична складова мети спрямована на:

- своєчасне виявлення відхилень стану довкілля від природних або нормативно допустимих параметрів;
- ідентифікацію джерел, масштабів та інтенсивності антропогенного впливу (рис. 6);
- оцінювання ступеня деградації, порушення або стабілізації природних і природно-антропогенних систем;
- визначення екологічних ризиків і загроз для екосистем, населення та природних ресурсів;
- забезпечення наукового підґрунтя для екологічного контролю та оцінювання ефективності природоохоронних заходів у ландшафтних комплексах (ЛК).

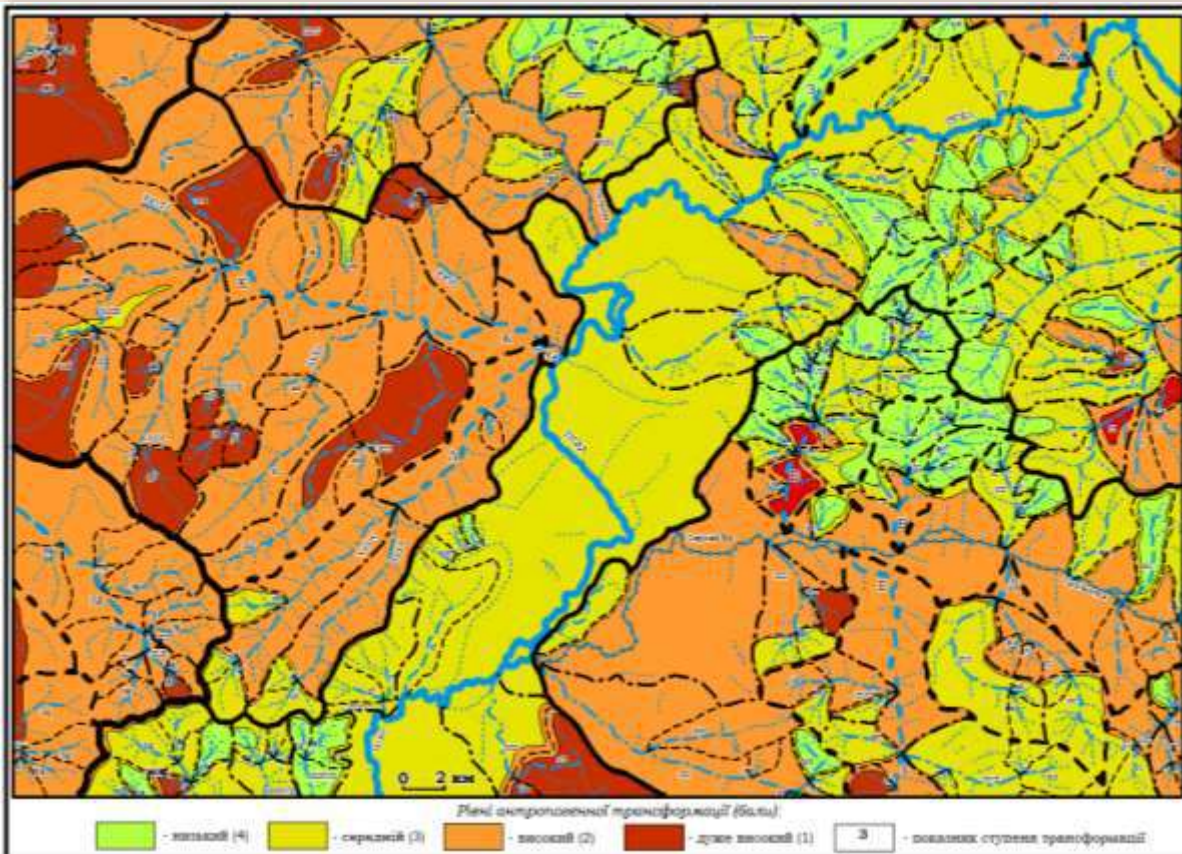


Рис. 6. АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ БАСЕЙНОВИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ЛІСОСТЕПОВИХ ЛК ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ (ФРАГМЕНТ) ^[6]

ПРОГНОСТИЧНА СКЛАДОВА МЕТИ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Прогностична складова мети полягає у:

- прогнозуванні можливих змін стану довкілля та розвитку природних і соціо-екологічних процесів;
- оцінюванні ймовірних сценаріїв трансформації екосистем під впливом різних чинників;
- передбаченні виникнення кризових екологічних ситуацій (рис. 7) і надзвичайних подій;
- обґрунтуванні довгострокових прогнозів у контексті змін клімату, землекористування та антропогенного навантаження;
- забезпеченні наукової основи для планування заходів адаптації та відновлення природних систем.

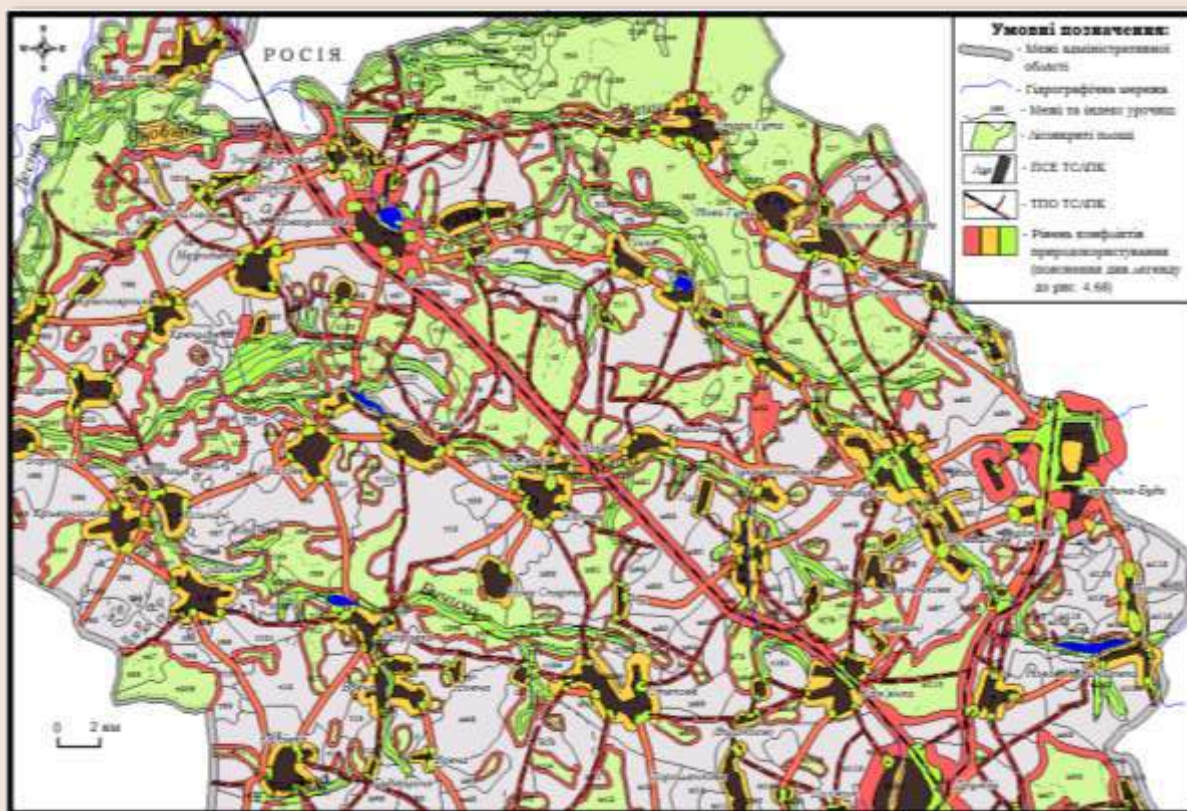


Рис. 7. Конфлікти природокористування ділянки дослідження мшанолісових комплексів території Лівобережної України (фрагмент) [6]

УПРАВЛІНСЬКА СКЛАДОВА МЕТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Управлінська складова мети спрямована на:

- інформаційне забезпечення процесів ухвалення управлінських рішень у сфері охорони довкілля та природокористування;
- формування обґрунтованої екологічної політики на локальному, регіональному та національному рівнях;
- оцінювання ефективності управлінських, планувальних і природоохоронних заходів;
- підтримку реалізації принципів сталого розвитку та екосистемного підходу;
- інтеграцію результатів моніторингу у системи стратегічного планування, просторового розвитку (рис. 8) та управління природним капіталом.

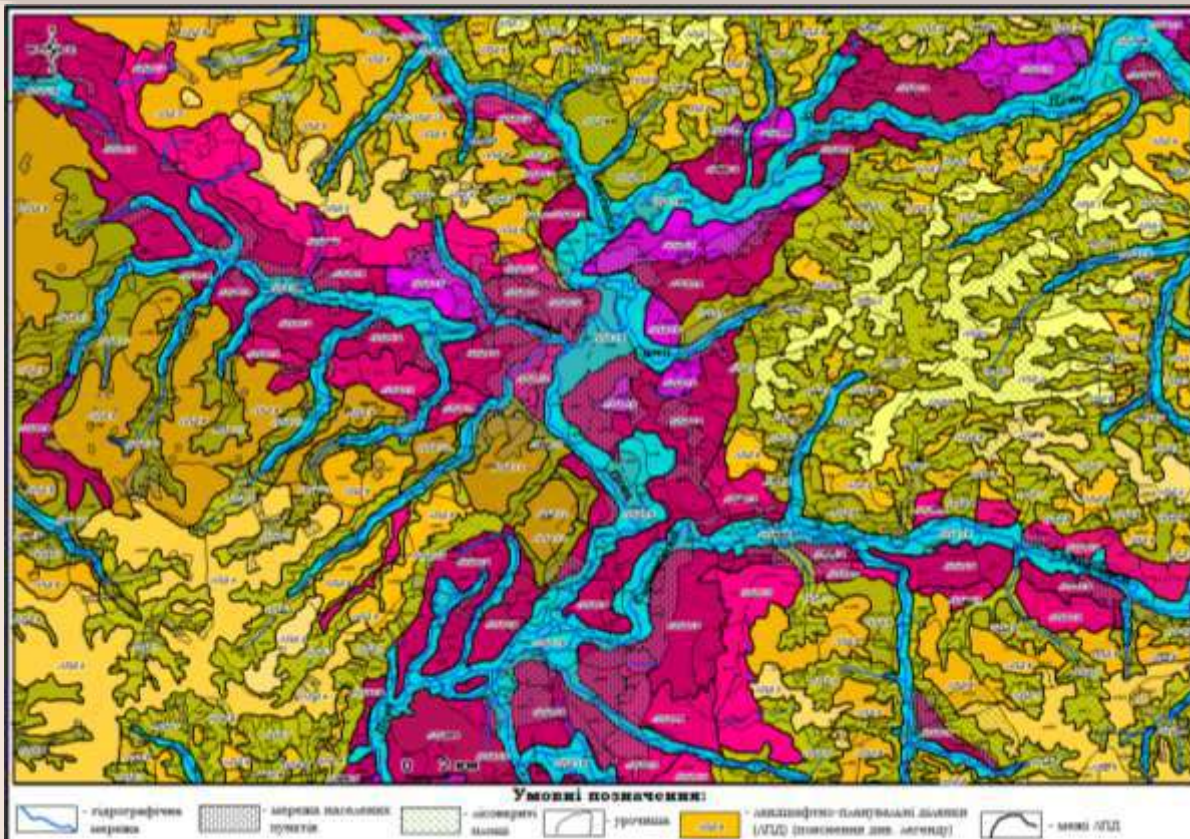


**Рис. 8. ГОРИЗОНТАЛЬНА СТРУКТУРА ТАКСОНОМІЧНИХ ОДИНИЦЬ
ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНУ ДІЛЯНКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІСОСТЕПОВИХ
КОМПЛЕКСІВ ТЕРИТОРІЇ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ (ФРАГМЕНТ) [6]**

2.2.

КЛЮЧОВІ ЗАВДАННЯ МОНИТОРИНГОВИХ СИСТЕМ

Ключові завдання моніторингових систем формуються як похідні від мети моніторингу довкілля (див. підрозділ 2.1) та відображають практичні напрями її реалізації у сфері геоекологічних досліджень, управління природокористуванням і забезпечення екологічної безпеки.

Ключові завдання моніторингових систем **охоплюють сукупність** взаємопов'язаних дій (рис. 9), спрямованих на систематичне спостереження за станом компонентів довкілля, виявлення закономірностей їх змін, оцінювання наслідків антропогенного впливу та інформаційне забезпечення процесів прийняття управлінських рішень.

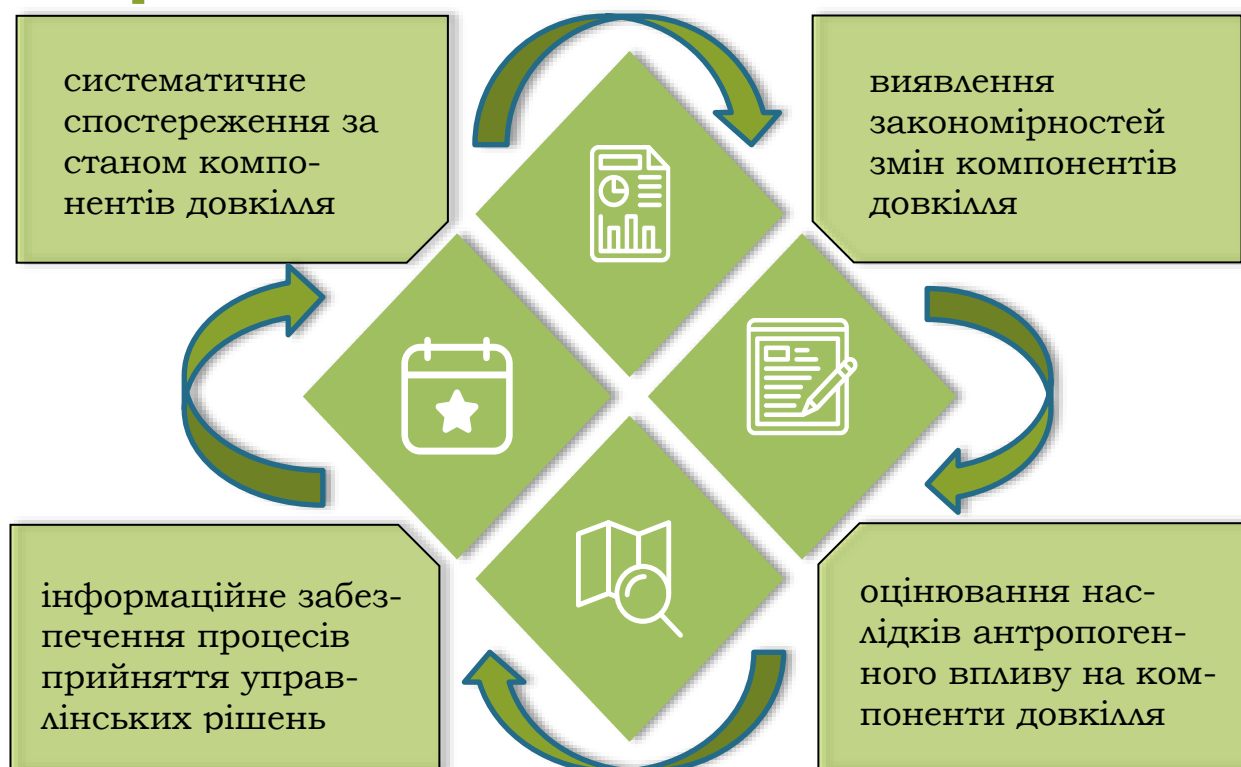


Рис. 9. КЛЮЧОВІ ЗАВДАННЯ МОНИТОРИНГОВИХ СИСТЕМ

До основних завдань моніторингових систем належать:

- ✓ **збирання, накопичення та систематизація екологічної інформації** про стан атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, біоти та ландшафтних комплексів у цілому;
- ✓ **виявлення просторово-часових змін** природних і природно-антропогенних систем, встановлення тенденцій їх розвитку та ступеня стабільності або деградації;
- ✓ **оцінювання рівня антропогенного навантаження** та його впливу на функціонування екосистем, зокрема через аналіз джерел забруднення, масштабів трансформації територій і порушення природних процесів;
- ✓ **ідентифікація екологічних ризиків і загроз**, включно з раннім виявленням кризових, небезпечних або передкризових станів довкілля;
- ✓ **формування інформаційної основи для прогнозування** можливих змін стану довкілля та наслідків реалізації господарських, інфраструктурних чи природоохоронних рішень;
- ✓ **забезпечення наукового супроводу управлінських рішень** у сфері охорони довкілля, територіального планування, екологічної політики та сталого розвитку;
- ✓ **підтримка екологічного контролю та оцінювання ефективності природоохоронних заходів**, програм відновлення та регулювання природокористування.

Таким чином, завдання моніторингових систем мають комплексний характер і поєднують пізнавальні, оцінювальні, аналітичні та прикладні **аспекти**, що забезпечує інтеграцію моніторингу довкілля у сучасну систему екологічних знань і практик управління.

Для системного узагальнення ролі та призначення моніторингових систем доцільно розглянути їх ключові завдання у взаємозв'язку з основними функціями пізнання та управління станом довкілля.

КЛЮЧОВІ ЗАВДАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ СИСТЕМ ЯК ПРОЯВ ЇХ ФУНКЦІЙ

Інформаційна функціональна ознака моніторингу

- ✓ Збирання первинних даних про стан компонентів довкілля (повітря, вод, ґрунтів, біоти) та ландшафтів у цілому.
- ✓ Накопичення, зберігання та систематизація моніторингової інформації.
- ✓ Забезпечення порівнянності даних у просторі та часі.
- ✓ Формування інформаційних баз і масивів екологічних даних для подальшого аналізу

Діагностична функціональна ознака моніторингу

- ✓ Виявлення просторово-часових змін стану довкілля та природних систем.
- ✓ Ідентифікація відхилень від фонових або нормативних показників.
- ✓ Оцінювання ступеня антропогенного навантаження та трансформації геосистем.
- ✓ Виявлення кризових, передкризових і деградаційних станів природних і природно-антропогенних систем.

Прогностична функціональна ознака моніторингу

- ✓ Встановлення тенденцій і закономірностей розвитку екологічних процесів.
- ✓ Прогнозування можливих змін стану довкілля за різних сценаріїв природного та антропогенного впливу.
- ✓ Оцінювання екологічних ризиків і ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій.
- ✓ Наукове обґрунтування сценаріїв розвитку екосистем і територій.

Управлінська функціональна ознака моніторингу

- ✓ Забезпечення інформаційної підтримки процесів прийняття управлінських рішень.
- ✓ Обґрунтування заходів з охорони довкілля, регулювання природокористування та відновлення екосистем.
- ✓ Оцінювання ефективності природоохоронних програм і управлінських рішень.
- ✓ Підтримка розроблення політик сталого розвитку, територіального планування та екологічної безпеки.

Отже, поділ завдань моніторингових систем за функціональними ознаками дозволяє розкрити їх комплексний характер і підкреслити роль моніторингу як інтегрованого інструменту наукового пізнання, оцінювання та управління станом довкілля.

Разом з тим, відповідно до запропонованих та розглянутих у Розділі I рівнів пізнання у сучасній науковій картині світу зробимо **узгодження функцій → завдань моніторингу → та**

шести рівнів пізнання, які ми послідовно використали вище (див. підрозділ 1.3) (таблиця 2).

ТАБЛИЦЯ 2

УЗГОДЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ ЗАВДАНЬ МОНИТОРИНГОВИХ СИСТЕМ З РІВНЯМИ ПІЗНАННЯ СУЧАСНОЇ НАУКОВОЇ КАРТИНИ СВІТУ

Рівень пізнання	Домінуючі функції моніторингу	Ключові завдання моніторингових систем на відповідному рівні
Процесно-геосферний	Інформаційна Діагностична	✓ Спостереження за природними процесами в межах геосфер (атмосфери, гідросфери, літосфери, педосфери, біосфери). ✓ Фіксація базових фізико-хімічних параметрів довкілля. ✓ Виявлення природних і антропогенно зумовлених змін геосферних процесів
Просторово-структурний аналітичний	Інформаційна Діагностична Прогностична	✓ Аналіз просторової організації геосистем і ландшафтів. ✓ Виявлення територіальних відмінностей стану довкілля. ✓ Картографування та просторове моделювання екологічних процесів. ✓ Оцінювання регіональних тенденцій змін природного середовища
Функціонально-еко-системний	Діагностична Прогностична	✓ Оцінювання стану та функціонування екосистем. ✓ Аналіз біорізноманіття, продуктивності, трофічних зв'язків і біогеохімічних циклів. ✓ Виявлення напрямів деградації або відновлення екосистем. ✓ Прогнозування змін екосистемної стійкості
Суспільно-управлінський	Управлінська Прогностична	✓ Оцінювання соціально-економічних та управлінських наслідків змін довкілля. ✓ Обґрунтування управлінських рішень у сфері екологічної безпеки та сталого розвитку. ✓ Підтримка екополітики, просторового планування та регулювання природокористування

ЗАКІНЧЕННЯ ТАБЛИЦІ 2

Рівень пізнання	Домінуючі функції моніторингу	Ключові завдання моніторингових систем на відповідному рівні
Інформаційно-аналітичний інтеграційний	Інформаційна Прогностична Управлінська	✓ Інтеграція різномірних моніторингових даних у єдині інформаційні системи. ✓ Застосування ГІС, ДЗЗ, Big Data та просторового моделювання. ✓ Забезпечення оперативного аналізу та візуалізації результатів моніторингу. ✓ Підтримка міжрівневої інтеграції даних і знань
Ціннісно-екосистемний	Діагностична Управлінська	✓ Оцінювання здатності екосистем надавати екосистемні послуги. ✓ Інтеграція екологічних, соціально-економічних та управлінських оцінок. ✓ Визначення втрат або відновлення природного капіталу. ✓ Обґрунтування стратегій сталого розвитку та відновлення екосистем

Таким чином, завдання моніторингових систем реалізуються не ізольовано одне від іншого, а послідовно й ієрархічно – від фіксації процесів у геосферах до інтеграції екологічних оцінок у площині цінностей, сталого розвитку та управління природним капіталом.

З метою цілісного осмислення ролі моніторингових систем у сучасних геоекологічних дослідженнях доцільно застосовувати інтегративний підхід до представлення їх ключових завдань. Такий підхід передбачає поєднання рівнів наукового пізнання сучасної картини світу, функцій моніторингу та конкретних його завдань у межах єдиної логічно впорядкованої «структури», що відображає послідовність переходу від отримання первинної інформації до її аналітичної інтерпретації та використання у процесах прогнозування й управління.

Інтегративний підхід, охоплюючи окремі аспекти моніторингової діяльності, та відносно яких виконуючи

інтегративну й систематизуючу функції, може бути представлений у вигляді інфографіки (рис. 10). Остання забезпечує узгоджене відображення рівнів пізнання наукової картини світу (кожному рівню відповідає кожен наступний щабель «піраміди»), функцій і завдань моніторингових систем у межах єдиної наочної моделі. Ядром цієї моделі є моніторинг як система, а кожен наступний «крок назовні» відбувається по шляху ускладнення й зростання управлінської «ваги».



**РИС.10. ІНТЕГРАТИВНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ КЛЮЧОВИХ ЗАВДАНЬ
МОНИТОРИНГОВИХ СИСТЕМ**

Кожен наступний щабель цієї піраміди – це поєднання:

- ✓ **Рівня пізнання** наукової картини світу (процесно-геосферного → просторово-структурного → функціонально-екосистемного → соціально-управлінського);
- ✓ **Функції моніторингу** (інформаційної → діагностичної → прогностичної → управлінської);
- ✓ **Ключового завдання** відповідного рівня.

Запропонована структурно-логічна модель відображає ієрархічний та взаємопов'язаний характер елементів

моніторингової діяльності, демонструючи трансформацію загальнотеоретичних функцій моніторингу у конкретні прикладні завдання та практичні механізми їх реалізації. Це забезпечує перехід від фрагментарного **сприйняття моніторингу**, як сукупності окремих процедур, до його розуміння як *цілісної системи наукового пізнання та інструменту обґрунтованого управління станом довкілля*.

У цій пірамідальній моделі **ядром** виступає моніторингова система, яка інтегрує всі рівні та функції, відображені на інших щабелях, й виконує роль центру пізнання та управління.

Функція **збору та акумуляції даних** відповідає процесно-геосферному рівню, де ключове завдання інформаційної функції полягає у систематичному отриманні та накопиченні даних про стан компонентів довкілля.

Аналіз та інтерпретація даних найбільш характерні для просторово-структурного рівня, на якому основним завданням діагностичної функції моніторингу є оцінка стану довкілля та виявлення закономірностей його формування і функціонування.

Прогнозування змін та оцінка ризиків властиві функціонально-екосистемному рівню, де ключовим завданням прогностичної функції є визначення можливих змін у довкіллі та оцінювання екологічних ризиків.

Вершину піраміди увінчує **управління станом довкілля** на соціально-управлінському рівні пізнання наукової картини світу, де ключовим завданням управлінської функції є реалізація управлінських рішень.

Практична реалізація функціональних ознак та **завдань** моніторингу довкілля проявляється на різних рівнях пізнання, де змінюються масштаби дослідження, характер самих завдань та способи використання отриманої інформації. Кожен із рівнів відображає певний етап переходу від безпосереднього спостереження за природними процесами до інтегрованого аналізу екологічної інформації та прийняття управлінських рішень. Це можна проілюструвати на **прикладах застосування моніторингових досліджень** у різних геосистемах.

На *процесно-геосферному рівні* основна увага зосереджується на безперервному спостереженні за природними процесами та фіксації змін у компонентах довкілля. Тут домінують інформаційна та діагностична функції моніторингу, а ключовим завданням є систематичний збір і накопичення первинних даних.

Наприклад, у межах річкового басейну здійснюються регулярні гідрологічні та гіdroхімічні спостереження: вимірюється рівень і витрати води, температура, вміст розчиненого кисню, концентрація біогенних елементів і забруднюючих речовин.

Такі спостереження дають змогу своєчасно виявляти зміни у водному режимі річки, встановлювати джерела забруднення та оцінювати вплив господарської діяльності на водні ресурси.



На *просторово-структурному аналітичному рівні* моніторинг спрямований на дослідження просторової організації геосистем і територіальних відмінностей у стані довкілля. Тут поєднуються інформаційна, діагностична та прогностична функції.

Наприклад, у межах міста здійснюється аналіз просторового розміщення зелених насаджень, транспортної інфраструктури, промислових зон і житлової забудови. Використання геоінформаційних систем та картографічних методів дозволяє визначити території з підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря, дефіцитом зелених зон або підвищеним шумовим навантаженням, а також прогнозувати можливі екологічні ризики внаслідок подальшого розвитку міської території.



На *функціонально-екосистемному рівні* моніторинг орієнтований на дослідження стану та функціонування природних екосистем, їхньої продуктивності, біорізноманіття та стійкості до антропогенних впливів. На цьому рівні домінують діагностична та прогностична функції моніторингу.

Наприклад, у межах територіальної громади може здійснюватися моніторинг стану лісових і водних екосистем: оцінюється видовий склад рослинності, стан ґрунтів, структура біоценозів, поширення інвазійних видів, а також рівень антропогенного навантаження. На основі таких досліджень прогнозується можливість деградації екосистем, зниження їхньої біопродуктивності або втрати біорізноманіття.

На *суспільно-управлінському рівні* результати моніторингових досліджень використовуються для обґрунтування управлінських рішень у сфері природокористування та забезпечення екологічної безпеки. Тут переважають управлінська та прогностична функції.



Наприклад, органи місцевого самоврядування можуть використовувати результати моніторингу під час розроблення програм охорони довкілля, планування заходів з озеленення міста, оптимізації транспортних потоків або впровадження сучасних систем очищення стічних вод. Таким чином, моніторинг стає важливим інструментом підтримки екологічно обґрунтованих управлінських рішень.

На *інформаційно-аналітичному інтеграційному рівні* відбувається поєднання різних джерел екологічної інформації та їх комплексний аналіз. Тут реалізуються інформаційна, прогностична та управлінська функції моніторингу.

Наприклад, для великого міста або річкового басейну можуть створюватися інтегровані системи моніторингу, які об'єднують дані автоматизованих станцій спостереження, дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем і статистичних баз даних. Завдяки такій інтеграції стає можливим оперативний аналіз екологічної ситуації, моделювання сценаріїв розвитку та прогнозування потенційних екологічних ризиків.

Найвищий рівень узагальнення представлений *ціннісно-екосистемним рівнем*, на якому результати моніторингу використовуються для оцінки екосистемних послуг і природного капіталу. Тут домінують діагностична та управлінська функції.

Наприклад, у межах річкового басейну або територіальної громади може проводитися оцінка таких екосистемних послуг, як очищення води природними екосистемами, регулювання мікроклімату зеленими насадженнями, рекреаційна цінність природних територій. Отримані результати використовуються під час стратегічного планування розвитку територій, визначення пріоритетів охорони природи та формування довгострокової екологічної політики.



Таким чином, на різних рівнях пізнання моніторинг довкілля виконує різні функції та завдання, має різні ознаки, поступово переходячи **від** спостереження за природними процесами **до** комплексного аналізу екологічної інформації, прогнозування змін і прийняття управлінських рішень, спрямованих на забезпечення сталого розвитку територій.

Отже, моніторинг, перш за все, спрямований на виявлення та контроль змін у природі, зумовлених діяльністю людини, що можна відобразити у вигляді схеми структури моніторингу довкілля (рис. 11).



Рис. 11. СХЕМА СТРУКТУРИ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ [7]

2.3.

ІНФОРМАЦІЙНА, ДІАГНОСТИЧНА, ПРОГНОСТИЧНА ТА УПРАВЛІНСЬКА ФУНКЦІЇ МОНІТОРИНГУ

Функціональне призначення моніторингу довкілля розкривається через сукупність взаємопов'язаних функцій, що відображають основні напрями його ролі у системі наукового пізнання стану довкілля та управління природокористуванням. Кожна з **функцій моніторингу довкілля** (рис. 12) – **інформаційна, діагностична, прогностична та управлінська** – характеризує окремий аспект перетворення екологічних даних у науково обґрунтовані висновки та практично значущі рішення, забезпечуючи послідовний перехід від спостереження до оцінювання, прогнозування та регулювання стану природних і природно-антропогенних систем. Їх послідовне розкриття дозволяє системно представити логіку функціонування моніторингових систем у сучасних геоекологічних дослідженнях і практиці екологічного управління.

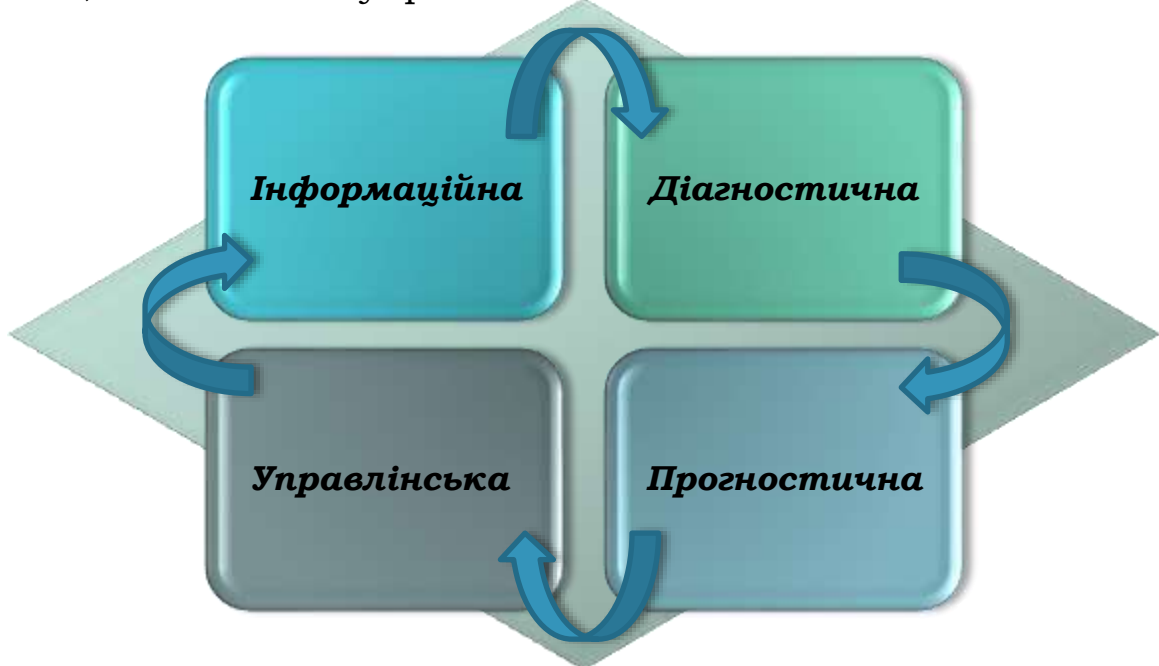
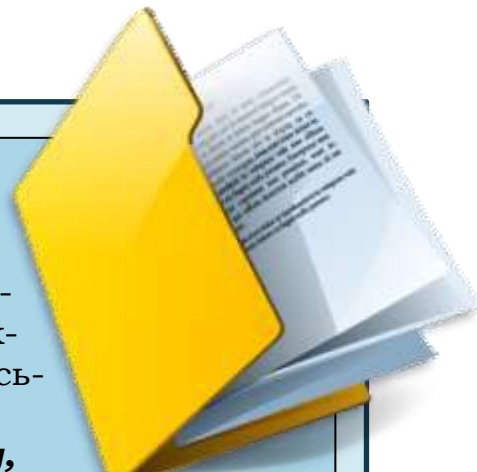


Рис. 12. Функції моніторингу як окремі аспекти перетворення екологічних даних на належні висновки та рішення

ІНФОРМАЦІЙНА ФУНКЦІЯ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Інформаційна функція є базовою системоутворювальною функцією моніторингу довкілля, оскільки саме вона забезпечує формування емпіричного та аналітичного підґрунтя для реалізації всіх інших функцій (діагностичної, прогностичної, управлінської, превентивної тощо).

Її зміст полягає у **цілеспрямованому, стандартизованому та безперервному отриманні (зборі), накопиченні, обробці, верифікації та інтеграції даних** про стан природних, природно-антропогенних і соціально-економічних систем на різних рівнях пізнання (процесно-геосферному, просторово-структурному, функціонально-екосистемному, суспільно-управлінському, інформаційно-аналітичному та ціннісно-екосистемному). Забезпечує науково обґрунтовану основу для розуміння динаміки та закономірностей функціонування екосистем, геосфер та взаємодії суспільства з природою.



Ключові характеристики інформаційної функції:

- 1) **Системність** – охоплення компонентів довкілля у їх тісному взаємозв'язку.
- 2) **Регулярність і повторюваність** спостережень – можливість виявлення трендів і динаміки.
- 3) **Порівнянність даних у просторі й часі** – через стандартизацію методик.
- 4) **Верифікованість та достовірність** – застосування методів контролю якості.
- 5) **Інтегративність** – об'єднання різномірних даних у єдині інформаційні системи.
- 6) **Масштабність** – охоплення від локального до глобального рівня.

Інформаційна функція **реалізується** шляхом застосування таких **інструментів** як:

- ✓ систематичні інструментальні спостереження (польові вимірювання, дистанційне зондування Землі, автоматизовані сенсорні мережі);
- ✓ лабораторні дослідження;
- ✓ статистичний облік;
- ✓ геоінформаційне картографування;
- ✓ формування банків та баз даних;
- ✓ стандартизація та уніфікація показників відповідно до міжнародних протоколів.



Міжрівнева реалізація інформаційної функції

Інформаційна функція охоплює всі рівні пізнання сучасної наукової картини світу шляхом:

- ✓ **Процесно-геосферний рівень** – фіксації фізичних, хімічних і біогеохімічних процесів у межах геосфер (атмосфери, гідросфери, літосфери, біосфери).
- ✓ **Просторово-структурний рівень** – виявлення територіальної організації явищ, зонування, класифікації ландшафтних структур, картографування.
- ✓ **Функціонально-екосистемний рівень** – оцінки стану екосистем, їх стійкості, продуктивності, біорізноманіття, потоків речовини та енергії.
- ✓ **Суспільно-управлінський рівень** – фіксації антропогенних навантажень, екологічних ризиків, відповідності нормативам.
- ✓ **Інформаційно-аналітичний рівень** – формування інтегральних показників, індексів, трендів, цифрових моделей.
- ✓ **Ціннісно-екосистемний рівень** – забезпечення інформаційної основи для оцінки екосистемних послуг та визначення пріоритетів охорони довкілля.

Таким чином, інформаційна функція забезпечує **вертикальну інтеграцію знань** – **від** фіксації процесів **до** формування стратегічних управлінських рішень.



Методологічне значення інформаційної функції:

- ✓ формує емпіричну базу для наукових узагальнень;
- ✓ забезпечує перехід від описового до пояснювального і прогностичного рівня досліджень;
- ✓ є передумовою *моделювання та сценарного аналізу*;
- ✓ створює інформаційну основу екологічної політики та *сталого розвитку*.



Без належної реалізації інформаційної функції моніторинг втрачає системність і перетворюється на фрагментарний збір даних, що не забезпечує формування цілісної картини взаємодії суспільства і природи.



Таким чином, інформаційна функція моніторингу довкілля – це системоутворювальна діяльність, спрямована на отримання, стандартизацію, інтеграцію та інтерпретацію даних про стан і динаміку природних та природно-антропогенних систем, що забезпечує науково обґрунтовану основу для діагностики, прогнозування та управління екологічними процесами.

ДІАГНОСТИЧНА ФУНКЦІЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Діагностична функція моніторингу довкілля полягає у науково обґрунтованій **інтерпретації та аналітичному оцінюванні** отриманої моніторингової інформації з метою визначення фактичного стану природних, природно-антропогенних і соціально-економічних систем, окремих компонентів, виявлення відхилень від природних або нормативно допустимих параметрів, проблемних зон, визначення рівня стійкості і продуктивності екосистем, а також ідентифікації причин і механізмів їх змін.

На цьому рівні відбувається оцінка як природних процесів (наприклад, гідрологічних, геофізичних), так і соціо-економічних впливів на довкілля.



ideas
SHINE THROUGH

На відміну від інформаційної функції, що забезпечує накопичення даних, діагностична функція реалізує їх змістовне осмислення, перетворюючи масив спостережень у систему наукових висновків про стан і функціонування довкілля.

Основні змістові напрями діагностичної функції:

- ✓ оцінювання екологічного **стану** компонентів довкілля (атмосфери, вод, ґрунтів, біоти);
- ✓ визначення рівня антропогенного **навантаження** та наслідків його зростання;
- ✓ виявлення просторових контрастів і **проблемних** територій;
- ✓ встановлення ступеня **порушення** природних процесів (рис. 13) й екосистемних функцій;
- ✓ оцінювання **стійкості, продуктивності** та відновлюваності екосистем;
- ✓ ідентифікація джерел і факторів **негативних змін**;
- ✓ визначення **рівнів** екологічного ризику та небезпеки.

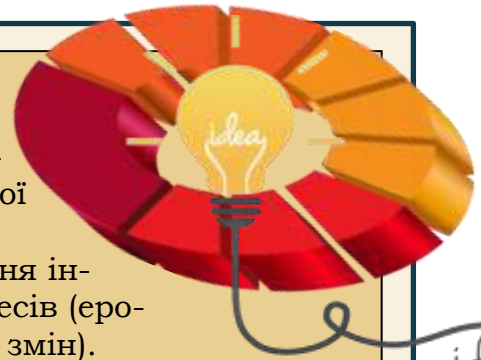
Таким чином, діагностична функція забезпечує перехід від фіксації стану до **пояснення його причинно-наслідкової зумовленості**.

Міжрівнева реалізація діагностичної функції

Діагностична інтерпретація здійснюється на всіх рівнях пізнання сучасної наукової картини світу шляхом:

- ✓ **Процесно-геосферний рівень** – оцінювання інтенсивності та порушень природних процесів (ерозії, забруднення, деградації, гідрологічних змін).
- ✓ **Просторово-структурний рівень** – виявлення територіальних аномалій, зон ризику, екологічно напружених регіонів (див. рис. 13).
- ✓ **Функціонально-екосистемний рівень** – визначення стану екосистем, їх стійкості, продуктивності, трофічних зв'язків.
- ✓ **Суспільно-управлінський рівень** – оцінювання відповідності екологічних параметрів нормативам, стандартам, цілям політики.
- ✓ **Інформаційно-аналітичний рівень** – формування індикаторів стану, індексів якості довкілля, інтегральних оцінок.
- ✓ **Ціннісно-екосистемний рівень** – оцінювання порушення екосистемних послуг й екологічної цінності територій.

У цьому контексті діагностична функція забезпечує **вертикальну інтерпретаційну інтеграцію** – від аналізу процесів до оцінки їх значення для суспільства.



ideas
SHINE THROUGH

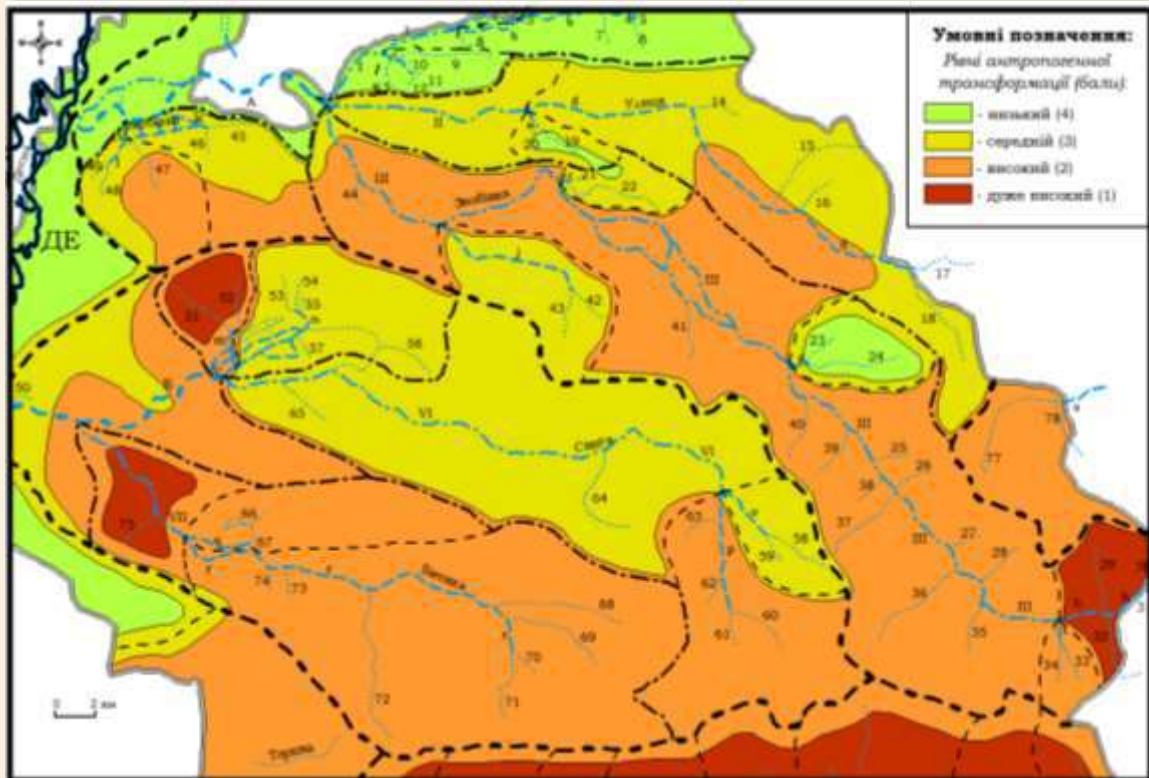


**Рис. 13. АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ БАСЕЙНОВИХ
ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ МОДЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ДОСЛІДЖЕННЯ
МІШАНОЛІСОВИХ КОМПЛЕКСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ (ФРАГМЕНТ) ^[6]**

Методи реалізації діагностичної функції

- Діагностична функція спирається на:
- ✓ порівняння з фоновими та нормативними значеннями;
 - ✓ індикаторний аналіз;
 - ✓ екологічне нормування;
 - ✓ статистичний та геостатистичний аналіз;
 - ✓ просторову диференціацію та зонування;
 - ✓ індексування стану довкілля;
 - ✓ екосистемну оцінку;
 - ✓ факторний і причинно-наслідковий аналіз;
 - ✓ геоінформаційне моделювання.



Ключові характеристики діагностичної функції:

- 1) **Оціночність** – визначення рівня якості та стану систем.
- 2) **Порівняльність** – співвіднесення з нормою, фоном або еталоном.
- 3) **Причинно-наслідкова спрямованість** – встановлення факторів змін.
- 4) **Просторова конкретизованість** – локалізація проблемних зон.
- 5) **Інтегративність** – поєднання природних і соціальних чинників.
- 6) **Прикладна орієнтованість** – підготовка основи для ухвалення рішень.

Методологічне значення діагностичної функції:

- ✓ забезпечує наукове обґрунтування оцінки стану довкілля;
- ✓ дозволяє виявляти тенденції деградації або відновлення;
- ✓ дозволяє визначати екологічні обмеження природокористування;
- ✓ формує основу екологічного районування та зонування;
- ✓ створює передумови прогнозування і управління.



Саме на діагностичному етапі моніторинг переходить від опису до оцінювання та пояснення екологічних змін.

Таким чином, діагностична функція моніторингу довкілля – це аналітико-інтерпретаційна діяльність, спрямована на оцінювання стану природних і природно-антропогенних систем, виявлення відхилень від нормативних або природних параметрів, встановлення причин екологічних змін та визначення рівня стійкості й порушення екосистем.

ПРОГНОСТИЧНА ФУНКЦІЯ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Прогностична функція моніторингу довкілля полягає у науково обґрунтованому передбаченні можливих змін стану природних, природно-антропогенних і соціально-економічних систем на основі аналізу виявлених тенденцій, закономірностей функціонування та причинно-наслідкових зв'язків, встановлених у процесі діагностичної інтерпретації моніторингових даних.

І якщо інформаційна функція забезпечує накопичення даних, а діагностична – їх оцінювання та пояснення, то прогностична функція спрямована на **моделювання майбутніх станів довкілля** та визначення ймовірних сценаріїв його трансформації під впливом природних і антропогенних чинників. Це дозволяє **визначати потенційні екологічні ризики, оцінювати довгострокові тенденції** функціонування екосистем та геосфер й **формуванню науково обґрунтовані сценарії розвитку** природних і соціо-екологічних систем.

Основні змістові напрями прогностичної функції:

- ✓ виявлення довгострокових і короткострокових **тенденцій** змін довкілля;
- ✓ **екстраполяція** виявлених процесів і трендів;
- ✓ моделювання **сценаріїв розвитку** природних і природно-антропогенних систем;
- ✓ **прогнозування** екологічних ризиків і небезпек;
- ✓ оцінювання можливих **наслідків** антропогенного впливу;
- ✓ визначення меж **стійкості** та порогів **змін** екосистем;
- ✓ **передбачення** змін екосистемних послуг;
- ✓ обґрунтування **альтернатив** природокористування.

Методологічне значення прогностичної функції моніторингу довкілля полягає у **забезпеченні переходу від фіксації, аналізу та оцінки стану природних і природно-антропогенних систем до науково обґрунтованого передбачення їх можливих змін, що формує основу для стратегічного екологічного планування та управління розвитком територій.**

Міжрівнева реалізація прогностичної функції

Прогнозування здійснюється на всіх рівнях ієрархії пізнання сучасної наукової картини світу:

- ✓ **Процесно-геосферний рівень** – прогноз змін природних процесів (ерозії, гідрологічного режиму, забруднення, кліматичних параметрів).
- ✓ **Просторово-структурний рівень** – передбачення територіального поширення деградаційних процесів, зон ризику (рис. 14), змін ландшафтної структури.
- ✓ **Функціонально-екосистемний рівень** – прогноз стійкості, продуктивності, біорізноманіття та функціонування екосистем.
- ✓ **Суспільно-управлінський рівень** – передбачення екологічних наслідків управлінських рішень і сценаріїв природокористування.
- ✓ **Інформаційно-аналітичний рівень** – моделювання сценаріїв на основі інтегрованих даних, Big Data та просторових моделей (див. рис. 13).
- ✓ **Ціннісно-екосистемний рівень** – прогноз змін екосистемних послуг, природного капіталу та екологічних вигод/втрат для суспільства.

У цьому контексті прогностична функція забезпечує **часову інтеграцію знань** – від аналізу минулого і сучасного до передбачення майбутнього стану довкілля.

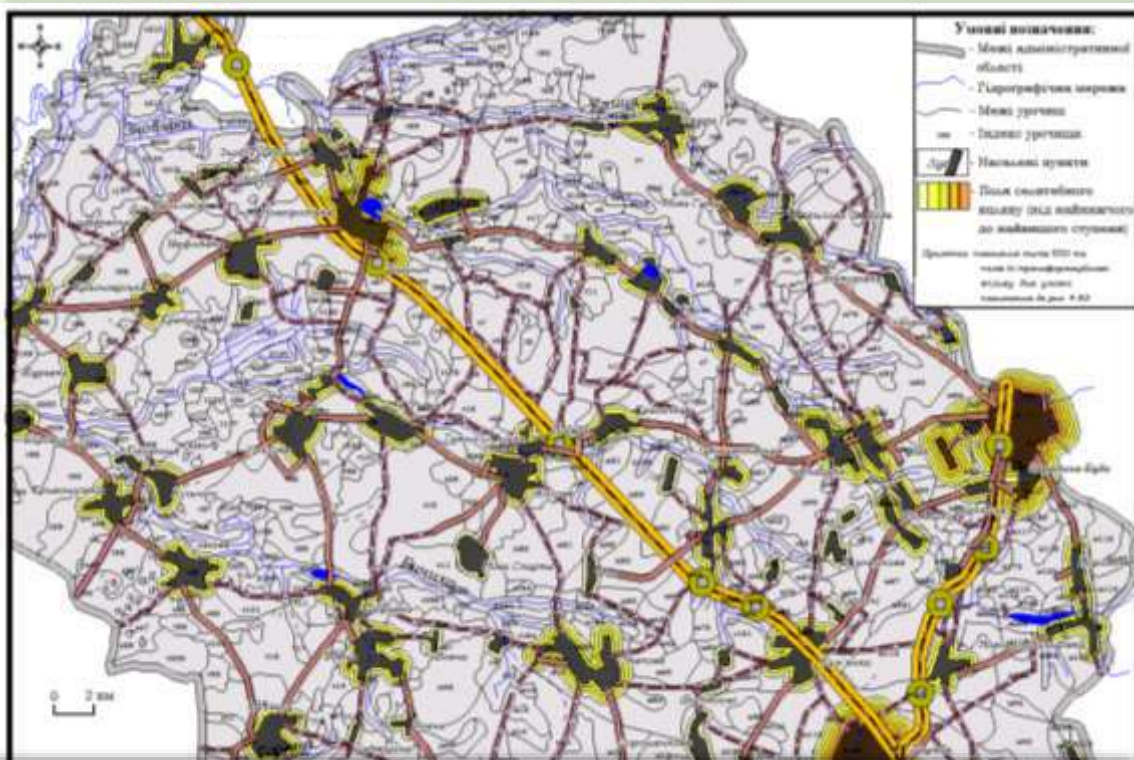
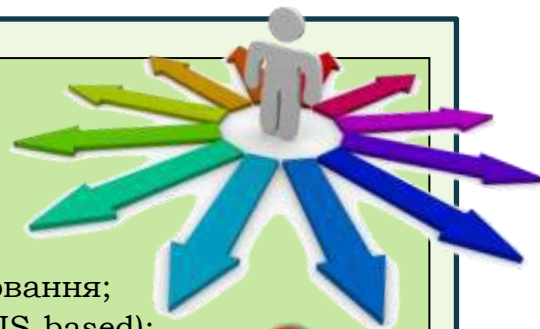


Рис. 14. Поля трансформаційного впливу транспортно-селитебного каркасу на мшанолісові комплекси ділянки дослідження території Лівобережної України (фрагмент) [6]

Методи реалізації прогностичної функції

Прогностична функція реалізується через:

- ✓ екстраполяцію часових рядів;
- ✓ аналіз трендів;
- ✓ статистичне та геостатистичне моделювання;
- ✓ просторове прогнозне моделювання (GIS-based);
- ✓ сценарний аналіз;
- ✓ системну динаміку;
- ✓ екосистемне моделювання;
- ✓ кліматичні та гідрологічні моделі;
- ✓ ризик-орієнтоване прогнозування;
- ✓ інтегральні індексні моделі стану довкілля.

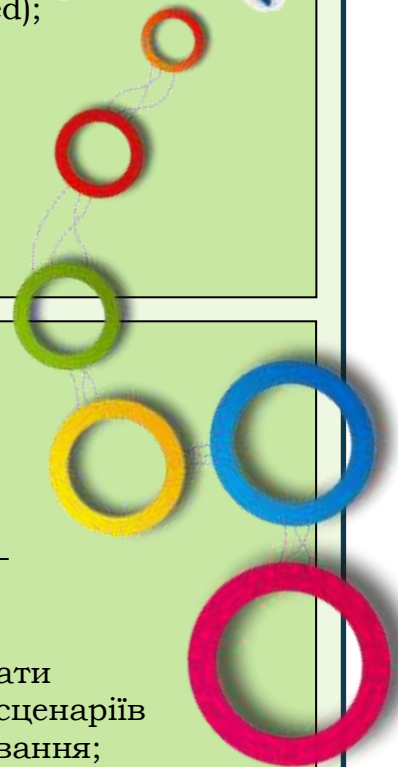


Ключові характеристики прогностичної функції:

1. **Часове спрямування** – орієнтація на майбутні стани систем.
2. **Сценарність** – розгляд альтернативних шляхів розвитку.
3. **Ймовірнісність** – урахування невизначеності та ризиків.
4. **Модельність** – використання формалізованих моделей.
5. **Попереджувальний характер** – виявлення загроз до їх реалізації.
6. **Стратегічність** – орієнтація на довгострокове управління.

Методологічне значення прогностичної функції:

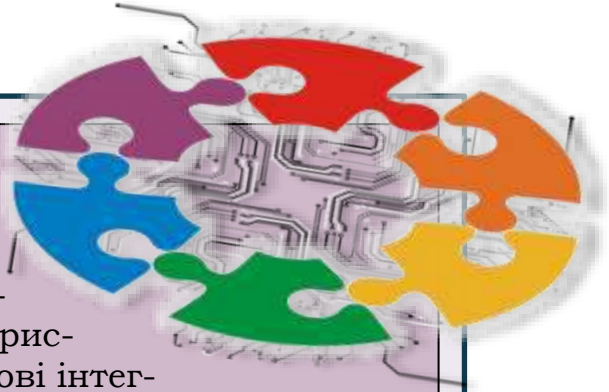
- ✓ забезпечує наукове передбачення екологічних змін;
- ✓ дозволяє оцінювати наслідки різних сценаріїв природокористування;
- ✓ формує основу превентивної екологічної політики;
- ✓ дозволяє визначити межі допустимого антропогенного навантаження;
- ✓ підтримує стратегічне планування розвитку територій;
- ✓ сприяє переходу від реагування до запобігання екологічним проблемам.



Саме завдяки прогностичній функції моніторинг довкілля набуває характеру **проактивного інструменту управління**, а не лише системи спостереження й оцінювання.

Таким чином, прогностична функція моніторингу довкілля – це науково обґрунтоване передбачення можливих змін стану природних і природно-антропогенних систем на основі аналізу тенденцій, закономірностей та причин екологічних процесів, спрямоване на оцінювання майбутніх ризиків, сценаріїв розвитку та наслідків природокористування.

УПРАВЛІНСЬКА ФУНКЦІЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Управлінська функція моніторингу довкілля полягає у створенні базису науково обґрунтованої підтримки ухвалення рішень щодо охорони довкілля, раціонального природокористування та екологічної безпеки на основі інтегрованих результатів інформаційного забезпечення, діагностичної оцінки та прогностичного передбачення змін природних і природно-антропогенних систем.

І якщо інформаційна функція формує базу даних, діагностична – допомагає оцінити стан і проблеми, а прогностична – спрямована на передбачення можливих змін, то управлінська функція забезпечує **перехід від знання до дії, трансформуючи результати моніторингу у практичні механізми** регулювання взаємодії суспільства з природним середовищем.

Управлінська функція моніторингу довкілля **трансформує** результати спостережень, діагностики та прогнозування **у науково обґрунтовані управлінські рішення** щодо використання та охорони природного середовища, екологічної безпеки, планування територій, відновлення екосистем та впровадження сталих практик. **Забезпечує інтеграцію та практичне застосування знань** із різних рівнів моніторингу **для формування ефективних управлінських стратегій** на місцевому, регіональному та національному рівнях.

Основні змістові напрями управлінської функції:

- ✓ обґрунтування екологічної політики та стратегій розвитку;
- ✓ підтримка просторового планування та природокористування;
- ✓ визначення пріоритетів природоохоронних заходів;
- ✓ встановлення нормативів і порогових значень;
- ✓ управління екологічними ризиками;
- ✓ вибір сценаріїв адаптації та відновлення екосистем;
- ✓ регулювання антропогенного навантаження;
- ✓ оцінювання ефективності управлінських заходів;
- ✓ коригування управлінських рішень на основі моніторингових даних.

Міжрівнева реалізація управлінської функції

Управлінська функція реалізується на всіх рівнях ієрархії пізнання:

- ✓ **Процесно-геосферний рівень** – стосується регулювання природних процесів (водокористування, протиерозійних заходів, зменшення забруднення тощо).
- ✓ **Просторово-структурний рівень** – для потреб імплементації територіального планування, зонування, управління ландшафтною структурою (рис. 15).
- ✓ **Функціонально-екосистемний рівень** – для потреб управління стійкістю, продуктивністю та відновленням екосистем.
- ✓ **Суспільно-управлінський рівень** – для формування політик, програм і управлінських рішень.
- ✓ **Інформаційно-аналітичний рівень** – для підтримки рішень через геоінформаційні та аналітичні системи.
- ✓ **Ціннісно-екосистемний рівень** – задля урахування екосистемних послуг і природного капіталу в управлінні.

У цьому контексті управлінська функція забезпечує **інтеграцію знань і дій** між науковими оцінками та практикою природокористування.

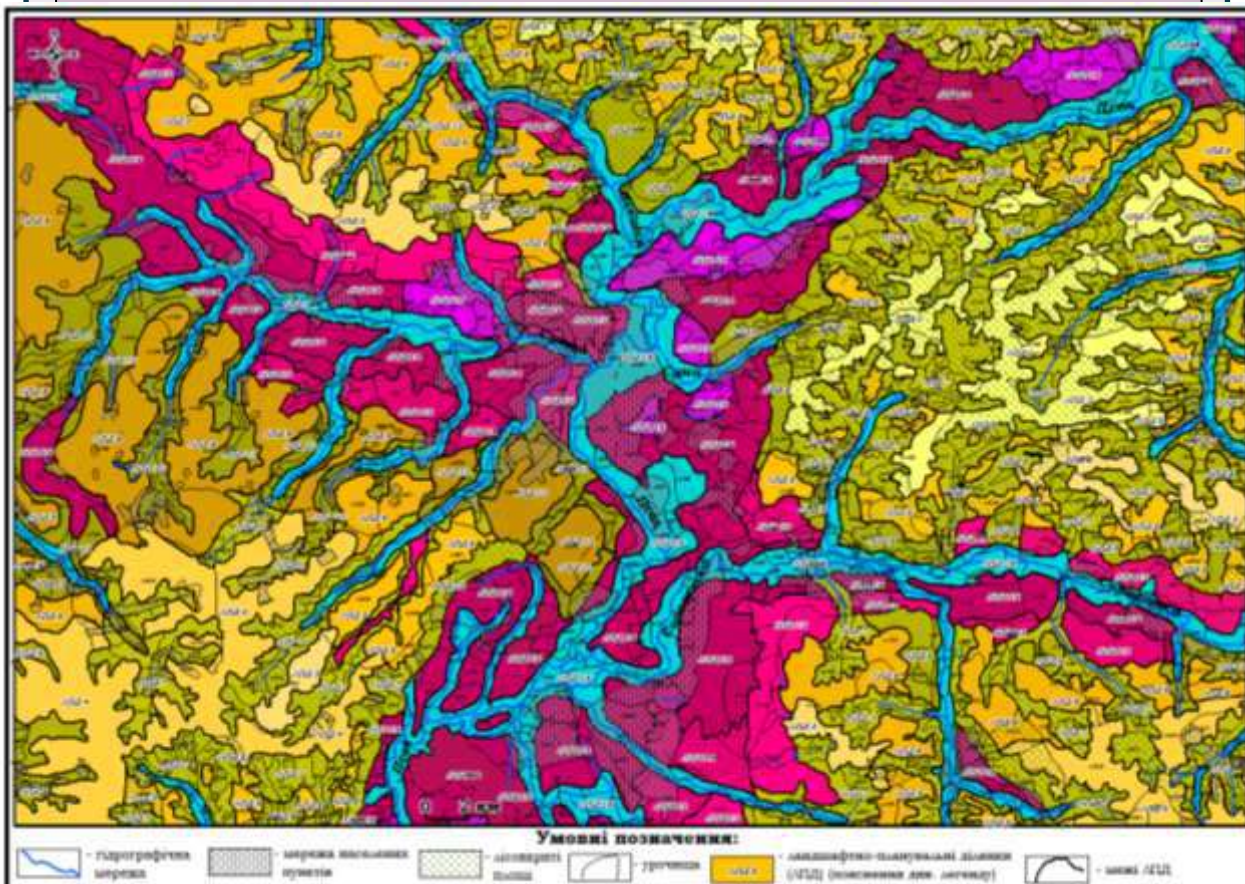
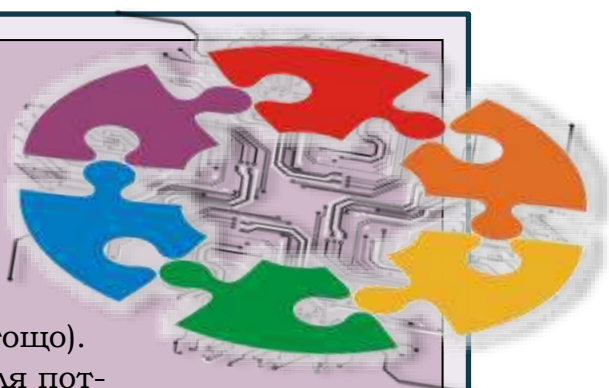
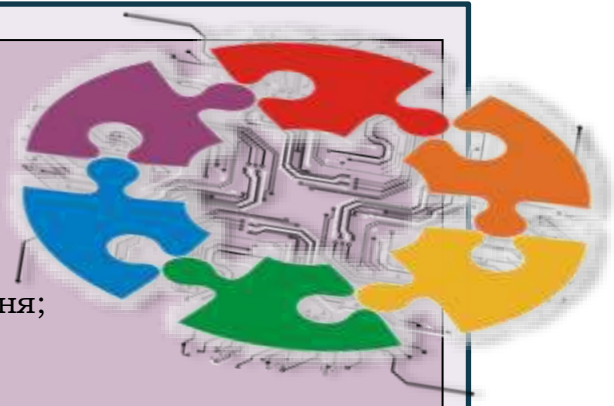


Рис. 15. ГОРИЗОНТАЛЬНА СТРУКТУРА ТАКСОНОМІЧНИХ ОДИНИЦЬ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНУ МОДЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІСОСТЕПОВИХ КОМПЛЕКСІВ ТЕРИТОРІЇ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ (ФРАГМЕНТ) [6]

Механізми реалізації управлінської функції

Управлінська функція моніторингу реалізується через:

- ✓ системи підтримки прийняття рішень (*Decision Support Systems, DSS*);
- ✓ екологічне планування та прогнозування;
- ✓ стратегічну екологічну оцінку;
- ✓ екологічну експертизу;
- ✓ управління природними ресурсами;
- ✓ адаптивне управління екосистемами;
- ✓ екологічне нормування;
- ✓ індикаторні системи сталого розвитку;
- ✓ геоінформаційні платформи управління територіями;
- ✓ моніторинг ефективності природоохоронних заходів.



Ключові характеристики управлінської функції:

1. **Прикладне спрямування** – орієнтація на практичні рішення.
2. **Інтегративність** – поєднання природничих і соціальних аспектів.
3. **Регулятивність** – вплив на природокористування.
4. **Адаптивність** – коригування рішень за результатами моніторингу.
5. **Стратегічність** – підтримка довгострокового розвитку.
6. **Ціннісна орієнтація** – урахування екосистемних послуг.

Методологічне значення прогностичної функції:

- ✓ забезпечує застосування результатів моніторингу в управлінні;
- ✓ інтегрує наукові знання у політику природокористування;
- ✓ сприяє сталому територіальному розвитку;
- ✓ забезпечує превентивне управління ризиками;
- ✓ дозволяє оптимізувати використання ресурсів;
- ✓ підтримує збереження природного капіталу;
- ✓ забезпечує адаптивне управління довкіллям.

Саме завдяки управлінській функції моніторинг постає не лише як система пізнання, а як **інструмент екологічного врядування та регулювання взаємодії суспільства з природою**.

Управлінська функція моніторингу довкілля – це забезпечення **науково обґрунтованої підтримки ухвалення рішень** щодо охорони довкілля та природокористування на основі інтегрованих результатів моніторингового оцінювання й прогнозування стану природних і природно-антропогенних систем.

Таким чином, інформаційна, діагностична, прогностична та управлінська функції у сукупності відображають цілісну логіку функціонування моніторингу довкілля як системного інструменту наукового пізнання й екологічного управління.

Взаємозв'язок функцій моніторингу довкілля полягає у **послідовному перетворенні екологічної інформації на аналітичні оцінки, науково обґрунтовані прогнози та практичні управлінські рішення**, що забезпечують регулювання стану природних і природно-антропогенних систем на різних рівнях пізнання.

Для наочнішого відображення такого внутрішнього узгодження та функціональної послідовності, систематизації та узагальнення ролі кожної функції в цілісній логіці моніторингової діяльності, їхні ключові змістові характеристики доцільно розглянути у взаємозв'язку ознак функції, результатів реалізації та ролі у циклі моніторингової діяльності (таблиця 3).

ТАБЛИЦЯ 3

**ЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ ФУНКЦІЙ МОНИТОРИНГОВИХ СИСТЕМ ТА ЇХ
ВНУТРІШНЄ УЗГОДЖЕННЯ З РІВНЯМИ ПІЗНАННЯ СУЧАСНОЇ НАУКОВОЇ
КАРТИНИ СВІТУ**

Функція моніторингу	Сутність функції	Ключові змістові прояви	Рівні пізнання, на яких реалізується	Практичне значення у системі управління довкіллям
Інформаційна	Систематичний збір, обробка та узагальнення даних про стан і динаміку природних, природно-антропогенних і соціально-економічних систем	Спостереження; вимірювання; накопичення баз даних; інтеграція різних джерел інформації; формування індикаторів стану довкілля	Усі рівні: процесно-геосферний, просторово-структурний, функціонально-екосистемний, суспільно-управлінський, інформаційно-аналітичний, ціннісно-екосистемний	Формування достовірної інформаційної основи для оцінювання стану довкілля, планування природокористування та екологічної політики

ЗАКІНЧЕННЯ ТАБЛИЦІ 3

Функція моніторингу	Сутність функції	Ключові змістові прояви	Рівні пізнання, на яких реалізується	Практичне значення у системі управління довкіллям
Діагностична	Аналітична оцінка стану, змін і відхилень у природних та соціо-екологічних системах на основі моніторингових даних	Виявлення тенденцій; оцінка якості середовища; ідентифікація джерел впливу; визначення стійкості й порушень; зонування проблемних територій	Процесно-геосферний; просторово-структурний; функціонально-екосистемний; суспільно-управлінський	Виявлення екологічних проблем і ризиків, обґрунтування необхідності природоохоронних заходів і регуляторних дій
Прогностична	Наукове передбачення можливих змін стану довкілля та екосистем під впливом природних і антропогенних чинників	Моделювання сценаріїв; прогнозування ризиків; оцінка наслідків діяльності; визначення порогів стійкості; аналіз альтернатив розвитку	Процесно-геосферний; функціонально-екосистемний; інформаційно-аналітичний; суспільно-управлінський; ціннісно-екосистемний	Забезпечення превентивного управління, планування адаптації, мінімізація екологічних ризиків і втрат природного капіталу
Управлінська	Підтримка ухвалення рішень щодо охорони довкілля та природокористування на основі інтегрованих результатів оцінки й прогнозу	Обґрунтування політик; просторове планування; вибір заходів; екологічне нормування; управління ризиками; оцінка ефективності рішень	Усі рівні з домінуванням суспільно-управлінського та ціннісно-екосистемного	Реалізація екологічної політики, оптимізація природокористування, забезпечення сталого розвитку територій та збереження екосистемних послуг

Таким чином, підсумовуючи розглянуту вище інформацію про функції моніторингу довкілля, можна стверджувати про те, що вони утворюють послідовну логіку переходу від отримання екологічної інформації до її практичного застосування в управлінні природокористуванням та від однієї функції до іншої (рис. 16), що відображає сутність та послідовність трансформації наукового пізнання стану довкілля у систему обґрунтованих управлінських рішень.

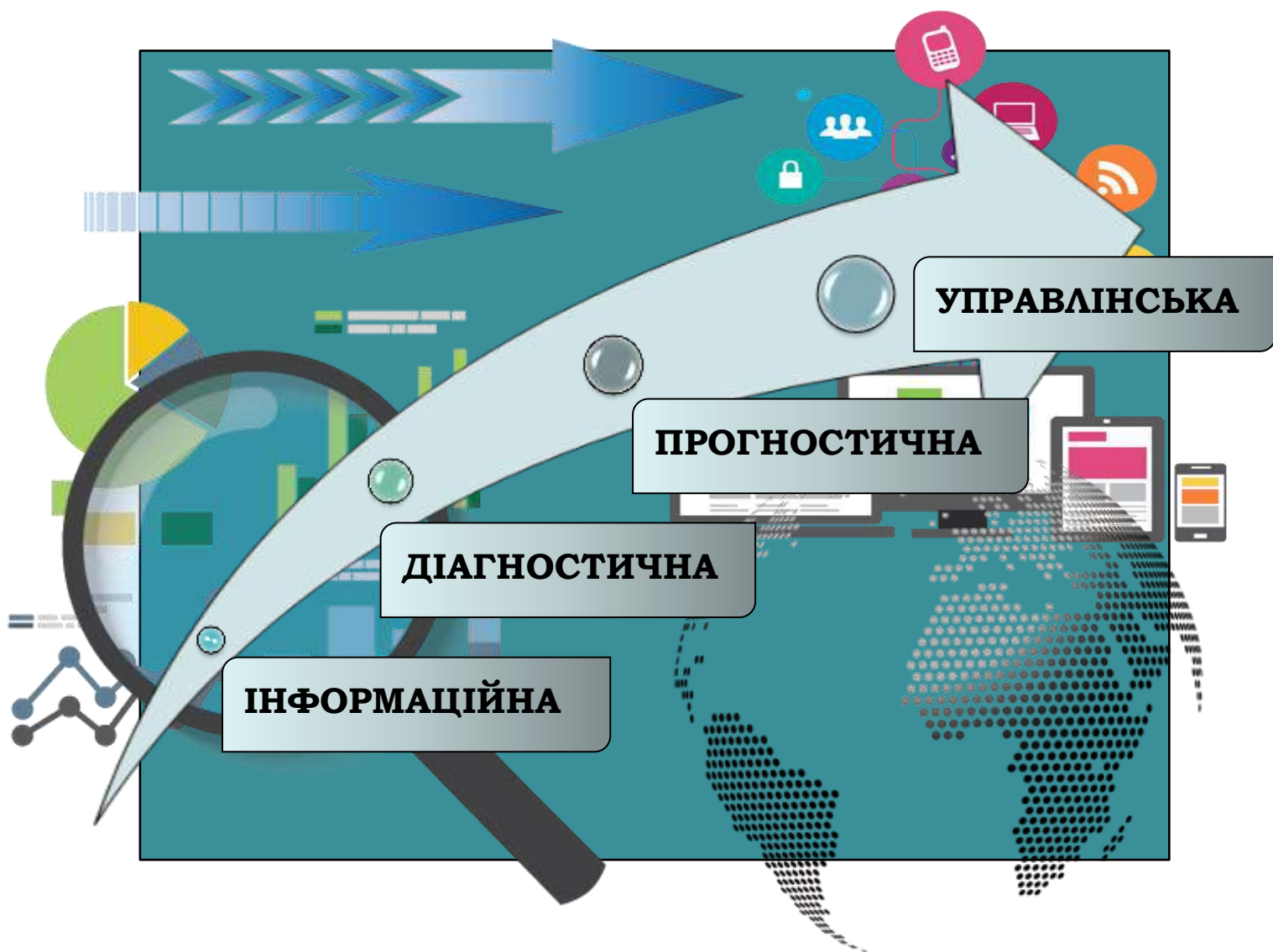


Рис. 16. ГОРИЗОНТАЛЬНА СТРУКТУРА ЛОГІКИ ПЕРЕХОДУ МІЖ ФУНКЦІЯМИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Розглянуті інформаційна, діагностична, прогностична та управлінська функції моніторингу довкілля не існують ізольовано, а утворюють взаємопов'язану систему, у межах якої результати реалізації кожної наступної функції ґрунтуються на попередній та логічно узгоджуються із рівнями пізнання наукової картини світу (рис. 17).

Така функціональна послідовність відображає логіку перетворення первинних спостережних даних у науково інтерпретовану інформацію, прогностні оцінки та управлінські рішення щодо стану й динаміки природних і природно-антропогенних систем.

Отже, мета, завдання та функції моніторингу довкілля формують концептуальну основу функціонування сучасних

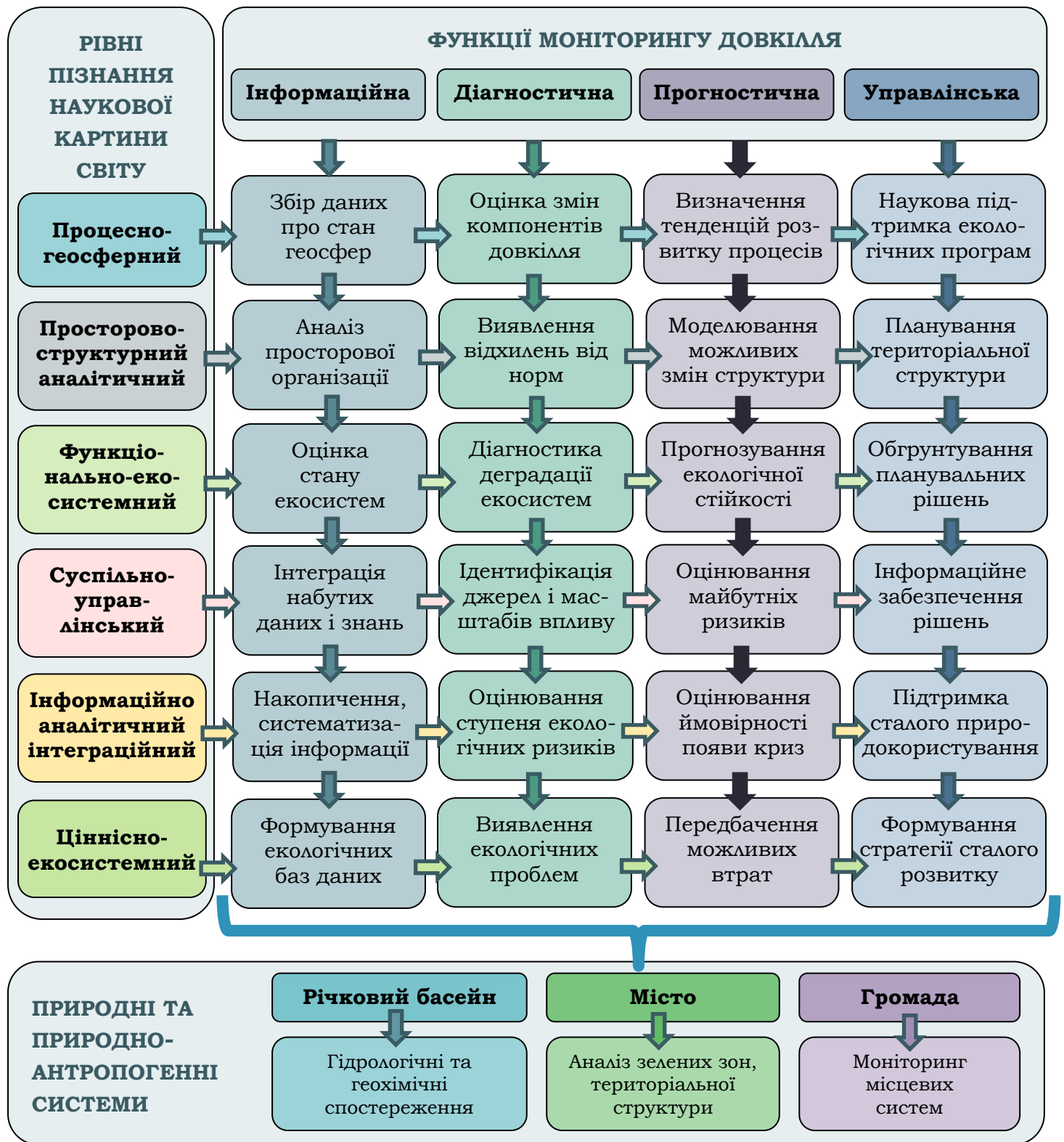


Рис. 17. Функціональна система моніторингу довкілля

моніторингових систем як інтегрованого механізму спостереження, оцінювання, прогнозування та підтримки управлінських рішень за результатами системного збору і аналізу екологічної інформації, виявлення тенденцій змін стану довкілля та оцінювання екологічних ризиків.



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ



КОНЦЕПТУАЛЬНО-ІНТЕРПРЕТАЦІЙНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає системний характер мети моніторингу довкілля та чому вона не може бути зведена до окремих практичних дій?
2. Як мета моніторингу довкілля відображає поєднання наукового пізнання та управління природокористуванням?
3. Яким чином мета моніторингу довкілля узгоджується з концепцією екологічної безпеки та сталого розвитку?
4. Поясніть, чому завдання моніторингових систем не можуть бути зведені лише до збору екологічної інформації?

5. Як пізнавальна складова мети моніторингу пов'язана з формуванням уявлень про структуру, функціонування та динаміку природних і природно-антропогенних систем?
6. У чому полягає відмінність між пізнавальною та управлінською складовими мети моніторингу довкілля?
7. Як оцінювально-аналітична складова мети моніторингу забезпечує перехід від фіксації стану довкілля до його наукового аналізу?
8. Поясніть, яким чином діагностична та прогностична функції моніторингу взаємодіють між собою у межах єдиної системи.
9. Як превентивний характер моніторингу змінює підходи до управління природокористуванням?
10. Поясніть, чому завдання моніторингових систем формуються як багаторівнева ієрархія, а не як перелік ізольованих дій?
11. У чому полягає взаємозв'язок між завданнями моніторингу та рівнями наукового пізнання довкілля?
12. Чому інформаційна функція є базовою, але не самодостатньою у системі моніторингу довкілля?
13. Як якість та структура екологічної інформації впливають на ефективність реалізації функцій моніторингу?
14. Як інформаційна функція моніторингу трансформується при переході від нижчих до вищих рівнів наукового пізнання?
15. У чому полягає відмінність між інформаційною та діагностичною функціями моніторингу довкілля?
16. Поясніть, чому прогностична функція не може реалізовуватися без повноцінної діагностики стану довкілля?
17. Яку роль відіграють сценарні підходи у реалізації прогностичної функції моніторингу?
18. Поясніть, як управлінська функція моніторингу довкілля трансформує наукові знання у практичні рішення?
19. Поясніть, чому управлінська функція є інтегрувальною щодо всіх інших функцій моніторингу?



СИТУАЦІЙНІ / CASE BASED ПИТАННЯ

Ситуація 1: Інтерпретації мети моніторингу.

У регіоні зафіксовано стабільні середні показники якості атмосферного повітря, які формально не перевищують гранично допустимі концентрації. Водночас зростає кількість звернень населення щодо погіршення умов проживання та стану здоров'я.

Питання:

Поясніть, чому в цій ситуації реалізація мети моніторингу довкілля не може обмежуватися лише фіксацією середніх значень показників? Обґрунтуйте те, які складові мети моніторингу набувають пріоритетного значення.

Ситуація 2: Розмежування функцій моніторингу.

Моніторингова система міста акумулює значний обсяг екологічних даних, однак ці дані майже не використовуються в управлінських рішеннях.

Питання:

Визначте, яка(і) функція(ї) моніторингу в цій ситуації реалізується(ються) повною мірою, а яка(і) – є недостатньо розвиненою(ими)? Поясніть причини такої диспропорції з позицій структури моніторингової системи.

Ситуація 3: Діагностики стану природної системи.

У межах річкового басейну зафіксовано поступове зниження рівня біорізноманіття водних організмів без різких змін гідрохімічних показників.

Питання:

Обґрунтуйте, чому для пояснення цієї ситуації недостатньо реалізації лише інформаційної функції моніторингу? Яку роль відіграє діагностична функція та які завдання моніторингу вона дозволяє реалізувати?

Ситуація 4: Прогнозування екологічних змін.

Планується розміщення нового промислового об'єкта на території громади, де вже функціонує локальна система моніторингу довкілля.

Питання:

Поясніть, як у цій ситуації зміщується акцент у реалізації функцій моніторингу? Обґрунтуйте роль прогностичної функції та її зв'язок із превентивною складовою мети моніторингу довкілля.

Ситуація 5: Управлінського використання результатів моніторингу.

За результатами моніторингу ґрунтів виявлено локальні зони їх деградації, однак органи місцевого самоврядування не вживають конкретних заходів реагування.

Питання:

Проаналізуйте цю ситуацію з позицій управлінської функції моніторингу довкілля. Які умови мають бути виконані, щоби результати моніторингу стали підґрунтям для ухвалення управлінських рішень?

Ситуація 6: Багаторівневого моніторингу.

Дані локального моніторингу довкілля не узгоджуються з результатами регіональних оцінок стану екосистем.

Питання:

Поясніть можливі причини такої невідповідності, спираючись на ієрархію цілей і завдань моніторингу довкілля. Яку роль відіграє масштаб пізнання у формуванні висновків?

Ситуація 7: Обмеження ресурсів.

Через фінансові обмеження прийнято рішення скоротити кількість показників у системі моніторингу довкілля.

Питання:

Обґрунтуйте, які принципи мають бути покладені в основу такого рішення, щоб не порушити реалізацію ключових функцій моніторингу та досягнення його мети?

Ситуація 8: Трансформації даних у знання.

Моніторингові дані регулярно публікуються у відкритому доступі, однак залишаються малозрозумілими для широкого кола користувачів.

Питання:

Поясніть, на якому етапі реалізації мети моніторингу виникає проблема? Яка функція моніторингу потребує посилення для переходу від даних до екологічно значущих знань?



CASE ORIENTED ПИТАННЯ

1

Кейс 1. Комплексна оцінка ефективності міської системи моніторингу

У місті функціонує **автоматизована система моніторингу** атмосферного повітря, яка забезпечує регулярний збір і публікацію даних. Попри це, результати моніторингу не стали основою для перегляду міських програм розвитку чи просторового планування.

Питання-завдання до кейсу:

- 1.1. Проаналізуйте реалізацію мети моніторингу довкілля в межах цієї системи.
- 1.2. Оцініть повноту реалізації інформаційної, діагностичної, прогностичної та управлінської функцій.
- 1.3. Запропонуйте напрями трансформації моніторингових даних у управлінські рішення з урахуванням різних рівнів пізнання.

2

Кейс 2. Моніторинг річкового басейну як інструмент діагностики та прогнозування

У басейні малої річки протягом кількох років спостерігається зниження біорізноманіття за відсутності різких змін базових гідрохімічних показників. Локальні дослідження проводяться, однак узгодженої системи моніторингу не сформовано.

Питання-завдання до кейсу:

- 2.1. Визначте, які завдання моніторингу залишаються нереалізованими?
- 2.2. Обґрунтуйте необхідність переходу від фрагментарного збору даних до системної діагностичної та прогностичної функції моніторингу.
- 2.3. Запропонуйте структуру багаторівневої моніторингової системи для цього басейну.



3

Кейс 3. Планування господарської діяльності на основі результатів моніторингу в територіальній громаді

В територіальній громаді планується реалізація інфраструктурного проєкту, що потенційно впливатиме на стан ґрунтів, поверхневих вод і рекреаційних територій. Наявна система моніторингу забезпечує лише ретроспективну оцінку стану довкілля.

Питання-завдання до кейсу:

- 3.1. Проаналізуйте обмеження існуючої системи моніторингу з позицій її мети, завдань та функцій.
- 3.2. Поясніть, які елементи прогностичної та управлінської функцій мають бути посилені.
- 3.3. Запропонуйте, як результати моніторингу можуть бути інтегровані у процес ухвалення управлінських рішень в територіальній громаді, що розглядається.



4

Кейс 4. Узгодження локальних і регіональних результатів моніторингу

Результати локального моніторингу в межах міста демонструють стабільний стан екосистем, тоді як регіональні оцінки вказують на загрозливі тенденції деградації довкілля.



Питання-завдання до кейсу:

- 4.1. Проаналізуйте причини розбіжностей результатів з урахуванням масштабів і рівнів пізнання.
- 4.2. Поясніть роль інтегративної функції моніторингу у формуванні цілісної наукової картини.
- 4.3. Запропонуйте підходи до узгодження моніторингових даних різних рівнів.

5

Кейс 5. Оптимізація моніторингової системи в умовах обмежень

У зв'язку зі скороченням фінансування постало питання оптимізації моніторингової мережі шляхом зменшення кількості показників і пунктів спостережень.

Питання-завдання до кейсу:

- 5.1. Обґрунтуйте критерії відбору показників з позицій досягнення мети моніторингу.
- 5.2. Оцініть можливі ризики для реалізації ключових функцій моніторингу.
- 5.3. Запропонуйте модель пріоритетності моніторингових завдань у таких умовах.



6

Кейс 6. Комунікація щодо результатів моніторингу та формування екологічної політики

Результати моніторингу довкілля публікуються у відкритому доступі, однак залишаються малозатребуваними як серед населення, так і серед управлінців.

Питання-завдання до кейсу:

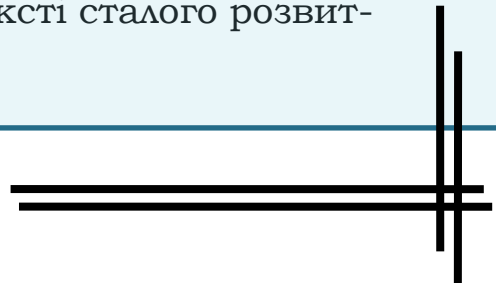
- 6.1. Проаналізуйте, на якому етапі реалізації мети моніторингу виникає розрив між знанням і дією.
- 6.2. Оцініть роль інформаційної та управлінської функцій у цій ситуації.
- 6.3. Запропонуйте шляхи підвищення практичної значущості результатів моніторингу довкілля.



ІНТЕГРАТИВНІ ПИТАННЯ

1. Як узгоджуються між собою мета, завдання та функції моніторингу довкілля в контексті багаторівневої ієрархії наукового пізнання?

2. Поясніть роль моніторингу довкілля як «містка» між науковим пізнанням і практикою управління природокористуванням.
3. У чому полягає роль моніторингу довкілля як інтегративного інструменту сучасної наукової картини світу, що поєднує різні рівні пізнання (від процесно-геосферного до соціально-управлінського) та забезпечує системне бачення взаємодії суспільства з природними системами?
4. Чому ефективність управлінської функції моніторингу безпосередньо залежить від повноти реалізації інформаційної, діагностичної та прогностичної функцій?
5. Обґрунтуйте, яким чином сучасні моніторингові системи сприяють переходу від реактивного до превентивного управління станом довкілля.
6. Як зміна пріоритетів у меті та завданнях моніторингу довкілля впливає на трансформацію його функцій і практичну ефективність у контексті сталого розвитку та екологічної безпеки?





РОЗДІЛ III

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Моніторинг довкілля як **система спостереження, оцінювання та прогнозування стану природних і природно-антропогенних систем** базується на певних науково обґрунтованих принципах організації досліджень.

Принципи організації моніторингових досліджень **визначають:**

- ✓ логіку побудови моніторингових програм,
- ✓ підходи до вибору об'єктів і параметрів спостережень,
- ✓ методи збору та обробки інформації, а також
- ✓ забезпечують узгодженість отриманих результатів у просторі й часі.

Дотримання цих принципів є необхідною умовою отримання надійної, репрезентативної та науково обґрунтованої інформації про стан довкілля, яка може використовуватися для оцінювання екологічної ситуації, прогнозування її змін та підтримки управлінських рішень.

На відміну від окремих спостережень або фрагментарних екологічних досліджень, **моніторинг довкілля** передбачає *систематичне та довготривале вивчення природних процесів і антропогенних впливів у межах певних територій або екосистем*. Саме тому **ефективність моніторингових досліджень** значною мірою **залежить** від чітко визначених організаційно-методологічних засад їх проведення.

Без дотримання відповідних принципів спостереження можуть втратити системність, результати – порівнюваність, а отримані дані – наукову та практичну цінність (рис. 18).



Рис. 18. ЗАЛЕЖНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІД ДОТРИМАННЯ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ МОНІТОРИНГУ

У сучасних умовах зростання антропогенного навантаження на природні системи та ускладнення екологічних проблем роль моніторингу довкілля суттєво зростає. Він стає важливим *інструментом забезпечення екологічної безпеки, раціонального природокористування та реалізації концепції сталого розвитку*. Водночас для ефективного функціонування моніторингових систем необхідно враховувати як природні закономірності функціонування геосистем і екосистем, так і особливості організації спостережень, збору та аналізу екологічної інформації.

У цьому контексті важливого значення набуває розгляд основних принципів організації моніторингу довкілля (рис. 19), які забезпечують наукову обґрунтованість моніторингових досліджень і підвищують ефективність використання їх результатів у практиці природоохоронної діяльності.

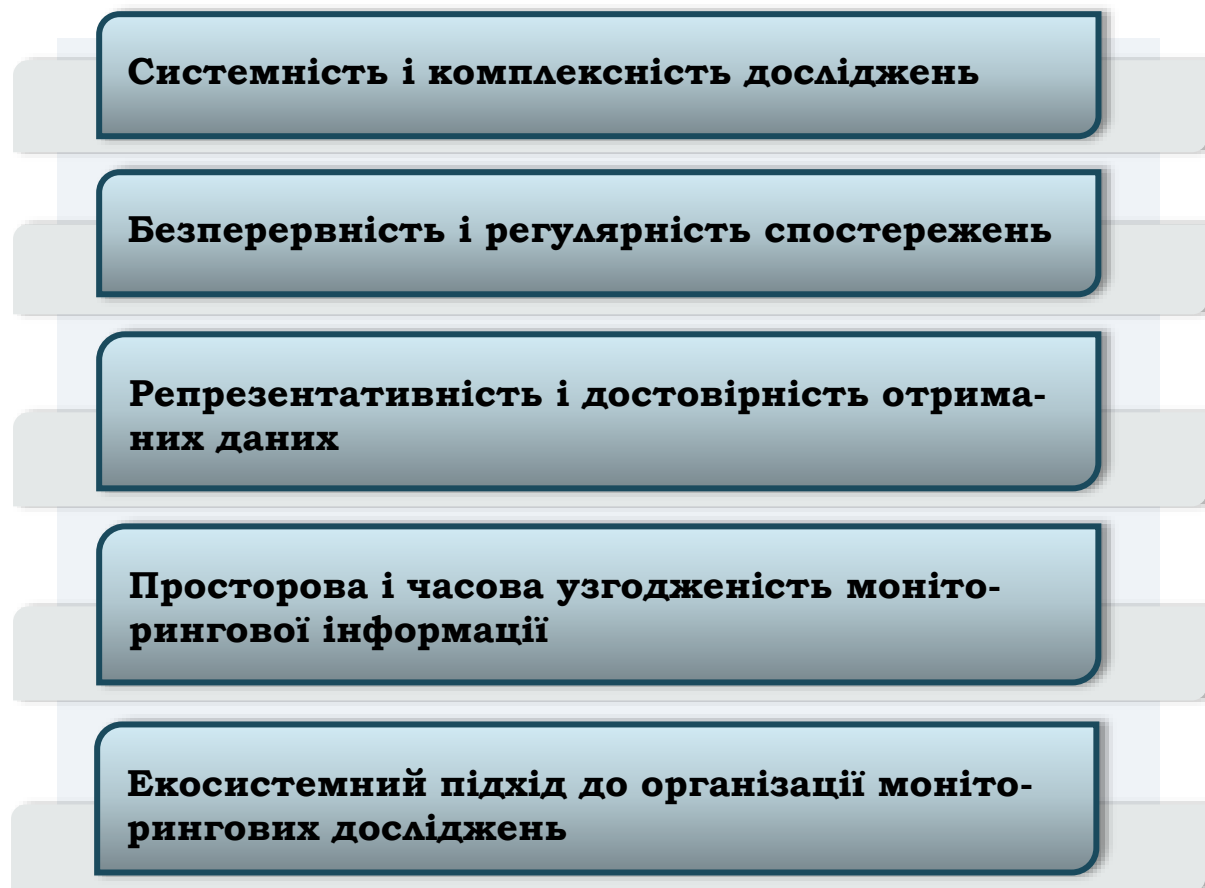


Рис. 19. СИСТЕМА ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ МОНИТОРИНГУ

Розгляд принципів організації моніторингу довкілля у цьому розділі має важливе методологічне та навчально-практичне значення, адже вони формують теоретичну основу організації моніторингових досліджень, дозволяють зрозуміти логіку побудови сучасних систем моніторингу довкілля та сприяють формуванню у майбутніх фахівців здатності застосовувати отримані знання під час планування й реалізації екологічних спостережень на різних територіальних рівнях.

Отже, у підрозділах цього розділу послідовно розглянемо ключові принципи організації моніторингу довкілля та їх значення для забезпечення наукової достовірності й практичної ефективності моніторингових досліджень.

3.1.

СИСТЕМНІСТЬ І КОМПЛЕКСНІСТЬ

Системність і комплексність належать до базових принципів організації моніторингу довкілля, оскільки саме вони забезпечують **цілісне бачення** природного середовища як складної, багатокомпонентної та динамічної системи.



Саме тому моніторинг довкілля **не може бути зведений лише до** фіксації окремих показників стану атмосферного повітря, води, ґрунтів чи біоти.

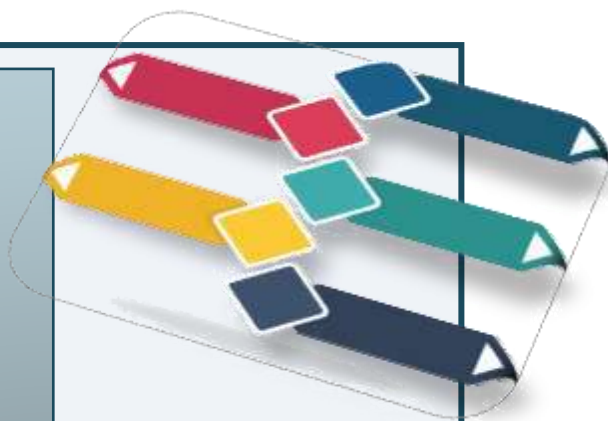
Його **методологічна сутність** полягає у:

- ✓ встановленні взаємозв'язків між компонентами довкілля,
- ✓ виявленні причинно-наслідкових залежностей,
- ✓ оцінюванні сукупного впливу природних і антропогенних чинників та
- ✓ формуванні цілісної картини екологічного стану території.

Разом з тим, **принцип системності та комплексності** визначає необхідність розгляду природних і природно-антропогенних систем як *взаємопов'язаних елементів єдиного природного середовища*. Застосування цього принципу передбачає, що моніторингові дослідження повинні здійснюватися не ізольовано для окремих компонентів довкілля, а з урахуванням їх взаємодії, взаємозалежності та спільної участі у формуванні екологічного стану території.

Принцип системності

передбачає розгляд довкілля як єдиної просторово організованої системи, у межах якої атмосфера, гідросфера, літосфера, педосфера, біосфера, ландшафти, екосистеми та соціально-економічні процеси перебувають у постійній взаємодії. При цьому, зміна одного компонента довкілля часто спричиняє трансформації інших складових.



Наприклад, порушення ґрунтового покриву може:

- ✓ посилювати ерозійні процеси,
- ✓ змінювати водний режим території,
- ✓ погіршувати стан рослинності та
- ✓ знижувати якість екосистемних послуг.

Саме тому моніторинг має бути організований так, щоб фіксувати не ізольовані факти, а системні зв'язки між природними процесами, антропогенними впливами та їх екологічними наслідками.

Комплексність, у свою чергу, означає необхідність одночасного врахування різних компонентів довкілля, типів показників, методів дослідження, просторових рівнів і часових масштабів.

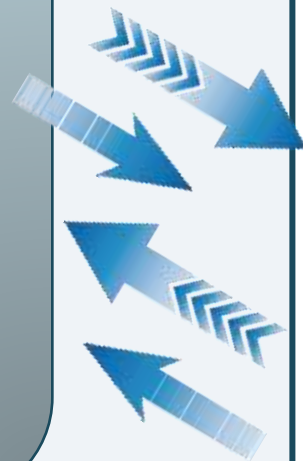
Вона забезпечує багатовимірність моніторингової оцінки та дає змогу уникнути однобічного трактування екологічної ситуації. Комплексний моніторинг передбачає поєднання фізичних, хімічних, біологічних, географічних, соціально-економічних та управлінських показників, а також інтеграцію наземних, дистанційних, лабораторних, геоінформаційних і статистичних методів.



СИСТЕМНІСТЬ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНА ОСНОВА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Системність у моніторингу довкілля відображає необхідність розглядати об'єкти спостереження не як сукупність окремих елементів, а як **взаємопов'язані** природні, природно-антропогенні та соціоекологічні системи.

Такий підхід ґрунтується на розумінні довкілля як складної відкритої системи, що характеризується структурою, функціями, динамікою, стійкістю, ієрархічністю та здатністю до змін під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників.



У межах системного підходу особливого значення набувають не лише самі **показники**, а й **зв'язки між ними**, що дозволяє враховувати складну структуру природних систем та механізми їх функціонування. Будь-які зміни в одному компоненті довкілля можуть спричиняти відповідні зміни в інших його складових.

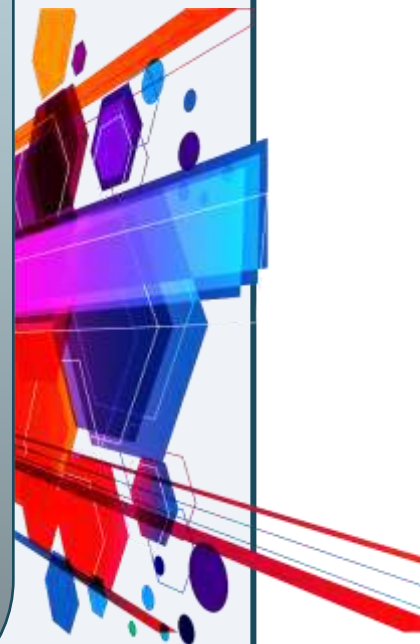
Наприклад, підвищення концентрації забруднювальних речовин у воді має оцінюватися не лише як хімічна характеристика, а як чинник, що впливає на стан водної біоти, санітарно-екологічну безпеку, рекреаційне використання, рибні ресурси та екосистемні послуги водного об'єкта.

Аналогічно, зниження площі зелених насаджень у місті має розглядатися не тільки як зміна землекористування, а як процес, що впливає на мікроклімат, якість повітря, рекреаційний потенціал, біорізноманіття та комфортність середовища проживання.

Забруднення атмосферного повітря може призводити до випадіння забруднювальних речовин разом із атмосферними опадами, що, у свою чергу, впливає на хімічний склад ґрунтів і поверхневих вод, а також на стан рослинності та біорізноманіття.

СИСТЕМНІСТЬ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНА ОСНОВА МОНИТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Системність моніторингу означає **організацію спостережень як цілісної науково обґрунтованої системи**, у межах якої всі елементи – об'єкти спостережень, показники, методи досліджень, часові інтервали та просторове розміщення пунктів спостережень – взаємопов'язані та підпорядковані спільній меті отримання об'єктивної інформації про стан довкілля. У цьому контексті **моніторинг** розглядається як *багаторівнева система досліджень*, що охоплює різні компоненти природного середовища (атмосферне повітря, води, ґрунти, біоту) та різні масштаби просторової організації природних систем – від локального до регіонального і глобального.



Системність передбачає також ієрархічне бачення моніторингу. Локальні спостереження мають бути пов'язані з регіональними узагальненнями, регіональні дані – з національними оцінками, а національні тенденції – з глобальними екологічними процесами. Саме завдяки цьому моніторинг може відображати не лише стан окремої ділянки, а й місце цієї ділянки у ширшій природній, ландшафтній, басейновій або соціоекологічній системі.

Системний принцип також вимагає **узгодженості** між метою моніторингу, об'єктами спостереження, системою показників, методами дослідження, способами оцінювання та управлінським використанням результатів. Якщо ці елементи не пов'язані між собою, моніторинг втрачає цілісність і перетворюється на набір розрізнених даних. Тому системність забезпечує логічну цілісність моніторингової діяльності – від постановки проблеми до ухвалення рішень.

КОМПЛЕКСНІСТЬ ЯК УМОВА ПОВНОТИ МОНІТОРИНГОВОЇ ОЦІНКИ

Комплексність у моніторингу довкілля тісно пов'язана із системним підходом та означає необхідність охоплення різних **складових** природного середовища та різних **аспектів** їх функціонування й факторів впливу на них, адже жоден окремий показник не може повністю відобразити стан довкілля, оскільки екологічні процеси мають багатофакторну природу. Саме тому комплексний моніторинг передбачає використання системи **взаємодоповнювальних показників та індикаторів**.



Наприклад, оцінювання стану річкового басейну має включати не лише якість води, а й гідрологічний режим, стан прибережних смуг, структуру землекористування у межах водозбору, ерозійні процеси, стан водної біоти, джерела забруднення, рекреаційне навантаження та екосистемні послуги. Лише сукупність цих характеристик дозволяє сформувати комплексне уявлення про екологічний стан басейнової системи.

Комплексність проявляється також у **поєднанні різних методів отримання інформації**, зокрема: наземних спостережень, лабораторних аналізів, біоіндикації, дистанційних методів дослідження, геоінформаційних технологій та статистичних методів обробки геоекологічної інформації. Така методична багатокомпонентність є необхідною умовою достовірності та повноти моніторингової оцінки.

Водночас комплексність **не означає механічного нагромадження великої кількості показників**. Її сутність полягає у такому науково обґрунтованому їх доборі, за умови якого разом вони відображатимуть ключові властивості, процеси та ризики функціонування системи. Тому комплексність завжди має поєднуватися з репрезентативністю, інформативністю та управлінською значущістю показників.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СИСТЕМНОСТІ ТА КОМПЛЕКСНОСТІ

Системність і комплексність є взаємопов'язаними, але не тотожними принципами. Так, системність акцентує увагу на цілісності, структурі, взаємозв'язках і логіці функціонування довкілля як системи. Комплексність забезпечує повноту охоплення різних компонентів, процесів, показників і методів.



Іншими словами, системність відповідає на питання, **як елементи довкілля пов'язані між собою**, тоді як комплексність – **які саме складові та характеристики необхідно врахувати для адекватної оцінки стану довкілля**.

У практиці моніторингу довкілля ці принципи реалізуються одночасно. Так, наприклад, при оцінюванні урбогоекосистеми системний підхід «вимагає» розуміння взаємозв'язку між забудовою, транспортним навантаженням, зеленими зонами, якістю повітря, тепловим режимом і комфортністю проживання населення. Комплексний підхід, у свою чергу, «вимагає» залучення до процесу оцінювання відповідних показників: концентрацій забруднювачів, температури поверхні, площі зелених насаджень, шумового навантаження, щільності забудови, стану ґрунтів, біорізноманіття, рекреаційного навантаження та інших.

Таким чином, **системність забезпечує концептуальну рамку моніторингу, а комплексність – його змістове наповнення**. Їх поєднання дозволяє перейти від опису окремих геоєкологічних параметрів до цілісної діагностики стану природних і природно-антропогенних систем.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИНЦИПІВ СИСТЕМНОСТІ І КОМПЛЕКСНОСТІ У МОНІТОРИНГОВИХ ПРОГРАМАХ



У програмах моніторингу принципи системності та комплексності реалізуються через **чітке узгодження всіх елементів моніторингового процесу**. Передусім це стосується постановки мети та завдань. Якщо метою є оцінювання стану геоекосистеми, то завдання мають охоплювати не лише вимірювання окремих параметрів, а й аналіз структури, функціонування, динаміки, антропогенного навантаження, ризиків і екосистемних послуг.

Далі системність і комплексність проявляються у виборі *об'єктів моніторингу*. Об'єкт має розглядатися не ізольовано, а у зв'язку з територіальним і функціональним контекстом. Наприклад, водний об'єкт слід аналізувати не лише в межах русла, а й у межах водозбору; лісову екосистему – не лише як деревостан, а як складну систему взаємодії рослинності, ґрунтів, гідрологічного режиму, біорізноманіття і господарського впливу; міське середовище – не лише як забудовану територію, а як урбоекосистему з природними, техногенними і соціальними складовими.

У системі показників ці принципи реалізуються через поєднання фізичних, хімічних, біологічних, просторових, функціональних і соціоекологічних індикаторів. У методичному забезпеченні – через інтеграцію наземних, дистанційних, лабораторних, геоінформаційних і цифрових інструментів. У *результатах* – через формування не окремих ізольованих висновків, а комплексної моніторингової оцінки, придатної для прогнозування і прийняття управлінських рішень.

ПРИКЛАДИ ПРОЯВУ СИСТЕМНОСТІ І КОМПЛЕКСНОСТІ У МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



У моніторингу річкового басейну системність проявляється у розумінні басейну як *цілісної природної системи*, де стан води залежить від рельєфу, ґрунтів, рослинності, землекористування, прибережних смуг, джерел забруднення та гідрологічного режиму.

Комплексність полягає у поєднанні гідрохімічних, гідрологічних, біологічних, геоморфологічних і просторових показників.

У моніторингу лісової екосистеми *системність* означає врахування взаємозв'язку між деревостаном, ґрунтами, підліском, біорізноманіттям, вологістю, ризиками пожеж, рекреаційним навантаженням і кліматичними чинниками.

Комплексність реалізується через поєднання польових обстежень, дистанційних індексів рослинності, оцінки видового складу, показників ґрунту, даних про шкідників, пожежі та антропогенний вплив.



У моніторингу міського середовища *системність* передбачає розгляд міста як *урбо-екосистеми*, де якість життя населення залежить від стану повітря, зелених зон, водних об'єктів, ґрунтів, шумового навантаження, теплового режиму та просторової організації забудови.

Комплексність забезпечується використанням даних про забруднення, температуру поверхні, структуру землекористування, транспортну інтенсивність, стан зелених насаджень, рекреаційне навантаження і соціоекологічні запити населення.

ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМНОСТІ І КОМПЛЕКСНОСТІ ДЛЯ УПРАВЛІННЯМ ДОВКІЛЛЯМ

Системність і комплексність мають безпосереднє управлінське значення. Саме вони забезпечують перехід від часткових рішень до обґрунтованих стратегій природокористування. Якщо управлінське рішення спирається лише на один показник або один компонент довкілля, воно може бути неефективним або навіть спричинити небажані наслідки для інших компонентів системи.

Наприклад, боротьба з підтопленням лише інженерними методами без урахування стану заплав, водно-болотних угідь, забудови, водопроникності поверхонь і кліматичних тенденцій може не вирішити проблему, а лише перенести її в іншу частину басейну. Натомість системний і комплексний моніторинг дозволяє побачити всю сукупність чинників і обрати більш збалансоване рішення, зокрема через природоорієнтовані підходи, відновлення заплав, регулювання забудови, збереження зелених зон і водоутримувальних територій.

У цьому сенсі системність і комплексність забезпечують зв'язок між моніторингом, прогнозуванням, просторовим плануванням, екологічним управлінням і сталим розвитком території.

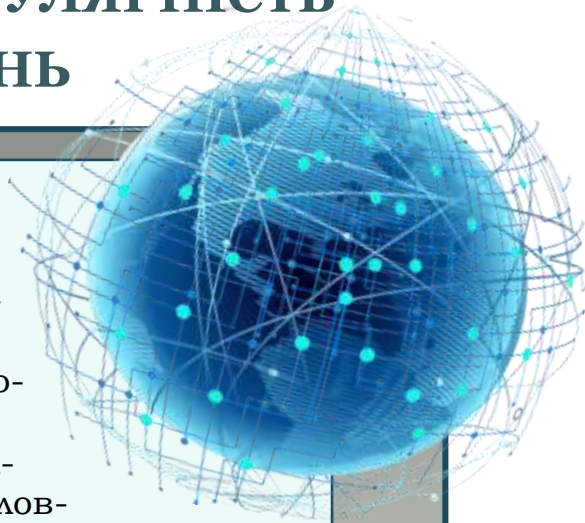
Системність і комплексність є фундаментальними принципами організації моніторингу довкілля, що визначають його наукову обґрунтованість, аналітичну глибину та практичну цінність. Системність забезпечує розуміння довкілля як цілісної, ієрархічно організованої та взаємопов'язаної системи, тоді як комплексність гарантує повноту охоплення її компонентів, процесів, показників і методів дослідження.

Їх поєднання дозволяє формувати не фрагментарні описи окремих параметрів, а цілісні моніторингові оцінки, придатні для діагностики екологічних проблем, прогнозування змін, оцінювання ризиків, збереження екосистемних послуг і ухвалення управлінських рішень. Саме тому системність і комплексність є базовими умовами ефективного функціонування сучасних моніторингових систем.

3.2.

БЕЗПЕРЕРВНІСТЬ І РЕГУЛЯРНІСТЬ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Безперервність і регулярність спостережень належать до ключових принципів організації моніторингу довкілля, оскільки саме вони забезпечують можливість виявлення динаміки природних і природно-антропогенних процесів у часі. Моніторинг за своєю сутністю не може бути одноразовим вимірюванням або епізодичним описом стану довкілля, адже його головне призначення полягає у систематичному простеженні змін, оцінюванні тенденцій, виявленні відхилень і прогнозуванні подальшого розвитку екологічної ситуації.



Принцип безперервності передбачає організацію моніторингових спостережень як тривалого, послідовного й методично узгодженого процесу, що забезпечує накопичення даних упродовж певного періоду часу. Безперервність не обов'язково означає щосекундне або щоденне вимірювання всіх показників, але вона означає наявність сталої системи спостережень, яка дозволяє відстежувати зміни стану довкілля у відповідних часових інтервалах. Регулярність, своєю чергою, означає повторюваність спостережень за визначеним часовим режимом, що забезпечує порівнюваність результатів і можливість аналізу динаміки.

Особливе значення ці принципи мають тому, що природні процеси характеризуються різною швидкістю, ритмічністю та тривалістю прояву. Одні зміни можуть відбуватися дуже швидко – наприклад, різке погіршення якості повітря, паводок, аварійний скид забруднювальних речовин або пожежа. Інші мають довготривалий характер – деградація ґрунтів, зміна кліматичних умов, трансформація рослинного покриву, втрата біорізноманіття, зниження екосистемних послуг. Саме тому моніторинг має бути організований так, щоб фіксувати як короточасні коливання, так і довготривалі тенденції.

БЕЗПЕРЕРВНІСТЬ ЯК УМОВА ВИЯВЛЕННЯ ДИНАМІКИ ДОВКІЛЛЯ

Безперервність моніторингових спостережень забезпечує можливість розглядати стан довкілля не як статичну характеристику, а як результат постійної взаємодії природних і антропогенних чинників. Будь-який екологічний показник змінюється у часі під впливом сезонних циклів, погодних умов, гідрологічного режиму, біологічної активності, господарської діяльності, надзвичайних подій або довгострокових кліматичних тенденцій.

Наприклад, якість води у річці може істотно змінюватися залежно від сезону, кількості опадів, водності, інтенсивності сільськогосподарського стоку, температури води та обсягів скидів. Одноразове вимірювання хімічного складу води не дозволяє зрозуміти реальний стан водної екосистеми, оскільки воно фіксує лише певний момент. Натомість тривалі спостереження дозволяють встановити закономірності: у які періоди якість води погіршується, які чинники це зумовлюють, чи є зміни випадковими, сезонними або стійкими.

Аналогічно, стан рослинності не може бути повноцінно оцінений за одним спостереженням. Рослинний покрив змінюється упродовж вегетаційного періоду, реагує на температуру, вологість, посухи, пожежі, рубки, рекреаційне навантаження та інші чинники. Безперервний або довгостроковий моніторинг дозволяє відрізнити нормальні сезонні зміни від ознак деградації, стресу або втрати продуктивності.

Таким чином, безперервність створює основу для виявлення часової структури екологічних процесів. Вона дозволяє переходити від фіксації окремих станів до аналізу розвитку, циклічності, трендів і порушень у функціонуванні природних систем.

РЕГУЛЯРНІСТЬ ЯК УМОВА ПОРІВНЮВАНOSTІ МОНИТОРИНГОВИХ ДАНИХ

Регулярність спостережень забезпечує методичну впорядкованість моніторингового процесу. Вона означає, що дані збираються не випадково, а відповідно до заздалегідь визначеної періодичності: щогодини, щоденно, щотижнево, сезонно, щорічно або через інші обґрунтовані інтервали. Саме регулярність дозволяє порівнювати результати між собою і формувати часові ряди.

Часовий ряд є однією з найважливіших форм моніторингових даних, оскільки він дозволяє простежити, як змінюється показник упродовж певного часу. Наприклад, регулярні вимірювання температури повітря дозволяють виявляти кліматичні тенденції; регулярні спостереження за рівнем води – оцінювати гідрологічний режим; регулярні супутникові знімки – аналізувати динаміку земного покриву; регулярний біомоніторинг – простежувати зміни у видовому складі та стані популяцій.

Якщо спостереження здійснюються нерегулярно, у різні сезони, різними методами або без чіткої періодичності, результати стають складними для порівняння. У такому разі важко встановити, чи є виявлені відмінності наслідком реальної зміни довкілля, чи вони зумовлені різницею у часі, погодних умовах, методиці або випадковими обставинами. Тому регулярність є необхідною умовою достовірності часових порівнянь.

Регулярність спостережень має бути узгоджена з характером досліджуваного процесу. Для швидкоплинних процесів потрібна висока частота спостережень, тоді як для повільних змін достатніми можуть бути сезонні або щорічні обстеження. Наприклад, моніторинг якості повітря у місті потребує частих або автоматизованих вимірювань, тоді як моніторинг вмісту гумусу у ґрунтах може здійснюватися з більшими інтервалами.

Часова організація моніторингу

Безперервність і регулярність спостережень безпосередньо пов'язані з часовою організацією моніторингу. Вона передбачає визначення тривалості спостережень, періодичності збору даних, сезонності, частоти вимірювань, строків повторних обстежень і режиму оновлення інформації.

Часова організація моніторингу має враховувати декілька важливих аспектів. По-перше, необхідно розуміти природну ритміку процесу. Багато екологічних явищ мають сезонний характер: паводки, посухи, цвітіння водойм, вегетація рослин, міграція тварин, рекреаційне навантаження. По-друге, слід враховувати інтенсивність антропогенного впливу, який може бути постійним, періодичним або епізодичним. По-третє, потрібно визначати, які саме зміни є важливими для управління: оперативні, середньострокові чи довгострокові.

Наприклад, у моніторингу атмосферного повітря важливими є короткочасні концентрації забруднювальних речовин, оскільки вони можуть прямо впливати на здоров'я населення. У моніторингу кліматичних змін важливі багаторічні тенденції. У моніторингу лісових екосистем значення мають як сезонні зміни стану рослинності, так і довготривалі процеси висихання, зміни видового складу або відновлення після порушень.

Правильно організований часовий режим моніторингу дозволяє уникнути випадковості, забезпечує порівнюваність даних і створює умови для науково обґрунтованого прогнозування.

Значення безперервності та регулярності для прогнозування

Прогнозування стану довкілля неможливе без достатньо тривалих і регулярних спостережень. Саме часові ряди даних дозволяють встановлювати тенденції, визначати швидкість змін, оцінювати ймовірність майбутніх станів і моделювати різні сценарії розвитку екологічної ситуації.

Наприклад, для прогнозування паводків необхідні регулярні дані про рівень води, кількість опадів, сніговий покрив, температуру, стан водозбору та гідрологічну динаміку. Для прогнозування деградації ґрунтів потрібні повторні дані про ерозію, вміст гумусу, структуру землекористування, рослинний покрив і агротехнічне навантаження. Для прогнозування змін екосистемних послуг необхідно простежувати стан екосистем у часі, їх продуктивність, стійкість і здатність виконувати регулюючі, забезпечувальні або культурні функції.

Безперервність створює основу для накопичення достатнього обсягу інформації, а регулярність забезпечує її аналітичну придатність. Якщо дані є уривчастими, прогнозування стає ненадійним, оскільки неможливо відрізнити стійку тенденцію від випадкового коливання. Саме тому ці принципи є фундаментальними для реалізації прогностичної функції моніторингу.

Безперервність і регулярність у різних типах моніторингу

Реалізація принципів безперервності та регулярності залежить від типу моніторингу. У фоновому моніторингу важливо забезпечити довгострокове спостереження за природними або умовно природними параметрами довкілля, що дозволяє визначати еталонні або базові умови. У імпактічному моніторингу регулярність потрібна для контролю впливу конкретного джерела забруднення або господарської діяльності. У кризовому моніторингу головним стає оперативність і висока частота спостережень у період надзвичайної ситуації.

У біологічному моніторингу регулярність має бути пов'язана з життєвими циклами організмів, фенологічними фазами, періодами розмноження, міграції або вегетації. У гідрологічному моніторингу важливо враховувати сезонні зміни водності, паводкові періоди, меженні фази. У ґрунтовому моніторингу значення має повторюваність спостережень у зіставних умовах, щоб уникнути викривлення результатів через сезонну вологість або агротехнічні роботи.

Таким чином, безперервність і регулярність не означають однакової частоти спостережень для всіх об'єктів. Вони вимагають науково обґрунтованого часового режиму, що відповідає природі досліджуваного процесу та меті моніторингу.

Роль автоматизованих і цифрових систем у забезпеченні безперервності спостережень

Сучасні цифрові технології значно розширюють можливості реалізації принципів безперервності та регулярності. Автоматизовані станції, сенсорні мережі, супутникові системи, безпілотні літальні апарати, геоінформаційні платформи та цифрові бази даних дозволяють отримувати інформацію з високою часовою повторюваністю і забезпечувати оперативне оновлення моніторингових даних.

Автоматизовані станції якості повітря можуть фіксувати концентрації забруднювальних речовин у режимі реального часу. Супутникові дані дозволяють регулярно оцінювати стан рослинності, водних об'єктів, земного покриву, лісових масивів або урбанізованих територій. Сенсори рівня води забезпечують постійне спостереження за гідрологічним режимом. Такі технології дають можливість швидко виявляти аномалії, реагувати на ризики і формувати довготривалі часові ряди.

Водночас цифрові системи не усувають необхідності методичного контролю. Дані мають перевірятися, калібруватися, зіставлятися з наземними спостереженнями, очищуватися від помилок і коректно інтерпретуватися. Без цього навіть безперервний потік даних може не забезпечувати достовірного розуміння екологічної ситуації.

Управлінське значення безперервності та регулярності

Безперервність і регулярність спостережень мають безпосереднє управлінське значення. Вони дозволяють не лише оцінювати поточний стан довкілля, а й контролювати ефективність природоохоронних заходів, своєчасно виявляти погіршення ситуації, визначати потребу у коригуванні

управлінських рішень і формувати адаптивну систему екологічного управління.

Наприклад, якщо у місті впроваджено програму озеленення для зниження ефекту теплового острова, лише регулярний моніторинг температури поверхні, стану зелених насаджень і якості повітря дозволить оцінити, чи має ця програма реальний ефект. Якщо у річковому басейні здійснено заходи з відновлення прибережних захисних смуг, регулярні спостереження потрібні для оцінки змін якості води, стану берегів, біорізноманіття та ерозійних процесів.

Таким чином, моніторинг стає механізмом зворотного зв'язку між управлінською дією та екологічним результатом. Без регулярних і тривалих спостережень управління втрачає можливість оцінити власну ефективність.

Ризики порушення принципів безперервності та регулярності

Порушення принципів безперервності та регулярності призводить до суттєвого зниження якості моніторингової інформації. Якщо спостереження проводяться епізодично, у різні часові періоди, без урахування сезонності або за різними методиками, результати можуть бути непорівнюваними і недостатньо достовірними.

Основними ризиками є:

- неможливість виявлення довгострокових тенденцій;
- помилкове трактування випадкових коливань як стійких змін;
- пропуск короточасних, але екологічно небезпечних подій;
- недостатність даних для прогнозування;
- зниження якості управлінських рішень;
- неможливість оцінити ефективність природоохоронних заходів.

Наприклад, якщо якість води у річці вимірюється лише один раз на рік, можна не зафіксувати періоди найвищого

забруднення, пов'язані з весняним зливом добрив, літнім зменшенням водності або аварійними скидами. Якщо стан рослинності оцінюється у різні сезони без урахування фенологічних фаз, порівняння результатів може бути некоректним.

Безперервність і регулярність спостережень є фундаментальними принципами організації моніторингу довкілля, що забезпечують його здатність відображати динаміку природних і природно-антропогенних процесів у часі. Безперервність створює умови для тривалого накопичення інформації, а регулярність забезпечує повторюваність, порівнюваність і аналітичну придатність отриманих даних.

Їх дотримання дозволяє виявляти тенденції, аналізувати сезонні та довгострокові зміни, фіксувати відхилення, прогнозувати екологічні ризики та оцінювати ефективність управлінських рішень. Саме тому безперервність і регулярність є необхідною умовою перетворення моніторингу з разового спостереження на повноцінну систему наукового пізнання, прогнозування та управління станом довкілля.

3.3.

РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ І ДОСТОВІРНІСТЬ ДАНИХ

Репрезентативність і достовірність даних є одними з визначальних принципів організації моніторингу довкілля, оскільки саме від якості отриманої інформації залежить об'єктивність оцінювання стану природного середовища, правильність інтерпретації екологічних процесів, надійність прогнозів та ефективність управлінських рішень. Моніторинг довкілля виконує інформаційну, діагностичну, прогностичну та управлінську функції лише за умови, що дані, на яких він ґрунтується, є достатньо повними, науково обґрунтованими, точними, порівнюваними та такими, що реально відображають стан досліджуваної системи.

Принцип репрезентативності передбачає, що отримані моніторингові дані повинні адекватно відображати властивості, структуру, стан і динаміку об'єкта дослідження. Це означає, що система спостережень має бути організована так, щоб результати вимірювань або оцінок були характерними для певної території, процесу, екосистеми або природної системи загалом, а не лише для окремої точки чи випадкової ситуації.

Принцип достовірності означає відповідність отриманих даних реальному стану довкілля. Достовірні дані повинні бути точними, перевіреними, методично обґрунтованими, отриманими за допомогою надійних методів і придатними для подальшого аналізу, порівняння та використання у процесі ухвалення рішень.

Репрезентативність і достовірність є взаємопов'язаними принципами. Дані можуть бути технічно точними, але нерепрезентативними, якщо вони не відображають особливостей усієї системи. Водночас навіть репрезентативна система спостережень втрачає цінність, якщо отримані результати є недостовірними через методичні помилки, низьку точність вимірювань або порушення процедур збору й оброблення інформації.

Репрезентативність як здатність даних відображати реальний стан системи

Репрезентативність у моніторингу довкілля означає відповідність отриманої інформації реальним просторовим, часовим і функціональним характеристикам досліджуваного об'єкта. Вона визначає, наскільки результати спостережень можуть бути поширені на певну територію, природну систему або екологічний процес.

У природному середовищі більшість процесів мають просторову неоднорідність. Наприклад, якість атмосферного повітря може істотно відрізнятися у різних частинах міста залежно від транспортного навантаження, щільності забудови, наявності зелених зон, промислових об'єктів і циркуляції повітряних мас. Аналогічно, стан ґрунтів може змінюватися

залежно від рельєфу, типу землекористування, рівня ерозії або агротехнічного навантаження. Саме тому результати, отримані в одній точці, не завжди можуть характеризувати територію загалом.

Репрезентативність вимагає правильного вибору:

- пунктів спостережень;
- пробних площ;
- маршрутів дослідження;
- часових інтервалів;
- системи показників;
- масштабів оцінювання.

Наприклад, якщо моніторинг якості води у річці здійснюється лише у верхній частині басейну, отримані результати не будуть репрезентативними для всієї річкової системи, особливо якщо нижче за течією розташовані міста, промислові підприємства або аграрні території. Для забезпечення репрезентативності необхідно враховувати просторову структуру водозбору, джерела впливу, гідрологічний режим та функціональні особливості басейну.

У моніторингу лісових екосистем репрезентативність залежить від того, наскільки пробні ділянки відображають різноманіття умов: типи лісу, вікову структуру, рівень антропогенного навантаження, експозицію схилів, висотну поясність, вологість або ступінь порушеності. Якщо спостереження охоплюють лише найбільш доступні або візуально однорідні ділянки, результати можуть не відображати реального стану екосистеми.

Таким чином, репрезентативність є необхідною умовою екологічної обґрунтованості моніторингових висновків.

Просторова репрезентативність

Одним із найважливіших аспектів репрезентативності є просторова репрезентативність. Вона означає, що мережа спостережень має охоплювати різні частини території відповідно до її природної структури, рівня антропогенного навантаження та функціональної неоднорідності.

Просторова репрезентативність особливо важлива для:

- урбанізованих територій;
- річкових басейнів;
- агроландшафтів;
- природоохоронних територій;
- зон техногенного впливу;
- гірських регіонів;
- територій зі складною ландшафтною структурою.

Наприклад, у місті система моніторингу повітря повинна включати:

- транспортні вузли;
- житлові квартали;
- промислові зони;
- рекреаційні території;
- фонові ділянки.

Лише така мережа дозволить сформувати об'єктивне уявлення про просторову структуру забруднення. Якщо ж станція розміщена лише у парковій зоні, результати можуть суттєво недооцінювати реальне антропогенне навантаження.

У басейновому моніторингу просторову репрезентативність забезпечує охоплення верхньої, середньої та нижньої частин басейну, основних приток, зон інтенсивного землекористування, прибережних смуг і територій із різним рівнем антропогенного впливу.

Просторова репрезентативність є особливо важливою у ПС-та дистанційно орієнтованому моніторингу, оскільки саме вона визначає, наскільки коректно цифрові моделі та просторові узагальнення відображають реальну структуру території.

Часова репрезентативність

Репрезентативність має не лише просторовий, а й часовий вимір. Часова репрезентативність означає, що дані повинні відображати характерні часові зміни досліджуваного процесу.

Багато природних процесів мають:

- сезонну ритміку;
- добову мінливість;

- багаторічні цикли;
- епізодичні прояви;
- тенденції довготривалих змін.

Наприклад, концентрація забруднювальних речовин у повітрі може змінюватися залежно від часу доби, інтенсивності транспорту або погодних умов. Стан рослинності залежить від фази вегетації. Якість води у річці змінюється залежно від водності, температури, паводків або сільськогосподарського циклу.

Якщо спостереження проводяться лише у певний сезон або випадковий період, отримані результати можуть бути нерепрезентативними для загального стану системи. Саме тому часова репрезентативність потребує правильно організованої періодичності спостережень, узгодженої з ритмікою природних процесів.

Достовірність як характеристика якості моніторингової інформації

Достовірність означає відповідність отриманих даних реальному стану довкілля. Вона визначається точністю вимірювань, надійністю методів, правильністю організації спостережень, якістю обладнання, кваліфікацією виконавців і коректністю оброблення результатів.

Достовірність є фундаментальною умовою наукової та практичної цінності моніторингу. Навіть незначні помилки у вимірюваннях можуть призводити до неправильних висновків щодо стану довкілля, тенденцій змін або рівня екологічної небезпеки.

Наприклад:

- помилки калібрування приладів можуть викривлявати результати аналізу повітря;
- неправильний відбір проб води – впливати на хімічні показники;
- неточності геоприв'язки – спотворювати просторовий аналіз;

- некоректна класифікація супутникових знімків – призводити до помилок у визначенні типів земного покриву;
- помилки у статистичному аналізі – створювати хибні тенденції.

Достовірність передбачає також перевірку даних на:

- точність;
- узгодженість;
- повторюваність;
- відтворюваність;
- логічну несуперечливість.

Саме тому моніторингові системи повинні включати процедури контролю якості, стандартизації та верифікації інформації.

Методичне забезпечення достовірності

Однією з основних умов достовірності є методична уніфікація моніторингових досліджень. Дані мають отримуватися за єдиними або порівнюваними методиками, що забезпечує можливість зіставлення результатів у просторі та часі.

Методичне забезпечення достовірності включає:

- стандартизацію методів;
- калібрування обладнання;
- використання сертифікованих методик;
- контроль похибок;
- повторні вимірювання;
- статистичну перевірку;
- верифікацію результатів;
- архівування первинних даних.

Особливого значення це набуває у довгостроковому моніторингу. Якщо методика вимірювання змінюється без відповідної корекції або порівняння, часові ряди можуть втратити аналітичну цінність.

Наприклад, у кліматичному моніторингу надзвичайно важливо забезпечувати стабільність методик спостереження,

оскільки навіть зміна місця розташування метеостанції або типу датчика може вплинути на результати.

Репрезентативність і достовірність у дистанційному моніторингу

У сучасному моніторингу дедалі більшого значення набувають дистанційні методи та геоінформаційні технології. Проте їх ефективність також залежить від репрезентативності й достовірності даних.

Наприклад, супутникові знімки можуть мати:

- різну просторову роздільну здатність;
- різний часовий крок;
- атмосферні викривлення;
- вплив хмарності;
- геометричні помилки.

Тому дистанційні дані часто потребують:

- геометричної корекції;
- атмосферної корекції;
- калібрування;
- наземної перевірки (ground truthing);
- інтеграції з польовими спостереженнями.

Репрезентативність дистанційних даних залежить від того, наскільки обрана роздільна здатність і часовий інтервал відповідають масштабу та динаміці досліджуваного процесу. Наприклад, для аналізу локальних ерозійних форм потрібні детальні знімки високої роздільної здатності, тоді як для оцінки регіональних змін рослинності можуть бути достатніми супутникові дані середньої деталізації.

Значення репрезентативності і достовірності для управлінських рішень

Репрезентативність і достовірність мають критичне значення для екологічного управління. Управлінські рішення, засновані на нерепрезентативних або недостовірних даних, можуть бути неефективними, економічно необґрунтованими або навіть екологічно небезпечними.

Наприклад:

- недооцінка рівня забруднення може призвести до недостатніх природоохоронних заходів;
- помилкова оцінка ерозійних ризиків – до неправильного землекористування;
- нерепрезентативний моніторинг біорізноманіття – до втрати рідкісних видів;
- неточні просторові дані – до неефективного планування територій.

Саме тому якість моніторингової інформації є не лише науковою, а й управлінською категорією.

Узагальнення

Репрезентативність і достовірність даних є фундаментальними принципами організації моніторингу довкілля, що визначають наукову обґрунтованість, аналітичну надійність і практичну цінність моніторингових досліджень. Репрезентативність забезпечує здатність даних адекватно відображати просторові, часові та функціональні особливості природних і природно-антропогенних систем, тоді як достовірність гарантує точність, надійність і відповідність інформації реальному стану довкілля.

Їх реалізація потребує науково обґрунтованої організації мережі спостережень, правильного вибору показників, методичної стандартизації, контролю якості даних, використання надійних методів дослідження та інтеграції різних джерел інформації. Саме завдяки репрезентативності й достовірності моніторинг довкілля здатний виконувати свої інформаційні, діагностичні, прогностичні та управлінські функції, забезпечуючи об'єктивне розуміння екологічного стану територій і підтримку науково обґрунтованих управлінських рішень.

3.4.

ПРОСТОРОВА І ЧАСОВА УЗГОДЖЕНІСТЬ

Просторова і часова узгодженість є одними з базових принципів організації моніторингу довкілля, що забезпечують цілісність, порівнюваність та аналітичну придатність моніторингової інформації. Їх дотримання створює можливість інтегрувати результати спостережень, отримані у різних точках простору, у різний час та різними методами, в єдину систему екологічного аналізу. Саме просторова і часова узгодженість перетворюють окремі дані на взаємопов'язану інформаційну основу, придатну для оцінювання стану довкілля, виявлення тенденцій, аналізу динаміки процесів, моделювання та ухвалення управлінських рішень.

Моніторинг довкілля здійснюється у складному просторово-часовому середовищі, де природні процеси одночасно характеризуються територіальною неоднорідністю та часовою мінливістю. Екологічні явища розвиваються у конкретному просторі, мають певні масштаби прояву, різну швидкість змін і специфічну часову ритміку. Саме тому результати моніторингових спостережень повинні бути узгодженими як у просторовому, так і в часовому вимірах.

Просторова узгодженість передбачає відповідність між територіальним масштабом моніторингу, особливостями досліджуваного процесу та просторовою структурою системи спостережень. Часова узгодженість означає відповідність часових параметрів моніторингу – періодичності, тривалості та синхронності спостережень – характеру динаміки природних і природно-антропогенних процесів.

Ці принципи мають фундаментальне значення для сучасного моніторингу довкілля, оскільки без просторової і часової узгодженості навіть великі обсяги даних можуть бути фрагментарними, непорівнюваними або непридатними для комплексного аналізу.

Просторова узгодженість як основа територіальної цілісності моніторингу

Просторова узгодженість означає, що моніторингові спостереження повинні бути організовані відповідно до просторової структури досліджуваного об'єкта або процесу. Вона забезпечує можливість правильно інтерпретувати територіальні відмінності, встановлювати просторові закономірності та формувати цілісне уявлення про стан довкілля.

Природне середовище характеризується значною просторовою неоднорідністю. Атмосферні умови, гідрологічний режим, властивості ґрунтів, рослинний покрив, рельєф, структура землекористування, рівень антропогенного навантаження та стан екосистем можуть істотно змінюватися навіть у межах відносно невеликої території. Саме тому система моніторингу повинна враховувати:

- природну диференціацію території;
- ландшафтну структуру;
- басейнову організацію;
- функціональне зонування;
- джерела антропогенного впливу;
- масштаби екологічних процесів.

Наприклад, у басейновому моніторингу просторова узгодженість вимагає, щоб мережа спостережень охоплювала верхню, середню та нижню частини басейну, основні притоки, зони ерозійних процесів, аграрного навантаження, урбанізовані території та ділянки із природною рослинністю. Лише за таких умов можна оцінити взаємозв'язок між процесами у різних частинах басейнової системи.

У моніторингу міського середовища просторова узгодженість передбачає охоплення різних функціональних зон міста:

- промислових територій;
- транспортних вузлів;
- житлової забудови;
- рекреаційних територій;
- приміських зон;
- ділянок із різним рівнем озеленення.

Якщо система спостережень не враховує просторову структуру території, результати можуть бути викривленими або неповними. Наприклад, моніторинг якості повітря лише у парковій зоні не дозволяє адекватно оцінити рівень забруднення в транспортно навантажених районах.

Таким чином, просторова узгодженість забезпечує територіальну репрезентативність моніторингу та можливість коректного просторового аналізу екологічних процесів.

Масштабність і просторові рівні моніторингу

Одним із ключових аспектів просторової узгодженості є відповідність масштабу моніторингу масштабу досліджуваного процесу. Різні природні явища проявляються на різних просторових рівнях:

- локальному;
- регіональному;
- національному;
- глобальному.

Наприклад:

- локальне забруднення ґрунтів поблизу промислового об'єкта потребує детального великомасштабного моніторингу;
- аналіз змін земного покриву регіону здійснюється на середніх масштабах;
- моніторинг кліматичних змін має глобальний характер.

Просторова узгодженість вимагає, щоб:

- масштаб даних;
- густота мережі спостережень;
- просторове розділення;
- рівень деталізації;
- способи узагальнення інформації

відповідали характеру екологічного процесу.

Наприклад, надто грубий масштаб дистанційних даних може не дозволити виявити локальні прояви деградації ґрунтів або ерозійні форми. Водночас надмірно деталізовані дані можуть бути неефективними для аналізу регіональних тенденцій.

Особливо важливою масштабною узгодженістю є у ГІС-аналізі та дистанційному моніторингу, де різні джерела даних можуть мати різну просторову роздільну здатність і різний рівень генералізації.

Часова узгодженість як умова аналізу динаміки процесів

Часова узгодженість означає відповідність режиму моніторингових спостережень часовим характеристикам досліджуваного процесу. Вона забезпечує можливість правильно аналізувати динаміку, тенденції, циклічність та швидкість змін у природному середовищі.

Екологічні процеси мають різну часову ритміку:

- добову;
- сезонну;
- багаторічну;
- епізодичну;
- циклічну;
- довготривалу трендову.

Наприклад:

- концентрація забруднювачів у повітрі може змінюватися протягом доби;
- стан рослинності – у межах вегетаційного циклу;
- водний режим річок – залежно від сезонної водності;
- деградація ґрунтів – упродовж десятиліть;
- кліматичні зміни – у межах багаторічних тенденцій.

Часова узгодженість означає, що:

- періодичність спостережень;
- час проведення вимірювань;
- тривалість моніторингу;
- синхронність збору даних

повинні відповідати особливостям процесу.

Наприклад, оцінювання стану рослинності за супутниковими даними повинно враховувати однакові фенологічні періоди, інакше відмінності між знімками можуть бути пов'язані не зі змінами екосистеми, а зі стадіями розвитку рослинності.

У гідрологічному моніторингу порівняння рівнів води має здійснюватися для співставних сезонів та однакових гідрологічних фаз. У кліматичному моніторингу особливого значення набуває багаторічна узгодженість спостережень.

Синхронність спостережень

Важливим аспектом часової узгодженості є синхронність спостережень. Вона означає одночасність або часову співставність збору даних для різних компонентів системи.

Природні процеси є взаємопов'язаними, тому для встановлення причинно-наслідкових залежностей необхідно забезпечувати синхронність моніторингових вимірювань.

Наприклад:

- аналіз якості води повинен супроводжуватися даними про витрати води, температуру та погодні умови;
- оцінювання стану рослинності – даними про опади, температуру, ґрунтову вологість;
- аналіз ерозійних процесів – інформацією про опади, рельєф, рослинний покрив і землекористування.

Якщо дані збираються у різний час без відповідної синхронізації, можуть виникати труднощі в інтерпретації взаємозв'язків між процесами.

Просторово-часова інтеграція даних

У сучасному моніторингу довкілля особливого значення набуває просторово-часова інтеграція даних. Вона передбачає об'єднання інформації, отриманої а) у різних точках простору; б) у різний час; в) різними методами; г) на різних рівнях моніторингу.

Таке інтегрування дозволяє:

- аналізувати динаміку процесів;
- виявляти тенденції;
- моделювати зміни;
- оцінювати ризики;
- формувати прогнозні сценарії.

Просторово-часова інтеграція особливо активно реалізується за допомогою:

- геоінформаційних систем;
- дистанційного зондування Землі;
- цифрових платформ;
- автоматизованих сенсорних мереж;
- багаточасових супутникових даних;
- геостатистичних моделей.

Наприклад, багаточасовий аналіз супутникових знімків дозволяє простежувати:

- зміни земного покриву;
- динаміку вирубок;
- деградацію рослинності;
- урбанізаційні процеси;
- зміни водних об'єктів;
- наслідки природних або воєнних порушень.

Саме просторово-часова узгодженість робить можливим комплексний геоecологічний аналіз території.

Просторова і часова узгодженість у ГІС та дистанційному моніторингу

У сучасних цифрових системах моніторингу принцип просторової і часової узгодженості набуває особливого значення. Дані дистанційного зондування, цифрові моделі рельєфу, тематичні шари ГІС, статистичні матеріали та результати польових досліджень повинні бути узгоджені:

- за координатною системою;
- просторовою роздільною здатністю;
- часовими інтервалами;
- масштабом;
- рівнем генералізації.

Наприклад, при інтеграції супутникових даних Sentinel-2 із польовими спостереженнями важливо, щоб:

- польові вимірювання здійснювалися у часово близький період;
- координати були точно прив'язані;
- масштаб оцінювання відповідав просторовій деталізації знімків.

Без такої узгодженості результати можуть бути некоректними або непорівнюваними.

Значення просторової і часової узгодженості для прогнозування та управління

Просторова і часова узгодженість має безпосереднє значення для прогнозування екологічних процесів та підтримки управлінських рішень.

Саме завдяки їй стає можливим:

- виявлення територіальних тенденцій;
- аналіз динаміки процесів;
- встановлення просторово-часових закономірностей;
- моделювання сценаріїв розвитку;
- оцінювання ризиків;
- прогнозування змін екосистем;
- визначення зон екологічної небезпеки;
- оцінювання ефективності природоохоронних заходів.

Наприклад, просторово-часовий аналіз лісових порушень дозволяє оцінити не лише площі вирубок, а й швидкість поширення деградаційних процесів, їх зв'язок із рельєфом, дорожньою мережею, типами землекористування та змінами кліматичних умов.

У системі просторового планування просторово-часова узгодженість забезпечує можливість:

- аналізувати динаміку забудови;
- оцінювати зміни ландшафтної структури;
- прогнозувати урбанізаційні процеси;
- визначати екологічно вразливі території;
- обґрунтовувати природоохоронні рішення.

Ризики порушення принципу просторової і часової узгодженості

Недотримання принципу просторової і часової узгодженості може призводити до:

- непорівнюваності даних;
- помилкових висновків;
- викривлення тенденцій;
- втрати аналітичної цінності часових рядів;
- неправильного просторового узагальнення;
- зниження достовірності моделей;
- неефективних управлінських рішень.

Наприклад:

- порівняння даних, отриманих у різні сезони, може створювати хибне уявлення про деградацію рослинності;
- інтеграція даних різного масштабу без відповідної генералізації – викривлявати просторові закономірності;
- аналіз супутникових знімків різної просторової роздільної здатності без корекції – знижувати точність оцінювання.

Саме тому просторово-часова узгодженість є обов'язковою умовою якісного моніторингу довкілля.

Узагальнення

Просторова і часова узгодженість є фундаментальними принципами організації моніторингу довкілля, що забезпечують цілісність, порівнюваність та інтегрованість моніторингової інформації. Просторова узгодженість гарантує відповідність системи спостережень територіальній структурі природних і природно-антропогенних систем, тоді як часова узгодженість забезпечує відповідність режиму моніторингу часовій динаміці екологічних процесів.

Їх реалізація дозволяє формувати просторово-часові моделі стану довкілля, аналізувати тенденції, виявляти закономірності, прогнозувати зміни та підтримувати науково обґрунтоване управління природокористуванням і розвитком територій. Саме тому просторова і часова узгодженість є необхідною умовою ефективного функціонування сучасних моніторингових систем.

3.5.

ЕКОСИСТЕМНИЙ ПРИНЦИП МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Екосистемний принцип є одним із ключових сучасних принципів організації моніторингу довкілля, що визначає необхідність розгляду природного середовища як сукупності взаємопов'язаних екосистем, які функціонують у межах певних просторово-часових умов та забезпечують підтримання життєво важливих природних процесів і екосистемних послуг. На відміну від традиційних підходів, орієнтованих переважно на оцінювання окремих компонентів довкілля – атмосферного повітря, вод, ґрунтів або біоти, – екосистемний принцип передбачає цілісний аналіз структури, функціонування, динаміки, стійкості та взаємозв'язків природних систем.



Сутність екосистемного принципу полягає у тому, що моніторинг має бути спрямований не лише на фіксацію окремих параметрів середовища, а й на оцінювання стану екосистем як функціональних природних систем, їх здатності підтримувати екологічну рівновагу, забезпечувати біорізноманіття, виконувати регуляторні функції та надавати екосистемні послуги суспільству.

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, урбанізації, деградації природних ресурсів, втрати біорізноманіття та зростання антропогенного навантаження екосистемний принцип набуває особливого значення. Саме він забезпечує перехід від фрагментарного контролю окремих природних компонентів до комплексного розуміння функціонування природних і природно-антропогенних систем.

Екосистема як об'єкт моніторингових досліджень

Екосистема є складною природною системою, що включає живі організми, компоненти абіотичного середовища та систему взаємозв'язків між ними. Її функціонування забезпечується процесами обміну речовиною, енергією та інформацією. Саме тому стан екосистеми не може бути оцінений лише за одним окремим показником.

Наприклад, оцінювання стану лісової екосистеми передбачає врахування:

- структури деревостану;
- видового складу;
- стану ґрунтів;
- вологості;
- біопродуктивності;
- процесів природного поновлення;
- антропогенного навантаження;
- пожежних ризиків;
- рівня фрагментації;
- стану екосистемних послуг.

Аналогічно, оцінювання водної екосистеми має охоплювати:

- гідрологічний режим;
- якість води;
- стан донних відкладів;
- біологічні угруповання;
- прибережні екосистеми;
- джерела забруднення;
- структуру водозбору;
- рівень антропогенного впливу.

Таким чином, екосистема у моніторингу розглядається не як сукупність ізольованих компонентів, а як функціонально цілісна система, стан якої визначається характером взаємодії між її елементами.

Основні положення екосистемного принципу

Екосистемний принцип моніторингових досліджень ґрунтується на декількох фундаментальних положеннях.

1. Цілісність природних систем

Екосистеми розглядаються як цілісні системи, у межах яких усі компоненти взаємопов'язані. Зміна одного елемента неминує впливає на інші складові системи.

Наприклад:

- деградація ґрунтів може призводити до зниження продуктивності рослинності;
- зниження лісистості – до змін водного режиму;
- забруднення води – до втрати біорізноманіття;
- урбанізація – до трансформації мікроклімату та порушення екологічних зв'язків.

Саме тому моніторинг повинен враховувати взаємозалежність компонентів екосистеми, а не аналізувати їх ізольовано.

2. Функціональний підхід

Екосистемний принцип передбачає оцінювання не лише структури екосистем, а й процесів їх функціонування.

До таких процесів належать:

- кругообіг речовин;
- потоки енергії;

- водообмін;
- біопродуктивність;
- процеси самоочищення;
- ґрунтоутворення;
- регуляція клімату;
- підтримання біорізноманіття.

Наприклад, навіть відносно незмінена за структурою екосистема може втрачати функціональну стійкість через погіршення водного режиму, фрагментацію або накопичення забруднювальних речовин.

3. Оцінювання стійкості екосистем

Одним із ключових аспектів екосистемного підходу є аналіз стійкості екосистем до природних і антропогенних впливів.

Моніторинг має дозволяти оцінювати:

- здатність екосистем до саморегуляції;
- адаптаційний потенціал;
- рівень екологічної стійкості;
- межі антропогенного навантаження;
- ризики деградації;
- темпи відновлення після порушень.

Наприклад, лісова екосистема може певний час компенсувати вплив рекреаційного навантаження або забруднення, однак після перевищення критичного порогу відбувається порушення її структури та функціонування.

4. Урахування екосистемних послуг

Сучасний екосистемний підхід тісно пов'язаний із концепцією екосистемних послуг. Екосистеми розглядаються не лише як природні об'єкти, а як системи, що забезпечують суспільство матеріальними, регуляторними, культурними та підтримувальними функціями.

Моніторинг у цьому контексті має оцінювати:

- здатність екосистем очищувати повітря і воду;
- регуляцію клімату;
- водоутримувальні функції;
- захист від ерозії;
- рекреаційний потенціал;

- підтримання біорізноманіття;
- продуктивність екосистем.

Таким чином, екосистемний принцип інтегрує екологічні та соціально-економічні аспекти моніторингу.

Взаємозв'язок екосистемного принципу з ландшафтним і басейновим підходами

Екосистемний принцип тісно пов'язаний із ландшафтним і басейновим підходами до організації моніторингу довкілля.

Ландшафтний підхід дозволяє враховувати:

- просторову структуру території;
- взаємодію природних компонентів;
- територіальну диференціацію процесів;
- ландшафтну мозаїчність;
- функціональні зв'язки між природними комплексами.

Басейновий підхід особливо важливий для моніторингу водних систем, оскільки річковий басейн є цілісною природною системою, у межах якої всі процеси взаємопов'язані.

Наприклад:

- зміни землекористування у верхів'ях басейну можуть впливати на якість води нижче за течією;
- вирубування лісів може змінювати гідрологічний режим;
- ерозійні процеси – збільшувати замулення водойм.

Саме тому екосистемний принцип вимагає аналізу екологічних процесів у межах функціонально цілісних природних систем.

Екосистемний принцип у сучасному моніторингу біорізноманіття

Одним із найважливіших напрямів реалізації екосистемного принципу є моніторинг біорізноманіття.

Традиційний підхід до охорони природи часто був орієнтований на окремі види або об'єкти. Натомість екосистемний принцип передбачає оцінювання:

- стану середовищ існування;
- структури угруповань;
- екологічних зв'язків;
- функціональної різноманітності;
- цілісності екосистем;
- процесів природної динаміки.

У цьому контексті важливими стають:

- індикаторні види;
- екологічні коридори;
- рівень фрагментації середовищ;
- стійкість екосистем;
- природна відновлюваність.

Моніторинг біорізноманіття в екосистемному підході розглядається не лише як облік видів, а як оцінювання функціонального стану природних систем.

Екосистемний принцип у дистанційному та ГІС-моніторингу

Сучасні геоінформаційні та дистанційні технології значно розширюють можливості реалізації екосистемного принципу.

Дистанційне зондування Землі дозволяє:

- аналізувати структуру земного покриву;
- оцінювати стан рослинності;
- виявляти деградаційні процеси;
- аналізувати динаміку екосистем;
- оцінювати фрагментацію;
- відстежувати зміни водних об'єктів;
- моделювати просторову структуру природних систем.

ГІС-технології забезпечують:

- інтеграцію різнорідних даних;
- просторовий аналіз;
- моделювання екосистемних процесів;

- оцінювання екосистемних послуг;
- побудову просторово-часових моделей;
- виявлення екологічних ризиків.

Особливо важливим є багаточасовий аналіз супутникових даних, який дозволяє простежувати динаміку екосистем упродовж тривалого часу.

Управлінське значення екосистемного принципу

Екосистемний принцип має надзвичайно важливе значення для екологічного управління та просторового планування.

Саме він створює основу для:

- інтегрованого природокористування;
- збалансованого розвитку територій;
- управління природними ресурсами;
- оцінювання екосистемних послуг;
- формування природоохоронних стратегій;
- адаптації до кліматичних змін;
- реалізації природоорієнтованих рішень.

Наприклад, у системі просторового планування екосистемний підхід дозволяє:

- враховувати екологічну цілісність території;
- зберігати природні каркаси;
- підтримувати екологічні коридори;
- уникати фрагментації екосистем;
- оцінювати наслідки забудови;
- формувати екологічно збалансовану структуру землекористування.

У природоохоронній діяльності екосистемний принцип дозволяє перейти від охорони окремих об'єктів до збереження функціонування природних систем загалом.

Ризики ігнорування екосистемного принципу

Ігнорування екосистемного принципу може призводити до:

- фрагментарного аналізу довкілля;
- недооцінки взаємозв'язків між компонентами;

- помилкових управлінських рішень;
- порушення екологічної рівноваги;
- деградації природних систем;
- втрати екосистемних послуг;
- посилення екологічних ризиків.

Наприклад, оцінювання стану річки лише за хімічними показниками без урахування структури водозбору, стану прибережних смуг і біологічних угруповань не дозволяє зрозуміти реальні причини деградації водної екосистеми.

Аналогічно, планування забудови без урахування екологічних коридорів, зелених зон і природної структури території може спричиняти фрагментацію екосистем, погіршення мікроклімату та зниження екологічної стійкості міського середовища.

Узагальнення

Екосистемний принцип моніторингових досліджень є фундаментальною основою сучасного моніторингу довкілля, що передбачає розгляд природного середовища як сукупності взаємопов'язаних екосистем, здатних забезпечувати підтримання екологічної рівноваги, біорізноманіття та екосистемних послуг.

Його реалізація вимагає:

- цілісного аналізу природних систем;
- урахування взаємозв'язків між компонентами;
- оцінювання функціонування екосистем;
- аналізу стійкості та динаміки;
- інтеграції природних і соціально-економічних аспектів;
- використання сучасних ГІС та дистанційних технологій.

Саме екосистемний принцип забезпечує перехід від фрагментарного контролю окремих параметрів довкілля до комплексного розуміння функціонування природних систем і створює наукову основу для сталого природокористування, екологічного управління та збереження екосистемних послуг.

Підсумовуючи викладене, слід зазначити, що принципи організації моніторингу довкілля формують методологічну основу побудови ефективних систем екологічних спостережень. Дотримання принципів системності й комплексності, безперервності та регулярності спостережень, репрезентативності й достовірності даних, просторової та часової узгодженості, а також екосистемного підходу забезпечує отримання науково обґрунтованої, порівнюваної та практично значущої інформації про стан природних і природно-антропогенних систем. Саме на основі таких даних стає можливим об'єктивне оцінювання екологічної ситуації, виявлення тенденцій змін у довкіллі, прогнозування можливих ризиків і обґрунтування управлінських рішень у сфері охорони природи та сталого розвитку територій.

Для ефективного освоєння розділу про принципи організації моніторингу довкілля доцільно узагальнити їх у структурованому вигляді, що дозволяє одночасно оцінити ключові характеристики кожного принципу, приклади практичного застосування та методологічне значення для формування науково обґрунтованих рішень у сфері природокористування. Такий підхід полегшує систематизацію знань та підготовку до самостійної роботи й самоперевірки.

Принципи організації моніторингу довкілля та їх ключові характеристики

Принцип	Ключові характеристики	Приклади реалізації	Методологічне значення
Системність і комплексність	Розгляд моніторингових процесів у взаємозв'язку природних, соціальних та техногенних систем; інтеграція	Річковий басейн – поєднання гідрологічних, хімічних та ландшафтних спостережень	Дозволяє формувати цілісне уявлення про стан довкілля та міжсистемні взаємозв'язки

	різних видів даних		
Безперервність і регулярність спостережень	Постійне або періодичне отримання даних; визначені часові інтервали збору	Місто – щомісячний моніторинг якості повітря; ОТГ – сезонні спостереження за станом водних ресурсів	Забезпечує виявлення тенденцій змін, аномалій і своєчасну реакцію на ризики
Репрезентативність і достовірність даних	Вибір об'єктів і точок спостережень, що відображають реальний стан систем; використання перевірених методів	Річковий басейн – відбір проб води з контрольних точок; місто – аналіз усіх основних зелених зон	Гарантує наукову обґрунтованість оцінок та можливість прийняття управлінських рішень
Просторова і часова узгодженість	Координування даних між різними рівнями та ділянками; синхронізація спостережень у часі	ОТГ – одночасне вимірювання параметрів повітря та води на різних мікрорегіонах; місто – порівняння показників з різних кварталів	Дозволяє виявляти просторові та тимчасові закономірності змін стану довкілля
Екосистемний принцип	Орієнтація на цілісність екосистем; врахування взаємозв'язку живих організмів та абіотичних компонентів	Річковий басейн – оцінка водних і прибережних екосистем; ОТГ – моніторинг зелених зон,	Забезпечує збереження екологічної функціональності систем, врахування екосистемних послуг у

оцінка екосистемних послуг	плануванні та управлінні
----------------------------------	-----------------------------

Представлене узагальнення ключових характеристик принципів організації моніторингу довкілля демонструє те, як вони взаємопов'язані та доповнюють один одного, забезпечуючи науково обґрунтований, комплексний та системний підхід до оцінки стану природних і соціально-економічних систем. Розуміння цих принципів є фундаментом для практичної реалізації моніторингових програм, підготовки управлінських рішень та формування компетентностей здобувачів освіти.

Засвоєння цих методологічних засад є важливою умовою формування професійних компетентностей у сфері екологічного моніторингу, що передбачає не лише розуміння теоретичних положень, а й уміння застосовувати їх у практиці дослідження природних систем.



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ

Концептуально-інтерпретаційні питання

1. Що означає системність у моніторингу довкілля і чому вона є необхідною для наукового пізнання стану екосистем?
2. Як принцип комплексності забезпечує інтеграцію різних компонент довкілля у моніторингових дослідженнях?
3. Чому безперервність спостережень є критичною для виявлення трендів і динаміки екологічних процесів?
4. У чому полягає роль регулярності збору даних у підвищенні достовірності моніторингових систем?
5. Поясніть, як репрезентативність даних впливає на об'єктивність оцінки стану екосистем.
6. Які фактори визначають достовірність екологічних даних?
7. Як принцип просторової та часової узгодженості сприяє формуванню цілісної картини стану довкілля?
8. Чому екосистемний принцип моніторингових досліджень є ключовим для оцінки екосистемних послуг?

Ситуаційні завдання

1. Уявіть, що на території річкового басейну фіксуються періодичні спалахи забруднення води. Які принципи моніторингу допоможуть своєчасно виявити проблему?
2. Міський парк підлягає оцінці зелених насаджень та біорізноманіття. Як забезпечити репрезентативність і достовірність даних у цих спостереженнях?
3. Віддалена ОТГ хоче оцінити вплив забудови на місцеві водні екосистеми. Як принципи просторової та часової узгодженості допоможуть організувати моніторинг?
4. У заповіднику планується сезонний моніторинг птахів та ссавців. Як безперервність і регулярність спостережень вплинуть на отримані результати?
5. Для оцінки екосистемних послуг у прибережній зоні потрібно поєднати дані про флору, фауну та водні ресурси. Які принципи моніторингу будуть ключовими?
6. Виявлено деградацію ґрунтів у сільськогосподарському регіоні. Як комплексний підхід допоможе інтегрувати дані про ґрунт, воду та клімат?

7. Місто хоче створити систему раннього попередження про забруднення повітря. Які принципи забезпечать ефективність моніторингу?
8. Під час моніторингу річки отримані суперечливі дані від різних станцій. Як забезпечити їх достовірність та просторову узгодженість?

Кейсові завдання

1. На річковому басейні встановлено нові датчики рівня води та якості води. Опишіть, як принципи безперервності та регулярності спостережень реалізуються на практиці.
2. Міський уряд хоче оцінити вплив транспортного потоку на стан повітря. Запропонуйте спосіб застосування принципу системності та комплексності.
3. Для управління лісовими ресурсами ОТГ збирає дані про стан лісів, види дерев і біорізноманіття. Як екосистемний принцип допомагає інтегрувати ці дані для прийняття рішень?
4. Під час спостережень у заповіднику виявлено локальні зміни ґрунтового покриву. Які функції моніторингу й принципи організації допоможуть оцінити масштаб проблеми?
5. Місто хоче прогнозувати ризики повеней на основі даних попередніх років. Які принципи моніторингу забезпечать надійність прогнозу?
6. Для оцінки екосистемних послуг прибережної зони необхідно поєднати соціальні та природні дані. Опишіть, як принцип репрезентативності та достовірності даних реалізується в цьому кейсі.
7. На території аграрного регіону проводять моніторинг якості ґрунтів і води. Як просторово-часова узгодженість допомагає створити цілісну систему спостережень?
8. У парку встановлено систему автоматичних датчиків температури та вологості. Як принцип безперервності та регулярності спостережень реалізується на практиці?

Інтегративні питання

1. Як поєднання принципів системності, комплексності, репрезентативності та екосистемного підходу забезпечує цілісність та ефективність моніторингових систем?
2. Поясніть, як принципи просторової та часової узгодженості взаємодіють із безперервністю та регулярністю спостережень для прогнозування змін у довкіллі.
3. Наведіть приклад, як дотримання всіх принципів організації моніторингу дозволяє інтегрувати інформаційні, діагностичні, прогностичні та управлінські функції.
4. Як принципи організації моніторингу сприяють оцінці екосистемних послуг у контексті сталого розвитку територій?
5. Поясніть, яким чином системність і комплексність забезпечують управлінську цінність отриманих даних на прикладі річкового басейну.
6. Як репрезентативність і достовірність даних у поєднанні з екосистемним принципом допомагають оцінити взаємодію соціальних і природних систем?
7. Наведіть приклад практичного застосування принципів організації моніторингу для міської екологічної програми.
8. Поясніть, як дотримання всіх принципів дозволяє уникнути фрагментарного сприйняття стану довкілля та забезпечує комплексний аналіз природних і природно-антропогенних систем.

Концептуально-інтерпретаційні питання

1. Що означає принцип **системності і комплексності** у контексті моніторингу довкілля і чому він важливий для оцінки стану природних і соціально-економічних систем?
2. Як принцип **безперервності і регулярності спостережень** забезпечує виявлення тенденцій змін і раннє виявлення екологічних ризиків?
3. Поясніть значення **репрезентативності і достовірності даних** для прийняття управлінських рішень у сфері природокористування.
4. Чому **просторова і часова узгодженість** спостережень є ключовою для інтеграції даних з різних рівнів і територій?
5. Що включає **екосистемний принцип моніторингових досліджень** і як він пов'язаний із збереженням екосистемних послуг?
6. Поясніть, як інтеграція принципів системності та екосистемного підходу сприяє підвищенню ефективності моніторингу.
7. Як принцип безперервності даних корелює з діагностичною та прогностичною функціями моніторингу?
8. Чому комплексне застосування всіх п'яти принципів забезпечує науково обґрунтовану основу для управління станом довкілля?

Ситуаційні завдання

1. У річковому басейні спостерігаються періодичні спалахи забруднення води. Як принципи безперервності, просторової і часової узгодженості допомагають визначити джерело забруднення та масштаби впливу?
2. Місто планує оновити зелені зони і збалансувати міський ландшафт. Які принципи моніторингу слід застосувати для оцінки стану зелених насаджень і планування заходів?
3. ОТГ впроваджує систему оцінки екосистемних послуг для місцевого водного та лісового фонду. Яким чином екосистемний принцип допомагає інтегрувати дані про стан екосистем і їхні послуги?

4. Під час сезонного моніторингу якості повітря виявлено аномальні значення забруднення. Які принципи гарантують достовірність і репрезентативність отриманих даних?
5. Регіональний центр екології отримує дані з декількох міст і ОТГ. Як просторово-часова узгодженість допомагає об'єднати інформацію для прогнозу ризиків?
6. Науковці проводять оцінку впливу антропогенних факторів на біорізноманіття в лісовому масиві. Які принципи допомагають забезпечити комплексний підхід до збору та аналізу даних?
7. Річковий басейн піддається сезонним повеням. Які принципи дозволяють створити систему раннього попередження для місцевих громад?
8. Місто планує інтегрувати дані з ДЗЗ та ГС для оцінки екологічного стану. Як системність і комплексність допомагає об'єднати різні джерела інформації?

Кейсові завдання

1. Розробіть план моніторингу річкового басейну, застосовуючи принципи системності, безперервності та екосистемності. Вкажіть приклади показників для кожного рівня.
2. Створіть графік спостережень якості повітря у місті з урахуванням принципу регулярності і часової узгодженості.
3. ОТГ хоче оцінити вплив нової забудови на місцеві екосистеми. Які принципи забезпечать репрезентативність даних і комплексну оцінку?
4. Проаналізуйте, як просторово-часова узгодженість даних допомагає інтегрувати інформацію про стан водних і лісових екосистем у ОТГ.
5. Підготуйте пропозицію щодо оцінки екосистемних послуг у річковому басейні з урахуванням принципу екосистемного підходу.
6. Створіть приклад інтегрованого моніторингового протоколу для міста з урахуванням принципів безперервності, достовірності і системності.

7. Оцініть, як можна використовувати дані з різних рівнів пізнання для прогнозування ризиків у лісовому масиві ОТГ.
8. Складіть карту взаємозв'язку принципів моніторингу з функціями та завданнями для конкретного регіону.

Інтегративні питання

1. Як застосування принципів системності, безперервності та екосистемного підходу дозволяє інтегрувати різнорівневі дані для формування управлінських рішень у сфері природокористування?
2. Поясніть, як принципи просторової та часової узгодженості взаємодіють із репрезентативністю та достовірністю даних у комплексному моніторинговому проекті.
3. Розглядаючи приклади річкових басейнів, міст і ОТГ, поясніть, як комплексне застосування усіх принципів забезпечує ефективне управління станом довкілля.



ОБ'ЄКТИ, ВИДИ ТА РІВНІ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Ефективне функціонування системи моніторингу довкілля неможливе без чіткого визначення її структурних елементів, до яких належать об'єкти спостереження, види моніторингових досліджень та рівні їх організації. Саме ці складові формують методологічну основу побудови моніторингових систем і забезпечують їхню здатність адекватно відображати складні процеси, що відбуваються у природному середовищі та сфері природокористування.

У попередніх розділах було розглянуто сутність моніторингу довкілля, його функції, завдання та принципи організації. Водночас для переходу від теоретичного розуміння моніторингу до його практичної реалізації необхідно конкретизувати, **що саме підлягає спостереженню, у яких формах здійснюються ці спостереження та на яких просторових рівнях вони організовуються.** Такий перехід є ключовим для формування цілісного уявлення про моніторинг як інтегровану систему наукового пізнання і управління станом довкілля.

Об'єкти моніторингу відображають **структурну організацію довкілля** і охоплюють як окремі компоненти географічної оболонки (геосфери), так і складні природні та природно-антропогенні системи (екосистеми), а також ресурси, що використовуються суспільством. Їх визначення дозволяє окреслити межі спостережень і сформулювати систему показників, необхідних для оцінки стану довкілля.

Види моніторингу, у свою чергу, відображають **функціональну та методичну різноманітність моніторингової діяльності.** Вони диференціюються за об'єктами спостереження, характером антропогенного впливу, функціональним призначенням та організаційними особливостями. Така класифікація дозволяє адаптувати моніторингові дослідження до конкретних наукових і практичних завдань, забезпечуючи їх гнучкість і ефективність.

Не менш важливим є розгляд рівнів моніторингу довкілля, які визначають **просторовий масштаб ієрархічної організації спостережень** — від локального до глобального. Кожен рівень

виконує специфічні функції, водночас будучи складовою єдиної системи, у якій відбувається інтеграція даних, їх узагальнення та трансформація у рішення різного рівня управління.

Поєднання об'єктного, видового та рівневого підходів дозволяє сформувати **багатовимірну модель моніторингу довкілля**, у якій структурні компоненти, функціональні особливості та просторові масштаби взаємодіють між собою. Така модель забезпечує перехід від фрагментарного сприйняття моніторингових процесів до їх системного розуміння як складного, ієрархічно організованого та функціонально інтегрованого явища.

Для цього послідовно розглянемо:

- об'єкти моніторингу довкілля як основа формування системи спостережень;
- види моніторингу, що відображають різноманіття підходів і методів досліджень;
- рівні організації моніторингу, які забезпечують просторову узгодженість і інтеграцію екологічної інформації.

Такий підхід дозволить не лише поглибити теоретичне розуміння моніторингу довкілля, але й сформувати практичні навички його застосування у наукових дослідженнях та управлінській діяльності у сфері природокористування і охорони навколишнього середовища.

4.1.

ОБ'ЄКТИ МОНИТОРИНГУ (ГЕОСФЕРИ, ЕКОСИСТЕМИ, РЕСУРСИ)



Визначення об'єктів моніторингу є одним із базових етапів. Визначення об'єктів моніторингу є одним із базових етапів організації моніторингових досліджень, оскільки саме воно окреслює, **що саме підлягає систематичному спостереженню, оцінюванню, аналізу та прогнозуванню.** Об'єкт моніторингу визначає зміст моніторингової програми, систему показників, вибір методів дослідження, просторову організацію спостережень і характер подальшого використання отриманих даних.

У найширшому розумінні об'єктами моніторингу довкілля є природні, природно-антропогенні та соціоекологічні системи, стан і динаміка яких мають екологічне, ресурсне, господарське, соціальне або управлінське значення. До них належать як окремі компоненти природного середовища, так і цілісні територіальні системи, екосистеми, природні ресурси, ландшафти, урбанізовані території, річкові басейни, природоохоронні території та зони антропогенного впливу.

Методологічно доцільно розглядати об'єкти моніторингу у трьох взаємопов'язаних вимірах: **геосферному, екосистемному та ресурсному**. Такий поділ дозволяє поєднати компонентний підхід, орієнтований на спостереження за окремими складовими географічної оболонки, із системним підходом, спрямованим на аналіз функціонування екосистем, та прикладним ресурсним підходом, пов'язаним із оцінюванням стану природних ресурсів і характеру їх використання.

Геосфери як об'єкти моніторингу

Геосферний підхід до визначення об'єктів моніторингу ґрунтується на розумінні довкілля як системи взаємопов'язаних оболонок Землі – атмосфери, гідросфери, літосфери, педосфери та біосфери. Кожна з них має власні властивості, процеси, динаміку розвитку та специфічні показники стану. Водночас жодна геосфера не функціонує ізольовано: зміни в атмосфері можуть впливати на гідрологічний режим, стан ґрунтів і біоту; трансформація ґрунтового покриву позначається на водному балансі, рослинності та продуктивності екосистем; деградація біоти змінює кругообіг речовин і стійкість природних систем.

Атмосфера як об'єкт моніторингу охоплює стан атмосферного повітря, його фізичні та хімічні характеристики, кліматичні параметри, рівень забруднення та динаміку метеорологічних процесів. Спостереження за атмосферою включають вимірювання температури повітря, вологості, атмосферного тиску, швидкості й напрямку вітру, концентрацій забруднювальних речовин, пилу, аерозолів, парникових газів.

Атмосферний моніторинг має важливе значення для оцінювання якості повітря, виявлення джерел забруднення, аналізу кліматичних тенденцій і визначення ризиків для здоров'я населення.

Гідросфера є об'єктом моніторингу у частині спостережень за поверхневими, підземними, морськими та прибережними водами. У межах гідросферного моніторингу оцінюються рівень води, витрата, температура, мінералізація, прозорість, вміст розчиненого кисню, концентрації біогенних речовин, важких металів, органічних забруднювачів, нафтопродуктів, а також стан водної біоти. Особливо важливим є моніторинг річкових басейнів, оскільки басейн виступає природною територіальною одиницею, у межах якої взаємодіють водні, ґрунтові, геоморфологічні, біотичні та антропогенні чинники.

Літосфера як об'єкт моніторингу охоплює геологічне середовище, рельєф, схиліві процеси, зсуви, карст, абразію, техногенні порушення поверхні та інші процеси, що впливають на стабільність природного середовища і безпеку господарської діяльності. Літосферний моніторинг має особливе значення для виявлення небезпечних природних і природно-антропогенних процесів, оцінювання геоекологічних ризиків, планування територій і запобігання надзвичайним ситуаціям.

Педосфера, або ґрунтовий покрив, є важливим об'єктом моніторингу, оскільки ґрунти виконують продукційну, фільтраційну, буферну, біогеохімічну та екосистемну функції. Моніторинг ґрунтів передбачає оцінювання їх родючості, вмісту гумусу, кислотності, гранулометричного складу, вмісту поживних речовин, важких металів, пестицидів, радіонуклідів, а також процесів ерозії, засолення, ущільнення, дегуміфікації та забруднення. Стан ґрунтів є одним із ключових показників екологічної стійкості територій та ефективності природокористування.

Біосфера у моніторингових дослідженнях представлена біотою, популяціями, угрупованнями, біорізноманіттям і біологічними процесами. Моніторинг біосфери включає спостереження за станом рослинності,

тваринного світу, чисельністю видів, структурою біоценозів, продуктивністю, інвазійними видами, станом природних оселищ. Біосферні показники часто мають інтегральний характер, оскільки живі організми реагують на сукупний вплив фізичних, хімічних і антропогенних чинників.

Таким чином, геосфери як об'єкти моніторингу забезпечують компонентне бачення довкілля. Вони дозволяють оцінити стан окремих складових природного середовища, однак для повного розуміння екологічної ситуації необхідним є перехід до системного, екосистемного рівня аналізу.

Екосистеми як об'єкти моніторингу

Екосистемний підхід до визначення об'єктів моніторингу передбачає розгляд довкілля не як сукупності ізольованих компонентів, а як системи взаємодіючих біотичних і абіотичних складових, між якими відбуваються потоки речовини, енергії та інформації. Екосистема у цьому контексті виступає цілісним об'єктом спостереження, що має власну структуру, функції, динаміку, стійкість і здатність до саморегуляції.

Моніторинг екосистем спрямований на оцінювання їхнього стану, функціонування, продуктивності, біорізноманіття, рівня антропогенного навантаження, ступеня трансформації та здатності до відновлення. На відміну від компонентного підходу, екосистемний моніторинг дозволяє оцінювати не лише окремі параметри середовища, а й взаємозв'язки між ними, функціональну цілісність природних систем та їхню реакцію на зовнішні впливи.

До основних екосистемних об'єктів моніторингу належать **лісові, водні, водно-болотні, степові, лучні, агроекосистеми, урбоекосистеми, прибережні та морські екосистеми**. Кожен із цих типів має власну систему показників та індикаторів.

У **лісових екосистемах** оцінюють видовий склад деревостану, вікову структуру, повноту, запас деревини, стан підросту, рівень всихання дерев, пошкодження шкідниками, біорізноманіття, вуглецеву акумуляцію, рекреаційне

навантаження. Такі дані дозволяють визначати стійкість лісів до кліматичних змін, пожеж, вирубок і техногенного впливу.

У **водних екосистемах** важливими об'єктами моніторингу є якість води, гідрологічний режим, стан гідробіонтів, трофічний статус, рівень евтрофікації, структура фітопланктону, зоопланктону, макрзообентосу та іхтіофауни. Саме поєднання гідрохімічних і біологічних показників дозволяє оцінити реальний екологічний стан водної системи.

Водно-болотні угіддя потребують особливої уваги, оскільки вони виконують водорегулюючу, кліматорегулюючу, біорізноманітну та фільтраційну функції. Моніторинг таких екосистем включає оцінку рівня зволоження, стану рослинності, видового різноманіття, міграційної ролі території для птахів, здатності до акумуляції вуглецю та очищення вод.

Агроекосистеми є прикладом природно-антропогенних систем, у яких природні процеси тісно поєднані з господарською діяльністю. Об'єктами моніторингу тут виступають ґрунти, сільськогосподарські культури, агрохімічний стан, ерозійні процеси, забруднення пестицидами, структура землекористування, рівень антропогенного навантаження та екологічна стійкість агроландшафтів.

Урбоекосистеми відображають складну взаємодію природних, техногенних і соціальних компонентів. У містах об'єктами моніторингу є атмосферне повітря, зелені насадження, ґрунти, водні об'єкти, шумове навантаження, теплові острови, транспортні впливи, рекреаційне навантаження, якість життєвого середовища населення. Моніторинг урбоекосистем має безпосереднє значення для просторового планування, озеленення, екологічної безпеки та підвищення якості життя.

Екосистеми як об'єкти моніторингу особливо важливі у контексті оцінювання **екосистемних послуг**. Стан

екосистем безпосередньо визначає їх здатність забезпечувати суспільство водою, чистим повітрям, продуктивними ґрунтами, рекреаційними можливостями, кліматичним регулюванням, збереженням біорізноманіття. Тому моніторинг екосистем дозволяє не лише оцінювати екологічний стан території, але й визначати втрати або відновлення природного капіталу.

Природні ресурси як об'єкти моніторингу

Ресурсний підхід до визначення об'єктів моніторингу пов'язаний із необхідністю оцінювання стану, якості, кількості, динаміки та характеру використання природних ресурсів. Якщо геосферний підхід акцентує увагу на компонентах природного середовища, а екосистемний – на функціонуванні природних систем, то ресурсний підхід розглядає довкілля у контексті його значення для життєдіяльності суспільства, господарського розвитку та сталого природокористування.

До основних ресурсних об'єктів моніторингу належать **водні, земельні, ґрунтові, лісові, біологічні, мінеральні, рекреаційні та кліматичні ресурси**. Їх моніторинг спрямований на визначення ресурсного потенціалу територій, виявлення ознак виснаження, деградації, забруднення або нераціонального використання.

Водні ресурси як об'єкт моніторингу оцінюються за кількісними та якісними характеристиками: запасами води, режимом стоку, водністю, рівнем забруднення, придатністю для питного, господарського, рекреаційного чи екосистемного використання. Моніторинг водних ресурсів має важливе значення для водної безпеки, управління басейнами річок, запобігання дефіциту води та збереження водних екосистем.

Земельні та ґрунтові ресурси оцінюються за структурою землекористування, якістю земель, родючістю ґрунтів, рівнем деградації, ерозії, забруднення, урбанізаційної трансформації або втрати продуктивних земель. Такий моніторинг є основою для раціонального землекористування, агроекологічного планування та охорони ґрунтового покриву.

Лісові ресурси характеризуються площею лісів, запасом деревини, породним складом, віковою структурою, станом насаджень, темпами вирубок і відновлення, рівнем пожежної небезпеки та рекреаційного навантаження. У сучасних умовах лісовий моніторинг дедалі більше поєднується з оцінюванням вуглецевого балансу, біорізноманіття та регулюючих екосистемних послуг.

Біологічні ресурси охоплюють популяції рослин і тварин, мисливські, рибні, лікарські, кормові та інші біоресурси. Їх моніторинг дозволяє оцінювати стан популяцій, допустимі обсяги використання, ризики зникнення видів, біорізноманіття та екологічну стійкість природних систем.

Мінеральні ресурси як об'єкт моніторингу розглядаються не лише з позицій запасів і видобутку, але й з погляду екологічних наслідків їх освоєння. Моніторинг територій видобутку корисних копалин включає оцінювання порушення рельєфу, забруднення вод і ґрунтів, просідання поверхні, накопичення відходів, трансформації ландшафтів та потреби у рекультивації.

Рекреаційні ресурси оцінюються за станом природних територій, естетичною цінністю ландшафтів, рекреаційною привабливістю, допустимим навантаженням, доступністю, рівнем антропогенного впливу та здатністю територій забезпечувати культурні екосистемні послуги.

Ресурсний моніторинг має прикладне значення, оскільки його результати використовуються для планування природокористування, визначення допустимих навантажень, оцінювання ефективності природоохоронних заходів, просторового планування та прийняття управлінських рішень.

Взаємозв'язок геосферного, екосистемного та ресурсного підходів

Геосфери, екосистеми та ресурси не є відокремленими об'єктами моніторингу. Вони відображають різні рівні та ракурси розгляду довкілля. Геосферний підхід дозволяє оцінити стан окремих компонентів природного середовища; екосистемний – зрозуміти їх функціональні зв'язки; ресурсний – визначити значення цих компонентів і систем для суспільства та природокористування.

Наприклад, річка може одночасно розглядатися як:

- елемент гідросфери;
- водна екосистема;
- водний ресурс;
- джерело екосистемних послуг;
- об'єкт управління у межах річкового басейну.

Так само ліс може бути об'єктом моніторингу як:

- частина біосфери;
- лісова екосистема;
- лісовий ресурс;
- вуглецевий резервуар;
- рекреаційна територія;
- чинник стабілізації клімату та гідрологічного режиму.

Саме тому ефективна система моніторингу довкілля повинна поєднувати компонентний, екосистемний і ресурсний підходи. Така інтеграція забезпечує не лише опис стану природного середовища, а й розуміння його функціонування, оцінювання ризиків, виявлення втрат екосистемних послуг і формування управлінських рішень.

Таким чином, об'єкти моніторингу довкілля охоплюють різні рівні організації природного середовища — від окремих геосферних компонентів до цілісних екосистем і природних ресурсів. Геосфери забезпечують компонентну основу спостережень, екосистеми дозволяють оцінити функціональну

цілісність і стійкість природних систем, а ресурси відображають практичний вимір взаємодії суспільства з довкіллям.

Комплексний розгляд геосфер, екосистем і ресурсів дозволяє сформувати цілісну систему моніторингових досліджень, здатну не лише фіксувати зміни стану довкілля, але й пояснювати їх причини, прогнозувати наслідки та забезпечувати науково обґрунтоване управління природокористуванням.

4.2.

РІВНІ (ГЛОБАЛЬНИЙ, НАЦІОНАЛЬНИЙ, РЕГІОНАЛЬНИЙ, ЛОКАЛЬНИЙ) ТА ВИДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Організація моніторингу довкілля передбачає не лише визначення його об'єктів, показників та методів дослідження, але й чітке розмежування рівнів здійснення моніторингових спостережень. Рівні моніторингу відображають просторовий масштаб охоплення природних, природно-антропогенних і соціоекологічних процесів, а також визначають характер збирання, узагальнення, аналізу та використання екологічної інформації.



Рівнева організація моніторингу є необхідною умовою формування цілісної системи спостережень за станом довкілля, оскільки екологічні процеси проявляються на різних просторових масштабах – від локальних змін у межах окремого підприємства, міста чи територіальної громади до глобальних трансформацій кліматичної системи, біосфери та природних циклів речовини й енергії. Саме тому ефективний моніторинг довкілля має бути ієрархічно організованим, тобто таким, що забезпечує взаємозв'язок локального, регіонального, національного та глобального рівнів.

У сучасній практиці виокремлюють **глобальний, національний, регіональний і локальний рівні моніторингу довкілля**. Кожен із них має власний просторовий масштаб, об'єкти спостережень, систему показників, функціональне призначення та управлінське значення. Водночас ці рівні не існують ізольовано: локальні дані можуть узагальнюватися на регіональному рівні, регіональні – інтегруватися у національні системи, а національні – використовуватися для формування глобальних оцінок стану довкілля.

Глобальний рівень моніторингу довкілля

Глобальний моніторинг довкілля охоплює процеси і явища планетарного масштабу, що визначають стан біосфери, кліматичної системи, Світового океану, атмосфери, глобальних біогеохімічних циклів та біорізноманіття. Його основне призначення полягає у виявленні довгострокових змін довкілля, які мають загальносвітове значення і виходять за межі окремих держав або регіонів.

До об'єктів глобального моніторингу належать кліматична система Землі, стан атмосфери, концентрації парникових газів, глобальний кругообіг вуглецю, азоту й води, стан озонового шару, зміни площ льодовиків, рівень Світового океану, деградація великих екосистем, втрата біорізноманіття, опустелювання, масштабні лісові пожежі, зміни рослинного покриву та антропогенна трансформація біосфери.

Глобальний рівень моніторингу має переважно **інформаційно-прогностичне та стратегічне значення**. На цьому рівні формується уявлення про загальні тенденції розвитку екологічної ситуації у світі, оцінюються глобальні ризики, прогнозуються можливі наслідки кліматичних змін, втрати біорізноманіття, деградації екосистем і порушення природних циклів.

Особливістю глобального моніторингу є широке використання дистанційних методів дослідження, супутникових даних, глобальних інформаційних мереж, міжнародних баз даних, моделей кліматичних і екосистемних змін. Значення глобального моніторингу полягає у забезпеченні інформаційної основи для міжнародної екологічної політики, глобальних природоохоронних програм, оцінювання виконання міжнародних угод та формування стратегій сталого розвитку.

Національний рівень моніторингу довкілля

Національний моніторинг довкілля здійснюється у межах території окремої держави та спрямований на оцінювання стану довкілля, природних ресурсів, екологічної безпеки населення і територій, а також на забезпечення державної екологічної політики достовірною інформацією.

Національний рівень виконує роль системи узагальнення, координації та нормативного забезпечення моніторингових спостережень. Він інтегрує дані, отримані на регіональному та локальному рівнях, забезпечує їх порівнянність, формує загальнодержавні оцінки стану довкілля та створює інформаційну базу для державного управління природокористуванням.

До основних завдань національного моніторингу належать оцінювання стану атмосферного повітря, водних, земельних, лісових і біологічних ресурсів; контроль за джерелами забруднення; виявлення екологічно небезпечних територій; оцінювання ризиків для населення; аналіз виконання природоохоронних програм; підготовка державних доповідей і звітів про стан довкілля.

Національний рівень моніторингу має важливе **управлінське, нормативне та стратегічне значення**. Його результати використовуються для розроблення державних екологічних стратегій, програм охорони довкілля, регулювання природокористування, виконання міжнародних зобов'язань, планування природоохоронних заходів і забезпечення екологічної безпеки.

Водночас національний моніторинг має бути достатньо узгодженим із міжнародними підходами, стандартами і системами звітності, оскільки екологічні процеси не обмежуються адміністративними кордонами. Саме тому важливим завданням національного рівня є поєднання внутрішньодержавних потреб управління довкіллям із вимогами міжнародної екологічної співпраці.

Регіональний рівень моніторингу довкілля

Регіональний моніторинг довкілля охоплює території адміністративних регіонів, природних районів, басейнів річок, ландшафтних зон, урбанізованих агломерацій або інших територіальних систем, що мають спільні природні, господарські або екологічні особливості.

Його головне призначення полягає у виявленні територіальних відмінностей стану довкілля, оцінюванні регіональних екологічних проблем, аналізі просторової диференціації антропогенного навантаження та обґрунтуванні регіональних природоохоронних і планувальних рішень.

На регіональному рівні особливо важливим є врахування природної неоднорідності території: ландшафтної структури, рельєфу, гідрографічної мережі, ґрунтового покриву, кліматичних умов, типів землекористування, розміщення промислових об'єктів, транспортної інфраструктури та населених пунктів. Саме тому регіональний моніторинг тісно пов'язаний із географічним, ландшафтним, басейновим і просторово-аналітичним підходами.

До типових завдань регіонального моніторингу належать виявлення зон екологічного ризику, оцінювання стану річкових

басейнів, аналіз деградації ґрунтів, моніторинг лісових і водно-болотних екосистем, оцінювання урбанізаційного впливу, контроль за регіональними джерелами забруднення, формування регіональних екологічних програм та схем просторового планування.

Регіональний рівень є проміжною ланкою між локальними спостереженнями і національними узагальненнями. Він дозволяє перевести деталізовану інформацію, отриману на місцях, у систему просторових оцінок, картографічних узагальнень, регіональних прогнозів і управлінських рішень. Особливо важливою на цьому рівні є інтеграція польових даних, статистичної інформації, дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу.

Локальний рівень моніторингу довкілля

Локальний моніторинг довкілля здійснюється у межах окремих об'єктів, ділянок, населених пунктів, підприємств, природоохоронних територій, територіальних громад або зон безпосереднього впливу конкретних джерел забруднення. Він має найбільш деталізований характер і забезпечує первинну інформаційну основу для всієї системи моніторингу.

На локальному рівні фіксуються конкретні прояви екологічних змін: забруднення атмосферного повітря поблизу транспортних магістралей або промислових підприємств, зміни якості води у малих річках, деградація ґрунтів на сільськогосподарських ділянках, погіршення стану зелених насаджень у місті, порушення екосистем у межах рекреаційних територій або природоохоронних об'єктів.

Локальний моніторинг має переважно **інформаційне, діагностичне та оперативне значення**. Його результати дозволяють швидко виявляти проблемні ситуації, встановлювати джерела впливу, оцінювати відповідність показників нормативам, визначати необхідність реагування та контролювати ефективність конкретних природоохоронних заходів.

Особливістю локального рівня є висока деталізація спостережень, можливість безпосереднього відбору проб, проведення польових вимірювань, лабораторних аналізів, використання автоматизованих сенсорів, мобільних станцій і точкових геоінформаційних даних. Саме локальний моніторинг найчастіше забезпечує дані, які є необхідними для територіальних громад, органів місцевого самоврядування, підприємств, природоохоронних установ і громадських ініціатив.

Водночас локальні дані мають набувати більшого значення через їх інтеграцію у ширші системи оцінювання. Без такої інтеграції вони залишаються фрагментарними і не завжди дозволяють виявити загальні тенденції. Тому важливо, щоб локальний моніторинг був методично узгоджений із регіональними та національними системами спостережень.

Ієрархічний взаємозв'язок рівнів моніторингу

Глобальний, національний, регіональний і локальний рівні моніторингу утворюють ієрархічну систему, у якій кожен рівень виконує власні функції, але водночас є складовою єдиного інформаційно-аналітичного процесу.

Локальний рівень забезпечує первинні, детальні та оперативні дані; регіональний – узагальнює їх у межах природних або адміністративних територій; національний — інтегрує регіональні оцінки у систему державного управління; глобальний – дозволяє виявляти планетарні тенденції та оцінювати загальний стан біосфери.

Такий взаємозв'язок можна розглядати як вертикальну інтеграцію екологічної інформації. Дані рухаються від локального до глобального рівня у процесі узагальнення, а управлінські рішення, нормативні вимоги, міжнародні орієнтири та стратегічні цілі можуть рухатися у зворотному напрямі – від глобального і національного рівнів до регіонального та локального впровадження.

Саме ця двоспрямованість забезпечує цілісність моніторингової системи: знизу формується фактична

інформаційна база, а згори задаються стратегічні орієнтири, стандарти, критерії оцінювання і напрями управління.

Види моніторингу довкілля

Поряд із рівнями моніторингу важливе значення має класифікація його видів. Види моніторингу відображають різноманіття об'єктів спостережень, функціональних завдань, характеру впливу, організаційних форм і методичних підходів. Саме класифікація видів моніторингу дозволяє впорядкувати моніторингову діяльність і адаптувати її до конкретних цілей дослідження.

За об'єктами спостереження

За об'єктною ознакою виділяють атмосферний, гідрологічний, ґрунтовий, біологічний, ландшафтний, екосистемний, ресурсний та соціоекологічний моніторинг.

Атмосферний моніторинг спрямований на оцінювання стану атмосферного повітря, концентрацій забруднювальних речовин, метеорологічних параметрів і кліматичних характеристик.

Гідрологічний і гідрохімічний моніторинг охоплює спостереження за поверхневими та підземними водами, їх кількісним режимом, якістю, хімічним складом і біологічним станом.

Ґрунтовий моніторинг передбачає оцінювання стану ґрунтового покриву, родючості, забруднення, ерозії, засолення, дегуміфікації та інших процесів деградації.

Біологічний моніторинг орієнтований на дослідження стану живих організмів, популяцій, біоценозів, біорізноманіття та біологічних реакцій на зміни середовища.

Ландшафтний моніторинг забезпечує спостереження за структурою, функціонуванням і динамікою ландшафтних систем, їх антропогенною трансформацією та стійкістю.

Екосистемний моніторинг спрямований на оцінювання цілісних природних і природно-антропогенних систем, їх

функцій, продуктивності, біорізноманіття, стійкості та екосистемних послуг.

За характером антропогенного впливу

За цією ознакою виокремлюють фоновий, імпактний та кризовий моніторинг.

Фоновий моніторинг здійснюється на територіях із мінімальним антропогенним впливом і спрямований на встановлення природних або умовно природних параметрів стану довкілля. Його результати використовуються як база порівняння для оцінювання змін у більш трансформованих територіях.

Імпактний моніторинг проводиться у зонах впливу конкретних джерел забруднення або господарської діяльності: промислових підприємств, транспортних магістралей, полігонів відходів, гірничодобувних об'єктів, великих будівельних проєктів. Його завданням є оцінювання масштабу, інтенсивності та наслідків впливу.

Кризовий моніторинг застосовується у випадках надзвичайних екологічних ситуацій, аварій, катастроф, воєнних впливів, різких змін якості довкілля або виникнення загроз для населення та екосистем. Він має оперативний характер і спрямований на швидке отримання інформації для реагування.

За функціональним призначенням

За функціональною ознакою можна виділити інформаційний, діагностичний, прогностичний та управлінський моніторинг.

Інформаційний моніторинг забезпечує систематичний збір, накопичення та первинну обробку даних про стан довкілля.

Діагностичний моніторинг спрямований на оцінювання стану природних систем, виявлення відхилень, проблемних зон, джерел впливу та причин екологічних змін.

Прогностичний моніторинг орієнтований на виявлення тенденцій, моделювання майбутніх змін, оцінювання ризиків і сценаріїв розвитку екологічної ситуації.

Управлінський моніторинг забезпечує використання моніторингових даних для прийняття рішень, контролю ефективності природоохоронних заходів, просторового планування та регулювання природокористування.

За організаційними ознаками

За організаційною належністю моніторинг може бути державним, відомчим, виробничим, науковим, муніципальним і громадським.

Державний моніторинг здійснюється уповноваженими органами і спрямований на забезпечення екологічної політики, контролю та державної звітності.

Відомчий моніторинг проводиться окремими установами або галузевими структурами відповідно до їх компетенції.

Виробничий моніторинг здійснюється підприємствами для контролю впливу їх діяльності на довкілля та дотримання екологічних нормативів.

Науковий моніторинг спрямований на отримання нових знань про стан, динаміку та закономірності функціонування природних систем.

Муніципальний моніторинг реалізується на рівні територіальних громад або міст і використовується для управління якістю міського середовища.

Громадський моніторинг передбачає участь громадськості, екологічних організацій, волонтерських ініціатив або локальних спільнот у спостереженні за станом довкілля.

Рівні та види моніторингу довкілля формують складну, багаторівневу та багатофункціональну систему спостережень за станом природного середовища. Рівні моніторингу визначають просторовий масштаб і управлінську ієрархію досліджень, тоді як види моніторингу відображають змістову, функціональну, об'єктну та організаційну різноманітність моніторингової діяльності.

Поєднання глобального, національного, регіонального та локального рівнів із різними видами моніторингу дозволяє забезпечити комплексність, порівнянність і практичну значущість екологічної інформації. Саме така багаторівнева організація створює основу для своєчасного виявлення екологічних змін, оцінювання ризиків, прогнозування стану довкілля та прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень.

4.3.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РІВНІВ МОНІТОРИНГУ ТА ЕКОСИСТЕМНИХ ПРОЦЕСІВ

Екосистемні процеси мають складну просторово-часову організацію і проявляються на різних рівнях – від локальних змін у межах окремої ділянки, біотопу чи природного об'єкта до регіональних, національних і глобальних трансформацій біосфери. Саме тому рівні моніторингу довкілля не можуть розглядатися лише як адміністративні або організаційні масштаби спостережень. Вони відображають різні рівні прояву природних, природно-антропогенних та соціоекологічних процесів, що формують стан довкілля і визначають напрями його змін.



Взаємозв'язок рівнів моніторингу та екосистемних процесів ґрунтується на тому, що екосистеми є ієрархічно організованими системами. У межах однієї екосистеми відбуваються процеси обміну речовиною та енергією, формування біопродуктивності, підтримання біорізноманіття, ґрунтоутворення, водорегулювання, саморегуляції та відновлення. Водночас ці процеси залежать від ширших просторових контекстів — кліматичних умов, ландшафтної структури, гідрологічної мережі, характеру землекористування, антропогенного навантаження та управлінських рішень. Отже, локальні екосистемні зміни часто є проявом ширших регіональних або глобальних тенденцій, а глобальні процеси конкретизуються через їх вплив на локальні території.

У цьому контексті рівні моніторингу виконують функцію просторово-часового «масштабування» екосистемних процесів. Локальний рівень дозволяє фіксувати конкретні прояви змін; регіональний — виявляти просторові закономірності та територіальну диференціацію; національний — узагальнювати екологічні тенденції в межах державної системи природокористування; глобальний — оцінювати планетарні процеси, які визначають стан біосфери загалом.

Локальний рівень: фіксація первинних проявів екосистемних змін

На локальному рівні моніторинг забезпечує найдетальніше спостереження за станом окремих природних компонентів, біотопів, екосистем, ділянок природоохоронних територій, міських зелених зон, малих водотоків, сільськогосподарських угідь або зон впливу конкретних джерел забруднення. Саме на цьому рівні найчастіше фіксуються первинні прояви екосистемних змін, які можуть бути непомітними на більш узагальнених рівнях.

До таких локальних проявів належать зміни видового складу рослинності, зниження чисельності окремих популяцій, погіршення якості води у конкретній ділянці річки, локальне

забруднення ґрунтів, фрагментація оселищ, всихання дерев, поширення інвазійних видів, посилення рекреаційного навантаження, зміна мікрокліматичних умов. Локальний моніторинг дозволяє не лише зафіксувати такі зміни, а й пов'язати їх із конкретними чинниками впливу.

Наприклад, у межах міського парку локальний моніторинг може виявити ущільнення ґрунтів, зменшення трав'яного покриву, погіршення стану дерев або зростання температури поверхні. Такі зміни можуть свідчити про надмірне рекреаційне навантаження, недостатність зеленого покриву або вплив урбанізованого середовища. У межах малої річки локальні спостереження можуть виявити підвищення концентрації біогенних речовин нижче місця скиду стічних вод, що надалі впливає на трофічний стан водної екосистеми.

Отже, локальний рівень є основою для детальної діагностики екосистемних процесів. Він забезпечує первинні дані, необхідні для подальшого регіонального узагальнення, але водночас потребує методичної узгодженості з ширшими рівнями моніторингу, щоб локальні результати не залишалися ізольованими.

Регіональний рівень: виявлення просторових закономірностей екосистемних процесів

Регіональний рівень моніторингу дозволяє перейти від фіксації окремих локальних змін до аналізу їх просторового поширення, взаємозв'язків і територіальних закономірностей. На цьому рівні особливого значення набувають басейнові, ландшафтні, природно-зональні, адміністративно-регіональні та урбанізаційні підходи.

Екосистемні процеси на регіональному рівні проявляються у трансформації ландшафтної структури, зміні співвідношення природних і антропогенних територій, деградації ґрунтового покриву, зміні гідрологічного режиму річкових басейнів, фрагментації природних оселищ, поширенні забруднення, зміні біорізноманіття та порушенні екологічної зв'язності територій. Саме на регіональному рівні стає можливим встановлення того,

чи є локальні зміни поодинокими, чи вони відображають ширшу тенденцію.

Наприклад, якщо у кількох громадах одного річкового басейну фіксується погіршення якості води, регіональний моніторинг дозволяє оцінити, чи пов'язане це з дифузним аграрним забрудненням, урбанізаційним стоком, зміною структури землекористування, зменшенням лісистості водозбору або порушенням прибережно-захисних смуг. Аналогічно, спостереження за лісовими екосистемами на регіональному рівні дозволяє виявляти просторові закономірності всихання насаджень, поширення шкідників, наслідки пожеж або незаконних рубок.

Регіональний рівень має важливе значення для оцінювання екосистемних послуг. Саме у межах регіонів, річкових басейнів або ландшафтних систем можна аналізувати водорегулюючі, кліматорегулюючі, ґрунтозахисні, рекреаційні та біорізноманітні функції екосистем. Наприклад, зменшення площі водно-болотних угідь у регіоні може призводити до втрати водорегулюючих послуг, зростання ризику підтоплення, погіршення якості води та зниження біорізноманіття.

Таким чином, регіональний моніторинг забезпечує просторову інтерпретацію екосистемних процесів і формує основу для регіонального планування, екологічного районування, басейнового управління та розроблення природоохоронних програм.

Національний рівень: узагальнення екосистемних тенденцій і формування екологічної політики

Національний рівень моніторингу забезпечує інтеграцію регіональних даних у межах державної системи управління довкіллям. Його значення полягає у виявленні загальнодержавних тенденцій зміни стану екосистем, природних ресурсів і екосистемних послуг, а також у формуванні інформаційної основи для екологічної політики, стратегічного планування та виконання міжнародних зобов'язань.

На цьому рівні екосистемні процеси розглядаються у контексті загальнонаціональних змін землекористування, деградації земель, стану водних ресурсів, лісистості, біорізноманіття, природно-заповідного фонду, урбанізації, промислового навантаження та кліматичних ризиків. Національний моніторинг дозволяє оцінювати не лише стан окремих регіонів, а й системні тенденції, які впливають на екологічну безпеку держави.

Наприклад, дані про деградацію ґрунтів у різних областях можуть бути узагальнені для визначення територій із високим ризиком втрати агроекологічного потенціалу. Дані про стан лісових екосистем можуть використовуватися для оцінювання національного вуглецевого балансу, збереження біорізноманіття, лісовідновлення та стійкості лісів до змін клімату. Моніторинг водних екосистем на національному рівні забезпечує основу для управління водними ресурсами, басейнового планування та екологічної безпеки водокористування.

Важливим аспектом національного рівня є узгодження екосистемного моніторингу з державними програмами охорони довкілля, планами відновлення, стратегіями адаптації до змін клімату, політикою збереження біорізноманіття та просторового розвитку. Саме тут результати моніторингу набувають управлінського значення, оскільки перетворюються на підставу для нормативного регулювання, стратегічних рішень і пріоритетів державної екологічної політики.

Глобальний рівень: оцінювання планетарних екосистемних змін

Глобальний рівень моніторингу охоплює екосистемні процеси, що мають планетарний масштаб і визначають стан біосфери загалом. До них належать зміна клімату, порушення глобального вуглецевого циклу, втрата біорізноманіття, деградація великих природних екосистем, опустелювання, зміна площ льодовиків, підвищення рівня Світового океану, трансформація рослинного покриву та зміна продуктивності біосфери.

Глобальний моніторинг дозволяє встановлювати довгострокові тенденції, які не можуть бути повною мірою виявлені лише на локальному або регіональному рівнях. Наприклад, зростання середньої глобальної температури проявляється через локальні зміни мікроклімату, регіональні зсуви ареалів видів, зміну гідрологічного режиму, підвищення частоти екстремальних погодних явищ і трансформацію екосистемних послуг.

Особливістю глобального рівня є широке використання дистанційного зондування Землі, міжнародних баз даних, глобальних кліматичних і екосистемних моделей. Глобальний моніторинг формує інформаційну основу для міжнародної екологічної політики, оцінювання виконання природоохоронних угод, визначення загальносвітових ризиків і стратегій адаптації.

Глобальні екосистемні процеси мають зворотний вплив на нижчі рівні моніторингу. Наприклад, кліматичні зміни впливають на водний режим річкових басейнів, стан лісів, продуктивність агроекосистем, частоту посух, пожеж і паводків. Тому глобальний рівень не є відокремленим від локального, а задає ширший контекст для інтерпретації місцевих і регіональних змін.

Вертикальна інтеграція даних і зворотний зв'язок між рівнями

Взаємозв'язок рівнів моніторингу та екосистемних процесів найповніше проявляється через вертикальну інтеграцію даних. Локальні спостереження забезпечують первинну інформацію про конкретні зміни; регіональний рівень узагальнює ці дані та виявляє просторові закономірності; національний рівень інтегрує регіональні оцінки у систему державної політики; глобальний рівень дозволяє співвіднести національні тенденції із загальнопланетарними процесами.

Водночас цей зв'язок не є одностороннім. Глобальні тенденції, міжнародні стандарти, національні стратегії та регіональні програми визначають вимоги до локальних систем моніторингу, структуру показників, методи спостережень, періодичність

збору даних і способи їх інтерпретації. Таким чином, моніторинг функціонує як система двоспрямованого зв'язку: знизу вгору рухаються дані та фактичні спостереження, а згори вниз – методичні вимоги, управлінські орієнтири, нормативи і стратегічні цілі.

Це особливо важливо у контексті екосистемних процесів, оскільки вони не завжди відповідають адміністративним межам. Річкові басейни, міграційні шляхи видів, ландшафтні коридори, забруднення повітря, поширення інвазійних видів або кліматичні впливи можуть охоплювати різні території та рівні управління. Тому моніторинг має бути організований так, щоб забезпечувати узгодженість між природною логікою функціонування екосистем і управлінською логікою прийняття рішень.

Узгодження масштабів моніторингу з масштабами екосистемних процесів

Однією з ключових методологічних вимог є відповідність масштабу моніторингу масштабу екосистемного процесу, який досліджується. Неможливо повноцінно оцінити регіональну деградацію річкового басейну лише за даними однієї локальної точки спостереження, так само як неможливо зрозуміти локальне забруднення ґрунтів лише на основі глобальних супутникових оцінок.

Кожен екосистемний процес має власну просторово-часову специфіку. Наприклад, забруднення атмосферного повітря у місті може мати локальний характер, але за певних умов поширюватися на регіональний рівень. Деградація ґрунтів може проявлятися на окремих полях, але в сукупності формувати регіональну проблему втрати продуктивності земель. Зміни клімату є глобальним процесом, однак їх наслідки проявляються локально – через посухи, теплові хвилі, паводки, зміни фенологічних фаз рослинності.

Саме тому ефективний моніторинг екосистемних процесів потребує поєднання:

- локальної деталізації;

- регіонального просторового узагальнення;
- національного стратегічного аналізу;
- глобального контексту інтерпретації.

Таке поєднання дозволяє уникнути фрагментарності, підвищити достовірність висновків і забезпечити зв'язок між екологічними спостереженнями та управлінськими рішеннями.

Значення взаємозв'язку рівнів моніторингу для управління екосистемами

Розуміння взаємозв'язку між рівнями моніторингу та екосистемними процесами має важливе прикладне значення. Воно дозволяє правильно визначати об'єкти спостережень, добирати показники, обирати методи досліджень, інтерпретувати результати та формувати управлінські рішення відповідного масштабу.

На локальному рівні рішення можуть стосуватися усунення конкретного джерела забруднення, відновлення ділянки екосистеми, регулювання рекреаційного навантаження або контролю викидів. На регіональному рівні вони можуть бути пов'язані з басейновим управлінням, екологічним зонуванням, формуванням екологічної мережі, відновленням ландшафтної зв'язності. На національному рівні – з розробленням стратегій охорони довкілля, адаптації до змін клімату, збереження біорізноманіття, управління природними ресурсами. На глобальному рівні – з міжнародною координацією екологічної політики та реагуванням на планетарні виклики.

Отже, взаємозв'язок рівнів моніторингу та екосистемних процесів забезпечує перехід від локальної діагностики до стратегічного управління, від окремих спостережень – до цілісного розуміння стану довкілля, від фіксації змін – до прогнозування і запобігання екологічним ризикам.

Узагальнення

Взаємозв'язок рівнів моніторингу та екосистемних процесів є однією з ключових умов ефективного функціонування моніторингових систем. Він забезпечує узгодження просторових

масштабів спостережень із масштабами природних і природно-антропогенних процесів, дозволяє інтегрувати дані різних рівнів і формує основу для науково обґрунтованого управління довкіллям.

Локальний рівень забезпечує детальність і оперативність спостережень, регіональний – просторове узагальнення та виявлення закономірностей, національний – стратегічну інтеграцію й управлінське забезпечення, глобальний – розуміння планетарних тенденцій і довгострокових ризиків. У сукупності ці рівні формують цілісну систему моніторингу, здатну адекватно відображати складність екосистемних процесів і забезпечувати прийняття рішень у сфері охорони довкілля, природокористування та сталого розвитку.



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ

Концептуально-інтерпретаційні питання

1. Розкрийте сутність поняття «об'єкт моніторингу довкілля». Поясніть, чому визначення об'єкта моніторингу є одним із ключових етапів організації моніторингових досліджень.
2. Обґрунтуйте методологічні відмінності між геосферним, екосистемним та ресурсним підходами до визначення об'єктів моніторингу.
3. Поясніть, чому геосфери не можуть розглядатися як ізольовані об'єкти моніторингу. Наведіть приклади взаємозв'язків між атмосферою, гідросферою, літосферою, педосферою та біосферою.

4. Охарактеризуйте екосистему як об'єкт моніторингових досліджень. У чому полягає перевага екосистемного підходу порівняно з компонентним?
5. Розкрийте зміст ресурсного підходу до моніторингу довкілля та поясніть його значення для природокористування і просторового планування.
6. Обґрунтуйте необхідність ієрархічної організації моніторингу довкілля. Чому екологічні процеси потребують різних рівнів спостереження?
7. Охарактеризуйте функціональні особливості глобального, національного, регіонального та локального рівнів моніторингу довкілля.
8. Поясніть, чому локальний рівень моніторингу є інформаційною основою всієї системи екологічних спостережень.
9. Розкрийте сутність вертикальної інтеграції даних у системі моніторингу довкілля.
10. Поясніть, чому екосистемні процеси часто не відповідають адміністративним межам територій.
11. Охарактеризуйте взаємозв'язок між масштабом екосистемного процесу та рівнем моніторингових досліджень.
12. Поясніть роль екосистемних процесів у формуванні просторової структури моніторингових систем.
13. Розкрийте значення регіонального рівня моніторингу у виявленні просторових закономірностей екологічних змін.
14. Обґрунтуйте роль глобального моніторингу у дослідженні кліматичних змін та трансформації біосфери.
15. Поясніть, чому сучасний моніторинг довкілля має інтегрувати локальні, регіональні, національні та глобальні дані.

Аналітико-порівняльні питання

16. Порівняйте геосферний та екосистемний підходи до організації моніторингових досліджень. Визначте їх переваги та обмеження.

17. Порівняйте локальний і регіональний рівні моніторингу за:
- масштабом;
 - характером екосистемних процесів;
 - системою показників;
 - управлінським значенням.
18. Порівняйте фоновий, імпактний та кризовий моніторинг за:
- метою;
 - об'єктами спостереження;
 - типами екологічних процесів;
 - характером отримуваної інформації.
19. Проаналізуйте відмінності між атмосферним, гідрологічним, ґрунтовим та біологічним моніторингом.
20. Поясніть, як змінюється характер екологічної інформації під час переходу від локального до глобального рівня моніторингу.

Ситуаційні завдання

21. У межах невеликої річки, що протікає через аграрний регіон, зафіксовано:
- погіршення якості води;
 - замулення русла;
 - зменшення чисельності риб;
 - активізацію ерозійних процесів.

Завдання:

- визначте об'єкти моніторингу;
 - встановіть, які рівні моніторингу необхідно задіяти;
 - поясніть, які екосистемні процеси слід досліджувати;
 - визначте види моніторингу, доцільні у цій ситуації.
22. На території міста спостерігаються:
- формування теплових островів;
 - зростання концентрацій пилу;

- скорочення площ зелених насаджень;
- погіршення умов рекреації.

Завдання:

- визначте основні об'єкти моніторингу;
- поясніть взаємозв'язок між локальними та регіональними екосистемними процесами;
- обґрунтуйте, які види моніторингу є пріоритетними.

23. У лісовому регіоні після масштабних пожеж спостерігаються:

- деградація рослинного покриву;
- посилення ерозії;
- зміна водного режиму;
- скорочення біорізноманіття.

Завдання:

- визначте рівні моніторингу, необхідні для оцінювання ситуації;
- поясніть, як локальні зміни можуть трансформуватися у регіональні екосистемні процеси;
- обґрунтуйте роль глобального моніторингу у дослідженні таких явищ.

24. У межах територіальної громади планується будівництво великого промислового об'єкта.

Завдання:

- визначте потенційні об'єкти моніторингу;
- поясніть, які екосистемні процеси можуть бути порушені;
- визначте види та рівні моніторингу, необхідні для оцінювання впливу.

Кейсові завдання

25. Кейс «Річковий басейн»

У межах річкового басейну спостерігаються:

- інтенсивне сільськогосподарське освоєння;
- вирубування лісів у верхів'ях;
- евтрофікація водойм;

- часті паводки.

Завдання:

1. Визначте основні екосистемні процеси, що формують екологічну ситуацію.
2. Обґрунтуйте, які рівні моніторингу необхідно інтегрувати.
3. Визначте об'єкти та види моніторингу.
4. Поясніть, як локальні зміни впливають на регіональні процеси у межах басейну.
5. Запропонуйте систему екологічних спостережень для цієї території.

26. Кейс «Урбоекосистема»

Велике місто характеризується:

- високою щільністю забудови;
- інтенсивним транспортним навантаженням;
- дефіцитом зелених зон;
- погіршенням мікроклімату.

Завдання:

1. Визначте основні об'єкти моніторингу.
2. Поясніть, які геосфери та екосистеми зазнають найбільшого антропогенного впливу.
3. Обґрунтуйте взаємозв'язок локальних і глобальних екосистемних процесів у межах урбоекосистеми.
4. Визначте, які види моніторингу необхідні для управління якістю міського середовища.

27. Кейс «Кліматичні зміни»

На території регіону спостерігаються:

- підвищення середньорічної температури;
- збільшення частоти посух;
- деградація водно-болотних угідь;
- зміна ареалів видів.

Завдання:

1. Поясніть взаємозв'язок між глобальними кліматичними змінами та локальними екосистемними процесами.

2. Визначте рівні моніторингу, необхідні для дослідження цих змін.
3. Обґрунтуйте роль дистанційного моніторингу та ГІС у дослідженні процесів трансформації екосистем.

Інтегративні питання

28. Проаналізуйте взаємозв'язок між геосферним, екосистемним та ресурсним підходами у системі моніторингу довкілля.
29. Поясніть, чому сучасний моніторинг довкілля потребує інтеграції природничих, просторово-аналітичних та управлінських підходів.
30. Обґрунтуйте роль екосистемного підходу у трансформації сучасних моніторингових систем.
31. Проаналізуйте значення багаторівневої організації моніторингу для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку.
32. Поясніть, чому ефективне управління екосистемами неможливе без інтеграції даних різних рівнів моніторингу.
33. Проаналізуйте роль ГІС та дистанційного зондування у забезпеченні взаємозв'язку між рівнями моніторингу.
34. Обґрунтуйте значення моніторингу екосистемних процесів для просторового та ландшафтного планування територій.
35. Поясніть, як результати моніторингу можуть використовуватися для оцінювання екосистемних послуг та природного капіталу територій.

Узагальнювальне інтегративне завдання

Комплексне завдання

Для території прикордонного регіону необхідно сформувати систему моніторингу довкілля, яка повинна враховувати:

- транскордонне забруднення повітря;
- деградацію річкових екосистем;
- зміни структури землекористування;
- втрати біорізноманіття;

- кліматичні ризики.

Завдання:

1. Визначте основні об'єкти моніторингу.
2. Обґрунтуйте необхідність поєднання геосферного, екосистемного та ресурсного підходів.
3. Встановіть рівні моніторингу, необхідні для дослідження цієї території.
4. Визначте види моніторингу, які слід застосувати.
5. Поясніть взаємозв'язок локальних, регіональних, національних та глобальних екосистемних процесів у межах регіону.
6. Запропонуйте концептуальну модель інтегрованої системи моніторингу для цієї території.



ПОКАЗНИКИ ТА ІНДИКАТОРИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Однією з ключових складових будь-якої системи моніторингу довкілля є система показників та індикаторів, за допомогою яких здійснюється оцінювання стану природного середовища, виявлення тенденцій його змін, прогнозування екологічних ризиків та формування інформаційної основи для ухвалення управлінських рішень. Саме показники та індикатори забезпечують можливість переходу від загального спостереження за природними процесами до їх кількісної та якісної характеристики, дозволяючи оцінювати складні екологічні явища у вимірюваній та порівнюваній формі.

У сучасних моніторингових дослідженнях система індикаторів розглядається не лише як набір окремих параметрів спостереження, а як важливий інструмент інтеграції екологічної інформації, що відображає стан геосфер, екосистем, природних ресурсів та характер взаємодії суспільства з довкіллям. При цьому особливого значення набуває проблема відбору таких показників, які б одночасно забезпечували репрезентативність, достовірність, чутливість до змін та можливість комплексного аналізу природних і природно-антропогенних процесів.

У цьому розділі розглядаються сутність екологічних показників та індикаторів, їх класифікація та функціональне значення у системі моніторингу довкілля. Значну увагу приділено фізичним, хімічним та біологічним індикаторам, а також показникам стану екосистем і екосистемних послуг. Окремо висвітлено критерії відбору показників для моніторингових досліджень, що забезпечують наукову обґрунтованість та ефективність моніторингових програм.

Таким чином, розділ спрямований на формування у здобувачів освіти системного розуміння ролі показників та індикаторів у сучасних моніторингових дослідженнях і їх значення для оцінювання стану довкілля, прогнозування змін та підтримки процесів екологічного управління і сталого розвитку.

5.1.

ПОНЯТТЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ІНДИКАТОРІВ



Одним із ключових елементів системи моніторингу довкілля є екологічні показники та індикатори, за допомогою яких здійснюється оцінювання стану природного середовища, виявлення тенденцій його змін, аналіз екологічних ризиків та формування інформаційної основи для прийняття управлінських рішень. Саме вони забезпечують можливість переведення складних природних і природно-антропогенних процесів у систему кількісних і якісних характеристик, придатних для аналізу, порівняння та інтерпретації.

У сучасній науковій літературі поняття «показник» та «індикатор» часто використовуються як взаємопов'язані, проте між ними існують певні змістові відмінності.

У системі моніторингу довкілля поняття «показник» та «індикатор» є базовими категоріями, за допомогою яких здійснюється оцінювання стану природного середовища, аналіз динаміки екологічних процесів та формування інформаційної основи для прийняття управлінських рішень. Незважаючи на близькість змісту цих понять та часте їх використання як синонімічних, у науково-методичному аспекті між ними існують певні змістові та функціональні відмінності.

Поняття «**показник**» у широкому розумінні трактується як кількісна або якісна характеристика певної властивості, процесу, явища чи стану об'єкта дослідження, яка може бути виміряна, зафіксована або розрахована. У моніторингових дослідженнях показники використовуються для безпосереднього опису окремих компонентів довкілля та їх параметрів. Вони є первинною інформаційною основою екологічного аналізу та забезпечують можливість отримання об'єктивних даних про стан природних систем.

Екологічні показники можуть характеризувати:

- фізичні властивості середовища (температура, вологість, рівень шуму);
- хімічний стан компонентів довкілля (концентрація забруднювальних речовин, кислотність, мінералізація);
- біологічні параметри (видове різноманіття, продуктивність, біомаса);
- соціально-екологічні аспекти (рівень антропогенного навантаження, обсяг відходів, рівень ресурсоспоживання).

Таким чином, показник є конкретною характеристикою певного об'єкта або процесу, яка відображає його стан у певний момент часу чи у межах певної території.

Отже, екологічний показник, як правило, розглядається як конкретна кількісна або якісна характеристика певного природного процесу, компонента довкілля чи стану екосистеми, яка може бути виміряна, розрахована або зафіксована у процесі моніторингових досліджень. Показники відображають окремі

властивості об'єкта спостереження та формують основу для подальшого аналізу.

Поняття **«індикатор»** має більш інтегративний та інтерпретаційний характер. Індикатор — це узагальнений параметр або система параметрів, що використовується для оцінювання стану, тенденцій змін чи функціонування екологічної системи та дозволяє робити висновки щодо наявності або характеру певних процесів. На відміну від окремого показника, індикатор не лише фіксує певну характеристику, але й виконує сигнальну функцію, відображаючи екологічно значущі зміни або тенденції.

У системі моніторингу довкілля індикатори використовуються для:

- інтегрального оцінювання стану довкілля;
- виявлення екологічних ризиків;
- аналізу тенденцій змін природного середовища;
- оцінки ефективності природоохоронних заходів;
- підтримки управлінських рішень.

Наприклад, концентрація нітратів у воді є показником, тоді як індекс якості води, що формується на основі сукупності декількох показників, виступає індикатором екологічного стану водного об'єкта. Аналогічно, окремі параметри стану рослинності можуть бути показниками, тоді як індекс NDVI є інтегральним індикатором стану рослинного покриву.

Важливою особливістю індикаторів є їх здатність до узагальнення складної інформації у формі, придатній для аналізу, порівняння та управління. Саме тому індикатори широко використовуються у системах екологічного моніторингу, оцінювання екосистемних послуг, екологічної безпеки та сталого розвитку.

Отже, екологічний індикатор має більш інтегративний характер і використовується для узагальненого відображення стану, динаміки або тенденцій змін екологічних систем. На відміну від окремого показника, індикатор дозволяє інтерпретувати екологічну інформацію у контексті певної

проблеми, процесу або функціонального стану системи. Таким чином, індикатор є своєрідним «сигналом», який дає змогу оцінити рівень екологічної безпеки, ступінь антропогенного навантаження або ефективність природоохоронних заходів.

Наприклад, концентрація діоксиду сірки у повітрі є показником, тоді як індекс забруднення атмосфери, який формується на основі сукупності окремих показників, виступає індикатором екологічного стану атмосферного середовища. Аналогічно, вміст розчиненого кисню у воді є показником, тоді як інтегральна оцінка екологічного стану водного об'єкта — індикатором функціонування водної екосистеми.

У системі моніторингу довкілля показники та індикатори виконують низку важливих функцій:

- забезпечують кількісне та якісне оцінювання стану довкілля;
- дозволяють виявляти тенденції та закономірності змін;
- формують основу для прогнозування екологічних процесів;
- забезпечують порівнянність результатів моніторингу у просторі та часі;
- сприяють прийняттю науково обґрунтованих управлінських рішень.

Особливого значення система екологічних індикаторів набуває в умовах реалізації екосистемного підходу та концепції сталого розвитку. У цьому контексті індикатори використовуються не лише для оцінки окремих компонентів довкілля, але й для аналізу функціонування екосистем, стану природного капіталу та екосистемних послуг. Це дозволяє перейти від фрагментарного аналізу окремих параметрів до комплексного розуміння взаємозв'язків між природними процесами, господарською діяльністю та якістю життя населення.

Важливою особливістю екологічних показників та індикаторів є їх ієрархічність і багаторівневність. Одні показники можуть використовуватися на локальному рівні для

оперативного контролю стану окремих об'єктів, тоді як інтегральні індикатори застосовуються для регіонального, національного або глобального оцінювання екологічної ситуації. Саме тому ефективність моніторингових досліджень значною мірою залежить від правильного вибору системи показників та індикаторів відповідно до цілей, масштабів і завдань моніторингу.

Отже, як бачимо, показник і індикатор є взаємопов'язаними, але не тотожними поняттями. Показник відображає окрему характеристику об'єкта або процесу, тоді як індикатор забезпечує інтерпретацію та узагальнення екологічної інформації, дозволяючи оцінювати стан і тенденції розвитку екологічних систем у більш широкому функціональному та управлінському контексті.

Таким чином, екологічні показники та індикатори є фундаментальною інформаційною основою моніторингу довкілля, що забезпечує оцінювання, інтерпретацію та прогнозування стану природного середовища. Їх використання дозволяє не лише отримувати об'єктивну екологічну інформацію, але й трансформувати її у систему знань, необхідних для екологічного управління, природоохоронної діяльності та забезпечення сталого розвитку територій.

5.2.

ФІЗИЧНІ, ХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ІНДИКАТОРИ

Однією з фундаментальних складових системи моніторингу довкілля є використання системи індикаторів, які дозволяють оцінювати стан природного середовища, виявляти тенденції його змін, встановлювати рівень антропогенного навантаження та прогнозувати можливі екологічні ризики. Залежно від характеру процесів і властивостей довкілля, які підлягають оцінюванню, у моніторингових дослідженнях використовуються фізичні, хімічні та біологічні індикатори. Кожна із цих груп відображає певний аспект функціонування природних систем і виконує специфічну роль у системі екологічного аналізу.



Використання різних типів індикаторів забезпечує комплексність моніторингових досліджень, оскільки стан довкілля формується під впливом взаємопов'язаних фізичних, хімічних та біологічних процесів. Саме тому сучасні системи моніторингу ґрунтуються на інтеграції різних груп індикаторів, що дозволяє отримати більш об'єктивну та системну характеристику екологічної ситуації.

Фізичні індикатори

Фізичні індикатори характеризують фізичні властивості компонентів довкілля та процеси, що відбуваються у природному середовищі. Вони є одними з найбільш базових і широко використовуваних у системах моніторингу, оскільки дозволяють оперативно фіксувати зміни стану природних компонентів.

До фізичних індикаторів належать:

- температура повітря, води та ґрунту;
- вологість;
- атмосферний тиск;
- швидкість і напрям вітру;
- рівень шуму;
- рівень радіації;
- освітленість;
- каламутність води;
- електропровідність;
- рівень води у водних об'єктах;
- механічний склад ґрунтів;
- показники ерозійних процесів.

Фізичні індикатори мають особливе значення у:

- кліматичному моніторингу;
- гідрологічних дослідженнях;
- моніторингу урбанізованих територій;
- оцінюванні природних небезпек;
- дистанційному зондуванні Землі.

Наприклад, підвищення температури поверхні міських територій може виступати індикатором формування «островів тепла», а зміна рівня води у річці — свідчити про порушення гідрологічного режиму або розвиток паводкових процесів.

Важливою особливістю фізичних індикаторів є можливість їх оперативного вимірювання та автоматизованого збору даних за допомогою сенсорних систем, метеостанцій, дистанційних платформ та супутникових технологій. Це забезпечує високу просторово-часову деталізацію моніторингової інформації.

Разом з тим фізичні індикатори не завжди дозволяють повною мірою оцінити екологічний стан системи, оскільки вони відображають переважно зовнішні або функціональні прояви процесів без розкриття їх хімічної чи біологічної природи. Саме тому їх використання потребує інтеграції з іншими групами індикаторів.

Хімічні індикатори

Хімічні індикатори відображають хімічний склад компонентів довкілля та зміни, що відбуваються під впливом природних і антропогенних процесів. Вони є ключовими у системі оцінювання рівня забруднення природного середовища та дозволяють визначати ступінь екологічної небезпеки.

До найбільш поширених хімічних індикаторів належать:

- рН середовища;
- концентрації оксидів сірки та азоту;
- вміст важких металів;
- концентрації нітратів і фосфатів;
- вміст нафтопродуктів;
- солоність та мінералізація вод;
- концентрація розчиненого кисню;
- біохімічне споживання кисню (БСК);
- хімічне споживання кисню (ХСК);
- концентрації пестицидів;
- рівень органічного забруднення.

Хімічні індикатори широко використовуються у:

- моніторингу атмосферного повітря;

- оцінюванні якості поверхневих та підземних вод;
- моніторингу стану ґрунтів;
- контролі промислових викидів;
- санітарно-екологічних дослідженнях.

Наприклад, підвищений вміст нітратів у воді може свідчити про інтенсивний аграрний вплив, а високі концентрації важких металів у ґрунтах — про техногенне забруднення території.

Однією з головних переваг хімічних індикаторів є їх висока точність та можливість кількісного оцінювання ступеня забруднення. Саме вони формують основу більшості нормативних систем екологічного контролю, включаючи гранично допустимі концентрації (ГДК).

Разом з тим важливо враховувати, що хімічні показники часто відображають лише факт наявності забруднювальних речовин, але не завжди дозволяють оцінити їх реальний вплив на живі організми та функціонування екосистем. Це обумовлює необхідність використання біологічних індикаторів.

Біологічні індикатори

Біологічні індикатори (біоіндикатори) характеризують стан живих організмів, популяцій, угруповань та екосистем у відповідь на зміни навколишнього середовища. На відміну від фізичних і хімічних індикаторів, вони дозволяють оцінювати не лише параметри середовища, але й реакцію біоти на екологічні зміни.

Біологічними індикаторами можуть виступати:

- окремі види рослин або тварин;
- видовий склад екосистем;
- біорізноманіття;
- стан популяцій;
- структура біоценозів;
- рівень продуктивності;
- стан лісових насаджень;
- біомаса;
- наявність чутливих або толерантних видів.

Прикладами біоіндикаторів є:

- лишайники як індикатори чистоти атмосферного повітря;
- макрзообентос для оцінювання якості вод;
- фітопланктон як індикатор евтрофікації;
- стан лісової рослинності як показник кліматичних та техногенних змін.

Біологічні індикатори мають особливе значення у:

- моніторингу біорізноманіття;
- оцінці екосистемних послуг;
- визначенні екологічної стійкості;
- оцінці кумулятивного впливу забруднення;
- екосистемному моніторингу.

Головною перевагою біоіндикаторів є їх здатність інтегрально відображати сукупний вплив різних чинників довкілля упродовж тривалого часу. Саме тому біологічні індикатори часто вважаються найбільш екологічно інформативними.

Разом з тим використання біологічних індикаторів потребує високого рівня спеціальної підготовки, оскільки реакція біоти може залежати від багатьох взаємопов'язаних факторів.

Інтеграція фізичних, хімічних та біологічних індикаторів

У сучасних системах моніторингу довкілля дедалі більшого значення набуває інтеграція різних груп індикаторів у межах єдиної системи оцінювання. Такий підхід забезпечує:

- комплексність аналізу;
- підвищення достовірності результатів;
- можливість оцінювання причинно-наслідкових зв'язків;
- формування інтегральних індикаторів стану довкілля;
- підтримку прийняття управлінських рішень.

Наприклад, оцінювання стану річкової екосистеми може одночасно включати:

- фізичні індикатори (температура, каламутність, швидкість течії);
- хімічні індикатори (рН, концентрація кисню, нітрати);
- біологічні індикатори (стан іхтіофауни, біорізноманіття, структура макрзообентосу).

Саме інтегративне використання індикаторів дозволяє сформулювати цілісне уявлення про стан природних систем та забезпечити ефективність моніторингових досліджень.

Таким чином, фізичні, хімічні та біологічні індикатори є взаємодоповнювальними елементами системи моніторингу довкілля. Їх комплексне використання забезпечує багатовимірне оцінювання стану природного середовища, дозволяє виявляти тенденції змін, оцінювати екологічні ризики та формувати науково обґрунтовану основу для екологічного управління і забезпечення сталого розвитку.

5.3.

ІНДИКАТОРИ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ ТА ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ



У сучасних умовах розвитку екосистемного підходу в геоекології та природоохоронній діяльності особливого значення набувають індикатори стану екосистем та екосистемних послуг. Вони забезпечують можливість оцінювання не лише окремих компонентів довкілля, але й функціонування природних систем у цілому, їх стійкості, продуктивності, здатності до саморегуляції та забезпечення суспільства життєво важливими екосистемними послугами.

На відміну від традиційних екологічних показників, які часто характеризують окремі фізичні чи хімічні параметри середовища, екосистемні індикатори мають інтегративний характер і дозволяють оцінювати складні взаємозв'язки між біотичними та абіотичними компонентами екосистем. Саме тому вони є ключовим елементом сучасного екологічного моніторингу, орієнтованого на підтримання екологічної рівноваги та забезпечення сталого розвитку.

Поняття індикаторів стану екосистем

Індикатори стану екосистем – це кількісні або якісні характеристики, які відображають структуру, функціонування, динаміку та рівень стійкості екосистем у певних природних або антропогенно трансформованих умовах. Вони дозволяють:

- оцінювати екологічний стан територій;
- виявляти тенденції деградації або відновлення екосистем;
- аналізувати рівень антропогенного навантаження;
- визначати екологічні ризики;
- прогнозувати можливі зміни функціонування природних систем.

Екосистемні індикатори характеризують:

- структуру екосистем;
- видовий склад;
- біорізноманіття;
- продуктивність;
- стійкість;
- екологічні зв'язки;
- функціональні процеси;
- здатність екосистем до саморегуляції.

Наприклад, скорочення видового різноманіття може свідчити про деградацію екосистеми, а зміни продуктивності рослинності – про трансформацію умов середовища або вплив кліматичних змін.

Основні групи індикаторів стану екосистем

1. Структурні індикатори

Структурні індикатори характеризують просторову та компонентну організацію екосистем.

До них належать:

- видовий склад;
- щільність популяцій;
- рівень біорізноманіття;
- структура рослинного покриву;
- фрагментація природних територій;
- співвідношення природних і антропогенних елементів.

Такі індикатори дозволяють оцінювати ступінь порушення екосистем, рівень трансформації ландшафтів та екологічну цілісність територій.

Наприклад:

- висока фрагментація лісових масивів свідчить про зниження екологічної стійкості;
- скорочення кількості чутливих видів може бути ознакою антропогенного навантаження.

2. Функціональні індикатори

Функціональні індикатори відображають процеси, що забезпечують життєдіяльність екосистем.

До них належать:

- первинна продуктивність;
- інтенсивність біогеохімічних циклів;
- швидкість відновлення рослинності;
- баланс органічної речовини;
- інтенсивність ґрунтоутворення;
- водорегулююча функція екосистем;
- рівень акумуляції вуглецю.

Функціональні індикатори мають особливе значення для оцінювання:

- екологічної стійкості;
- адаптивності екосистем;

- реакції на зміни клімату;
- здатності до самовідновлення.

Наприклад:

- зниження продуктивності лісової екосистеми може бути індикатором деградаційних процесів;
- зміна водоутримувальної здатності ґрунтів – ознакою порушення функціонування екосистеми.

3. Динамічні індикатори

Динамічні індикатори характеризують зміни екосистем у часі.

Вони включають:

- швидкість зміни рослинного покриву;
- темпи деградації земель;
- динаміку біомаси;
- зміни меж екосистем;
- частоту екологічних порушень;
- темпи урбанізації.

Такі індикатори є важливими для:

- прогнозування змін довкілля;
- оцінки наслідків антропогенного впливу;
- аналізу довгострокових екологічних тенденцій.

Особливого значення динамічні індикатори набувають у системах дистанційного моніторингу та аналізу часових рядів супутникових даних.

Поняття екосистемних послуг

Концепція екосистемних послуг ґрунтується на розумінні того, що екосистеми забезпечують суспільство різноманітними матеріальними, регулюючими, підтримувальними та культурними функціями, необхідними для життєдіяльності людини.

Екосистемні послуги – це вигоди, які людина отримує від функціонування екосистем.

Виділяють основні групи екосистемних послуг:

1. Забезпечувальні (ресурсні)

- вода;
- деревина;
- продукти харчування;
- біологічні ресурси;
- лікарська сировина.

2. Регулюючі

- очищення повітря;
- регулювання клімату;
- водорегулювання;
- захист від ерозії;
- поглинання вуглецю.

3. Підтримувальні

- ґрунтоутворення;
- кругообіг речовин;
- підтримання біорізноманіття;
- формування середовища існування.

4. Культурні

- рекреація;
- естетична цінність;
- освітнє значення;
- культурна спадщина.

Індикатори екосистемних послуг

Індикатори екосистемних послуг використовуються для оцінювання здатності екосистем забезпечувати певні функції та вигоди для суспільства.

Приклади індикаторів:

Група послуг

Приклади індикаторів

Забезпечувальні	урожайність, запаси води, продуктивність лісів
Регулюючі	рівень поглинання CO ₂ , здатність до очищення води
Підтримувальні	рівень біорізноманіття, вміст гумусу

Група послуг

Приклади індикаторів

Культурні рекреаційна привабливість,
туристичне навантаження

Такі індикатори дозволяють:

- оцінювати стан природного капіталу;
- визначати втрати екосистемних функцій;
- прогнозувати зміни якості життя населення;
- обґрунтовувати природоохоронні заходи.

Значення індикаторів у системі моніторингу

Індикатори стану екосистем та екосистемних послуг виконують низку важливих функцій:

- інформаційну;
- діагностичну;
- прогностичну;
- управлінську.

Вони забезпечують:

- комплексне оцінювання екологічного стану територій;
- підтримку екологічного планування;
- оцінювання ефективності природоохоронних заходів;
- формування стратегій сталого розвитку;
- інтеграцію екологічних і соціально-економічних аспектів управління.

Особливо важливим є використання таких індикаторів у:

- просторовому плануванні;
- управлінні природними ресурсами;
- оцінці впливу на довкілля;
- адаптації до змін клімату;
- екологічному менеджменті територій.

Використання ГІС та дистанційного зондування

Сучасний моніторинг екосистем значною мірою базується на використанні:

- геоінформаційних систем (ГІС);

- дистанційного зондування Землі;
- супутникових даних;
- цифрових платформ моніторингу.

Наприклад:

- NDVI використовується як індикатор стану рослинності;
- NBR – для оцінювання порушень лісових екосистем;
- LST – для аналізу температурного режиму територій.

Такі підходи дозволяють:

- оцінювати екосистемні зміни у великих масштабах;
- аналізувати часову динаміку;
- виявляти деградаційні процеси;
- інтегрувати польові та дистанційні дані.

Узагальнення

Таким чином, індикатори стану екосистем та екосистемних послуг є важливою складовою сучасного моніторингу довкілля, що забезпечує перехід від оцінювання окремих параметрів природного середовища до комплексного аналізу функціонування природних систем та їх ролі у забезпеченні сталого розвитку. Їх використання дозволяє інтегрувати екологічні, просторові, соціально-економічні та управлінські аспекти моніторингових досліджень, формуючи науково обґрунтовану основу для охорони довкілля та раціонального природокористування.

5.4.

КРИТЕРІЇ ВІДБОРУ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ



Ефективність системи моніторингу довкілля значною мірою залежить від правильності вибору показників та індикаторів, які використовуються для оцінювання стану природного середовища, аналізу екологічних процесів і прогнозування можливих змін. Саме система показників визначає інформаційну цінність моніторингових досліджень, рівень їх достовірності, репрезентативності та придатності для подальшого використання у природоохоронній та управлінській діяльності.

У сучасних умовах складності природних і природно-антропогенних систем проблема відбору показників набуває особливої актуальності. Надмірна кількість показників ускладнює аналіз та знижує ефективність моніторингових програм, тоді як недостатня кількість або невдалий вибір параметрів може призвести до неповного чи викривленого уявлення про екологічний стан території. Саме тому формування системи показників має ґрунтуватися на чітко визначених науково-методичних критеріях.

Критерії відбору показників для моніторингу – це сукупність вимог і принципів, які визначають доцільність використання певних показників для оцінювання стану довкілля та забезпечення ефективності моніторингових досліджень.

Значення правильного відбору показників

Відбір показників є одним із ключових етапів формування системи моніторингу, оскільки саме він:

- визначає зміст моніторингової інформації;
- формує аналітичні можливості системи;
- впливає на достовірність оцінювання;
- забезпечує порівнянність результатів;
- визначає можливості прогнозування;
- забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень.

Система показників повинна забезпечувати:

- комплексне відображення стану довкілля;
- виявлення тенденцій змін;
- оцінювання екологічних ризиків;
- можливість просторово-часового аналізу;
- інтеграцію даних різного рівня.

Основні критерії відбору показників для моніторингу

1. Репрезентативність

Одним із найважливіших критеріїв є репрезентативність показника, тобто його здатність адекватно відображати стан об'єкта або процесу, який досліджується.

Репрезентативний показник:

- характеризує найбільш суттєві властивості системи;
- відображає реальні тенденції змін;
- дозволяє робити обґрунтовані висновки;
- є типовим для певної території чи процесу.

Наприклад:

- концентрація розчиненого кисню є репрезентативним показником стану водної екосистеми;
- NDVI виступає репрезентативним індикатором стану рослинного покриву.

Нерепрезентативні показники можуть створювати викривлене уявлення про екологічну ситуацію та призводити до помилкових управлінських рішень.

2. Чутливість до змін

Показник повинен оперативно реагувати на зміни стану довкілля та антропогенні впливи.

Чутливість показника забезпечує:

- раннє виявлення негативних тенденцій;
- можливість прогнозування;
- оперативне реагування на екологічні ризики.

Наприклад:

- лишайники швидко реагують на зміни якості атмосферного повітря;
- зміна температури поверхні може свідчити про урбанізаційні процеси.

Недостатньо чутливі показники можуть не фіксувати ранніх стадій деградації екосистем.

3. Достовірність

Показники повинні забезпечувати отримання об'єктивної та науково обґрунтованої інформації.

Достовірність залежить від:

- точності вимірювань;
- надійності методик;

- якості обладнання;
- стандартизації процедур;
- повторюваності результатів.

Особливого значення достовірність набуває у:

- довгострокових моніторингових дослідженнях;
- міжнародних системах моніторингу;
- прийнятті управлінських рішень.

4. Просторово-часова узгодженість

Показники повинні забезпечувати можливість:

- порівняння даних у різних регіонах;
- аналізу часової динаміки;
- інтеграції даних різних рівнів моніторингу.

Цей критерій особливо важливий для:

- глобального моніторингу;
- дистанційного зондування;
- аналізу довгострокових тенденцій.

Наприклад:

- використання єдиних супутникових індексів забезпечує порівнянність даних між різними територіями.

5. Інформативність

Інформативність характеризує здатність показника надавати значущий обсяг інформації про стан системи.

Інформативний показник:

- відображає ключові екологічні процеси;
- дозволяє оцінити причинно-наслідкові зв'язки;
- має високу аналітичну цінність.

Наприклад:

- біорізноманіття є високоінформативним показником стану екосистеми.

6. Комплексність

Система показників повинна охоплювати різні аспекти функціонування довкілля:

- фізичні;

- хімічні;
- біологічні;
- соціально-економічні.

Комплексність забезпечує:

- системне оцінювання;
- інтегративний аналіз;
- виявлення взаємозв'язків між компонентами довкілля.

Саме тому сучасний моніторинг дедалі більше орієнтується на інтегровані системи індикаторів.

7. Практична доступність

Показник повинен бути:

- технічно вимірюваним;
- економічно доцільним;
- доступним для регулярного збору даних.

Навіть дуже інформативний показник може бути непридатним для моніторингу через:

- надмірну вартість;
- складність вимірювань;
- відсутність технічних можливостей.

8. Стандартизованість

Для забезпечення порівнянності результатів показники повинні:

- визначатися за уніфікованими методиками;
- відповідати міжнародним стандартам;
- бути придатними для інтеграції у різні системи моніторингу.

Стандартизація є основою:

- міжнародного екологічного співробітництва;
- створення глобальних баз даних;
- інтеграції моніторингових систем.

9. Прогностична цінність

Важливим критерієм є здатність показника використовуватися для:

- прогнозування змін;
- оцінювання ризиків;
- моделювання сценаріїв розвитку.

Наприклад:

- зміни структури рослинності можуть бути індикатором майбутньої деградації екосистем.

10. Управлінська значущість

Показники повинні бути придатними для:

- підтримки прийняття рішень;
- оцінювання ефективності природоохоронних заходів;
- формування екологічної політики;
- просторового планування.

Саме управлінська значущість перетворює екологічні дані на інструмент практичного управління.

Інтеграція критеріїв у системі моніторингу

У реальних моніторингових дослідженнях показники відбираються не за одним критерієм, а за їх комплексом. Це дозволяє сформувати збалансовану систему індикаторів, яка:

- є науково обґрунтованою;
- забезпечує достовірність оцінювання;
- дозволяє інтегрувати різнорівневі дані;
- підтримує процеси екологічного управління.

Наприклад, при моніторингу урбоекосистем можуть одночасно використовуватися:

- фізичні показники (температура поверхні);
- хімічні (концентрація забруднювачів);
- біологічні (стан зелених насаджень);
- соціально-екологічні (рівень рекреаційного навантаження).

Роль ГІС і цифрових технологій

Сучасні цифрові технології значно розширюють можливості відбору та використання показників.

ГІС та дистанційне зондування забезпечують:

- автоматизований збір даних;
- просторовий аналіз;
- інтеграцію різномірної інформації;
- оцінювання динаміки змін;
- створення інтегральних індикаторів.

Це особливо важливо для:

- великомасштабного моніторингу;
- аналізу екосистемних процесів;
- прогнозування екологічних ризиків.

Таким чином, критерії відбору показників для моніторингу є важливою методологічною основою формування ефективних систем оцінювання стану довкілля. Правильно сформована система показників забезпечує комплексність, достовірність та інформативність моніторингових досліджень, дозволяє виявляти тенденції змін природного середовища, оцінювати екологічні ризики та формувати науково обґрунтовану основу для природоохоронної та управлінської діяльності.



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ

Концептуально-інтерпретаційні питання

1. Розкрийте сутність понять «екологічний показник» та «екологічний індикатор». У чому полягає їх змістова та функціональна відмінність у системі моніторингу довкілля?
2. Поясніть роль показників та індикаторів у формуванні інформаційної основи моніторингових досліджень.
3. Охарактеризуйте значення фізичних індикаторів у системі оцінювання стану природного середовища. Наведіть приклади їх використання.
4. Обґрунтуйте роль хімічних індикаторів у виявленні антропогенного забруднення довкілля.

5. Поясніть, чому біологічні індикатори вважаються одними з найбільш інтегративних показників стану екосистем.
6. Розкрийте взаємозв'язок між індикаторами стану екосистем та екосистемних послуг.
7. Охарактеризуйте основні критерії відбору показників для моніторингу довкілля та поясніть їх методологічне значення.
8. Поясніть, чому репрезентативність та чутливість є одними з ключових критеріїв відбору екологічних показників.

Ситуаційні завдання

9. У межах міської території зафіксовано підвищення температури поверхні та скорочення площ зелених насаджень.

Завдання:

- визначте, які фізичні, хімічні та біологічні індикатори доцільно використати для оцінювання стану території;
- поясніть, які екосистемні послуги можуть зазнавати змін.

10. У річковому басейні спостерігається погіршення якості води та зменшення чисельності водних організмів.

Завдання:

- визначте систему показників для моніторингу цієї ситуації;
- обґрунтуйте, які індикатори є найбільш репрезентативними.

11. У лісовій екосистемі спостерігається зниження продуктивності рослинності та зміна видового складу.

Завдання:

- визначте, які індикатори можуть свідчити про деградацію екосистеми;
- поясніть, які критерії слід враховувати при їх відборі.

12. На урбанізованій території результати моніторингу різних установ виявилися непорівнюваними.

Завдання:

- поясніть, які критерії відбору показників було порушено;
- обґрунтуйте значення стандартизованості та просторово-часової узгодженості.

Кейсові завдання

13. Кейс «Урбоекосистема»

У великому місті спостерігаються:

- підвищення рівня шуму;
- погіршення якості повітря;
- зменшення площ зелених зон;
- зростання температури поверхні.

Завдання:

- визначте фізичні, хімічні та біологічні індикатори для оцінювання стану урбоекосистеми;
- визначте індикатори екосистемних послуг;
- запропонуйте критерії відбору показників для системи моніторингу міста.

14. Кейс «Агроландшафт»

У межах сільськогосподарського регіону відбуваються:

- деградація ґрунтів;
- зменшення вмісту гумусу;
- забруднення поверхневих вод;
- скорочення біорізноманіття.

Завдання:

- визначте систему екологічних показників для оцінювання ситуації;
- встановіть, які індикатори характеризують стан екосистемних послуг;
- обґрунтуйте, які показники є найбільш інформативними та прогностично цінними.

15. Кейс «Лісова екосистема після пожеж»

Після масштабних лісових пожеж необхідно оцінити стан території та можливості її відновлення.

Завдання:

- визначте фізичні, хімічні та біологічні індикатори, необхідні для моніторингу;
- обґрунтуйте використання дистанційних індикаторів (NDVI, NBR);
- поясніть, які екосистемні послуги зазнали найбільших втрат.

Інтегративні питання

16. Проаналізуйте систему екологічних показників як інструмент інтеграції фізичних, хімічних, біологічних та соціально-економічних аспектів моніторингу довкілля.
17. Поясніть, як використання індикаторів стану екосистем та екосистемних послуг сприяє реалізації екосистемного підходу у природокористуванні.
18. Обґрунтуйте роль інтегральних індикаторів у системі оцінювання екологічного стану територій.
19. Проаналізуйте взаємозв'язок між вибором показників моніторингу та ефективністю управлінських рішень у сфері охорони довкілля.
20. Поясніть значення ГІС і дистанційного зондування Землі у формуванні сучасних систем екологічних індикаторів.
21. Обґрунтуйте, чому система показників моніторингу повинна бути одночасно репрезентативною, комплексною та прогностично орієнтованою.
22. Проаналізуйте роль індикаторів екосистемних послуг у забезпеченні сталого розвитку територій.
23. Сформулюйте власну концептуальну модель системи показників для моніторингу конкретної екосистеми (урбоекосистеми, річкового басейну, агроландшафту або лісової території).

Узагальнювальне інтегративне завдання

Комплексне завдання

Для території територіальної громади необхідно сформувати систему моніторингу довкілля, орієнтовану на оцінювання:

- стану природних компонентів;
- екосистемних процесів;
- екосистемних послуг;
- екологічних ризиків.

Завдання:

1. Визначте основні групи показників та індикаторів.
2. Обґрунтуйте критерії їх відбору.
3. Запропонуйте фізичні, хімічні та біологічні індикатори для оцінювання стану території.
4. Визначте індикатори екосистемних послуг.
5. Поясніть, яким чином результати моніторингу можуть використовуватися для управлінських і просторово-планувальних рішень.



РОЗДІЛ VI

МЕТОДИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Сучасний моніторинг довкілля характеризується високим рівнем методичної багатокomпонентності та інтеграції різних способів отримання, аналізу й інтерпретації екологічної інформації. Ефективність моніторингових досліджень значною мірою визначається не лише правильно сформованою системою показників та індикаторів, але й адекватністю методичних інструментів, що використовуються для спостереження, вимірювання, оцінювання та прогнозування стану природного середовища.

У сучасних умовах розвитку цифрових технологій, геоінформаційного аналізу та дистанційного зондування Землі методичний апарат моніторингу довкілля набуває міждисциплінарного характеру, поєднуючи класичні польові та лабораторні методи із сучасними засобами автоматизованого збору, обробки й візуалізації даних. Це забезпечує можливість комплексного оцінювання природних і природно-антропогенних процесів у різних просторово-часових масштабах – від локального до глобального рівня.

Методичні інструменти моніторингу формують основу для реалізації інформаційної, діагностичної, прогностичної та управлінської функцій моніторингових систем. Саме через систему методів забезпечується отримання достовірної та репрезентативної інформації про стан геосфер, екосистем, природних ресурсів та екосистемних послуг, а також виявлення тенденцій змін довкілля і прогнозування можливих екологічних ризиків.

Особливого значення у сучасних моніторингових дослідженнях набуває інтеграція наземних, дистанційних та геоінформаційних методів. Такий підхід забезпечує поєднання детальності польових спостережень із можливостями великомасштабного просторового аналізу, що є необхідним для комплексного оцінювання стану територій та підтримки процесів екологічного управління і просторового планування.

Важливою тенденцією розвитку методичного апарату моніторингу є перехід від ізольованого використання окремих

методів до формування інтегрованих систем спостереження, у межах яких дані різного походження об'єднуються у єдині інформаційно-аналітичні моделі. Це створює передумови для підвищення точності моніторингових оцінок, удосконалення прогнозування та забезпечення науково обґрунтованого прийняття управлінських рішень.

Методичні інструменти моніторингу довкілля охоплюють широкий спектр підходів – від безпосередніх польових спостережень і лабораторних вимірювань до використання супутникових даних, геоінформаційних систем, цифрових платформ та методів інтеграції просторової інформації. Саме комплексне поєднання цих інструментів формує сучасну методологічну основу моніторингових досліджень та забезпечує їх відповідність актуальним викликам у сфері охорони довкілля, природокористування та сталого розвитку.

6.1.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ВИМІРЮВАННЯ, ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ



Методичний апарат моніторингу довкілля ґрунтується на послідовному поєднанні кількох взаємопов'язаних дослідницьких процедур: **спостереження, вимірювання, оцінювання та прогнозування**. Саме ці процедури формують логіку переходу від безпосереднього отримання первинної інформації про стан довкілля до її наукової інтерпретації, аналітичного узагальнення та використання для передбачення можливих змін природних і природно-антропогенних систем.

У системі моніторингу довкілля ці методичні інструменти не існують ізольовано. Спостереження забезпечує фіксацію стану об'єктів моніторингу; вимірювання надає кількісну або якісну визначеність отриманим даним; оцінювання дозволяє встановити екологічне значення зафіксованих параметрів; прогнозування спрямоване на передбачення можливих змін і ризиків. У сукупності вони утворюють методичний цикл моніторингової діяльності, що забезпечує реалізацію інформаційної, діагностичної, прогностичної та управлінської функцій моніторингу.

Спостереження як базовий етап моніторингових досліджень

Спостереження є вихідною методичною процедурою моніторингу довкілля, що полягає у цілеспрямованій, систематичній і науково організованій фіксації стану об'єктів природного середовища, природно-антропогенних систем або процесів, які відбуваються у довкіллі. На відміну від випадкового або разового опису явищ, моніторингове спостереження має регулярний, повторюваний і методично впорядкований характер.

У процесі спостереження визначаються об'єкти, показники, просторові межі, часові інтервали та способи фіксації інформації. Об'єктами спостереження можуть бути атмосферне повітря, поверхневі й підземні води, ґрунти, рослинність, тваринний світ, ландшафти, екосистеми, природні ресурси, урбанізовані території, річкові басейни або зони впливу господарської діяльності.

Моніторингові спостереження можуть здійснюватися у різних формах: польових обстежень, стаціонарних спостережень, маршрутних досліджень, дистанційного спостереження, автоматизованого сенсорного контролю або візуальної фіксації змін. Їх вибір залежить від мети дослідження, типу об'єкта, масштабу моніторингу та характеру екологічних процесів.

Особливе значення має **систематичність спостережень**, оскільки саме повторюваність у часі дозволяє виявляти динаміку змін, тенденції, сезонні коливання, циклічність процесів або появу аномальних відхилень. Наприклад, одноразове спостереження за якістю води у річці дає інформацію лише про її стан у конкретний момент, тоді як регулярні спостереження дозволяють встановити сезонні зміни, вплив господарської діяльності, періоди підвищеного забруднення або довгострокові тенденції деградації водної екосистеми.

Методологічне значення спостереження полягає в тому, що воно формує первинну інформаційну основу моніторингу. Саме на цьому етапі створюється фактична база, без якої неможливі подальші вимірювання, оцінювання, прогнозування та управлінська інтерпретація результатів.

Вимірювання як спосіб кількісного та якісного визначення стану довкілля

Вимірювання є наступним методичним етапом моніторингових досліджень, який забезпечує кількісне або якісне визначення параметрів об'єкта спостереження. Якщо спостереження фіксує факт наявності певного явища або стану, то вимірювання дозволяє надати цьому стану числового, порівнюваного або класифікаційного вираження.

У моніторингу довкілля вимірювання можуть стосуватися фізичних, хімічних, біологічних, просторових, часових і соціоекологічних параметрів. До фізичних параметрів належать температура, вологість, рівень шуму, швидкість вітру, каламутність води, рівень води у річці. Хімічні вимірювання охоплюють концентрації забруднювальних речовин, рН, мінералізацію, вміст нітратів, фосфатів, важких металів, розчиненого кисню. Біологічні вимірювання можуть включати чисельність видів, біомасу, продуктивність, видовий склад, стан рослинності або показники біорізноманіття.

Важливою умовою якісного вимірювання є застосування стандартизованих методик, надійного обладнання, коректного відбору проб, дотримання правил польових і лабораторних

процедур, а також забезпечення контролю якості даних. Без цього результати вимірювань можуть бути неточними, непорівнюваними або такими, що не відображають реального стану об'єкта.

Вимірювання забезпечує перехід від загального опису до об'єктивізованої характеристики стану довкілля. Наприклад, твердження про «забруднену воду» саме по собі є недостатньо науковим, тоді як визначення концентрації нітратів, фосфатів, важких металів, показника БСК або вмісту розчиненого кисню дозволяє оцінити рівень забруднення, порівняти його з нормативними значеннями та встановити можливі джерела впливу.

У сучасному моніторингу довкілля дедалі більшого значення набувають автоматизовані вимірювальні системи, дистанційні сенсори, супутникові дані та цифрові платформи збору інформації. Вони дозволяють здійснювати вимірювання з високою просторовою і часовою деталізацією, що особливо важливо для оперативного моніторингу якості повітря, водних ресурсів, пожеж, повеней, теплових островів або змін рослинного покриву.

Оцінювання як аналітична інтерпретація моніторингових даних

Оцінювання у системі моніторингу довкілля є аналітичною процедурою, спрямованою на встановлення екологічного значення отриманих даних. На цьому етапі результати спостережень і вимірювань перетворюються на висновки про стан об'єкта, рівень його змін, ступінь порушення, ризики, тенденції або відповідність певним нормативним чи науково обґрунтованим критеріям.

Оцінювання може здійснюватися шляхом порівняння фактичних значень із фоновими показниками, нормативами, гранично допустимими концентраціями, еталонними станами, середніми багаторічними значеннями або цільовими екологічними орієнтирами. Воно дозволяє встановити, чи є стан

довкілля прийнятним, напруженим, кризовим або таким, що потребує управлінського втручання.

У моніторингу довкілля оцінювання може мати різні форми: компонентну, комплексну, інтегральну, просторову, часову, ризик-орієнтовану, екосистемну або управлінську. Компонентне оцінювання стосується окремих складових довкілля – повітря, води, ґрунтів, біоти. Комплексне оцінювання поєднує кілька груп показників. Інтегральне оцінювання передбачає узагальнення різних параметрів у зведені індекси або класи стану. Просторове оцінювання дозволяє виявляти територіальні відмінності, а часове – аналізувати динаміку.

Особливе значення має екосистемне оцінювання, яке спрямоване не лише на встановлення стану окремих компонентів, а й на аналіз функціонування екосистем, їх стійкості, продуктивності, здатності до самовідновлення та надання екосистемних послуг. Наприклад, погіршення якості води у річці слід оцінювати не лише як хімічне забруднення, а й як чинник зміни стану водної екосистеми, біорізноманіття, рибних ресурсів, рекреаційної цінності та безпеки водокористування.

Оцінювання виконує діагностичну функцію, оскільки дозволяє виявити проблемні зони, відхилення, джерела впливу, критичні параметри та екологічні ризики. Саме через оцінювання моніторинг переходить від накопичення даних до формування науково обґрунтованих висновків.

Прогнозування як передбачення можливих змін довкілля

Прогнозування є методичним інструментом, спрямованим на передбачення можливих змін стану довкілля на основі аналізу отриманих даних, виявлених тенденцій, причинно-наслідкових зв'язків та сценаріїв розвитку природних і антропогенних процесів. Воно є логічним продовженням спостереження, вимірювання та оцінювання, оскільки спирається на вже накопичену й проаналізовану інформацію.

Прогнозування у моніторингу довкілля може мати короткостроковий, середньостроковий і довгостроковий характер. Короткострокове прогнозування використовується для оперативного реагування на небезпечні явища, наприклад, забруднення повітря, паводки, пожежі або різке погіршення якості води. Середньострокове прогнозування дозволяє оцінювати ймовірні зміни стану території у найближчі роки. Довгострокове прогнозування пов'язане зі сценаріями змін клімату, деградації екосистем, трансформації землекористування або втрати екосистемних послуг.

У моніторингових дослідженнях прогнозування може здійснюватися на основі статистичних методів, аналізу часових рядів, екстраполяції тенденцій, просторового моделювання, сценарного аналізу, геоінформаційного моделювання, дистанційних даних, екосистемних моделей або ризик-орієнтованих підходів. Вибір методу залежить від характеру процесу, доступності даних, масштабу дослідження та мети прогнозу.

Прогнозування має особливе значення для управління довкіллям, оскільки дозволяє перейти від реагування на вже наявні проблеми до їх попередження. Наприклад, прогнозування ризику підтоплення території на основі гідрологічних даних, рельєфу, структури землекористування і кліматичних сценаріїв дозволяє завчасно планувати інженерні, природоохоронні або просторово-планувальні заходи. Прогнозування стану лісових екосистем після пожежі дозволяє оцінити перспективи природного відновлення, потребу у лісовідновлювальних заходах і можливі втрати екосистемних послуг.

Прогностичний компонент моніторингу має й управлінську цінність, оскільки його результати використовуються для вибору сценаріїв природокористування, визначення екологічних обмежень, оцінювання ризиків, обґрунтування програм адаптації та формування стратегій сталого розвитку територій.

Методичний цикл моніторингових досліджень

Спостереження, вимірювання, оцінювання та прогнозування формують послідовний методичний цикл моніторингу довкілля. Цей цикл можна представити як логічний ланцюг:

спостереження → вимірювання → оцінювання → прогнозування → управлінське використання результатів.

На етапі спостереження формується первинна інформація про стан об'єкта. На етапі вимірювання ця інформація набуває кількісної або якісної визначеності. На етапі оцінювання встановлюється екологічне значення отриманих даних. На етапі прогнозування визначаються можливі напрями подальших змін. Завершальним елементом є використання результатів моніторингу для прийняття управлінських рішень, планування природоохоронних заходів, просторового розвитку або коригування програм моніторингу.

Важливо, що цей цикл не є лінійним і завершеним одноразово. У реальних моніторингових системах він має повторюваний, циклічний характер. Результати оцінювання та прогнозування можуть вимагати уточнення показників, зміни періодичності спостережень, розширення мережі пунктів моніторингу або застосування нових методів. Таким чином, моніторинг функціонує як адаптивна система, здатна самовдосконалюватися відповідно до нових екологічних викликів і управлінських потреб.

Приклад реалізації методичного циклу

Практичну логіку поєднання спостереження, вимірювання, оцінювання та прогнозування можна розглянути на прикладі моніторингу річкового басейну. Спочатку здійснюються спостереження за водними об'єктами, прибережними територіями, джерелами забруднення та характером землекористування. Далі проводяться вимірювання гідрологічних, хімічних і біологічних параметрів: рівня води, витрати, рН, вмісту розчиненого кисню, нітратів, фосфатів, стану макрозообентосу або іхтіофауни.

На етапі оцінювання отримані дані порівнюються з нормативними, фоновими або еталонними значеннями, визначається екологічний стан водного об'єкта, рівень забруднення, джерела впливу та ступінь порушення водної екосистеми. На етапі прогнозування моделюються можливі зміни якості води, ризики евтрофікації, наслідки зміни землекористування або ймовірність погіршення екосистемних послуг. Результати такого циклу можуть бути використані для басейнового управління, планування заходів очищення стічних вод, відновлення прибережних смуг або регулювання аграрного навантаження.

Аналогічна логіка може застосовуватися у моніторингу міського середовища, лісових екосистем, агроландшафтів, природоохоронних територій або зон техногенного впливу.

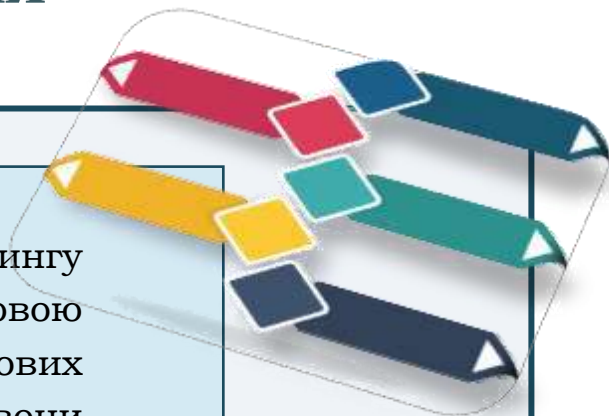
Спостереження, вимірювання, оцінювання та прогнозування є базовими методичними інструментами моніторингу довкілля, які забезпечують повний цикл роботи з екологічною інформацією. Спостереження відповідає за фіксацію стану об'єктів, вимірювання – за кількісне та якісне визначення параметрів, оцінювання – за інтерпретацію отриманих даних, а прогнозування – за передбачення можливих змін і ризиків.

Їх послідовне й узгоджене застосування забезпечує перехід від первинної інформації до науково обґрунтованих висновків і практичних управлінських рішень. Саме тому методичний цикл «спостереження – вимірювання – оцінювання – прогнозування» є основою ефективного функціонування сучасних систем моніторингу довкілля.

6.2.

НАЗЕМНІ МЕТОДИ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Наземні методи моніторингу довкілля є базовою складовою методичного апарату моніторингових досліджень, оскільки саме вони забезпечують безпосереднє отримання інформації про стан природних компонентів, екосистем, ландшафтів, ресурсів і зон антропогенного впливу. На відміну від дистанційних методів, які фіксують стан об'єктів опосередковано, через аналіз зображень, спектральних характеристик або просторових моделей, наземні методи дають змогу здійснювати пряме спостереження, вимірювання, опис, відбір проб і верифікацію екологічної інформації безпосередньо у природному або природно-антропогенному середовищі.



У системі моніторингу довкілля наземні методи виконують кілька важливих функцій. По-перше, вони забезпечують отримання первинних емпіричних даних про стан об'єктів моніторингу. По-друге, дозволяють деталізувати та уточнювати інформацію, отриману іншими способами, зокрема за допомогою дистанційного зондування Землі або геоінформаційного аналізу. По-третє, наземні спостереження виступають основою для перевірки достовірності дистанційних та модельних оцінок, тобто виконують функцію польової верифікації. Саме тому наземні методи залишаються незамінними навіть за умов активного розвитку цифрових технологій, автоматизованих систем спостереження та супутникового моніторингу.

Методологічне значення наземних методів полягає у тому, що вони забезпечують безпосередній контакт дослідника або вимірювальної системи з об'єктом спостереження. Це дозволяє фіксувати не лише кількісні параметри, а й якісні ознаки стану довкілля, які не завжди можуть бути виявлені дистанційними засобами. Наприклад, супутникове зображення може засвідчити зміну рослинного покриву, але лише наземне обстеження дозволяє встановити причини цієї зміни — всихання дерев, пошкодження шкідниками, рекреаційне витоптування, пожежний вплив, забруднення ґрунтів або зміну гідрологічного режиму.

Основні групи наземних методів моніторингу

Наземні методи моніторингу довкілля охоплюють широкий спектр прийомів і процедур, які можуть застосовуватися залежно від об'єкта, мети дослідження, масштабу спостережень і характеру екологічних процесів. До основних груп таких методів належать:

- польові спостереження та маршрутні обстеження;
- стаціонарні спостереження;
- інструментальні вимірювання;

- відбір проб природних компонентів;
- лабораторні методи аналізу;
- біоіндикаційні та біомоніторингові методи;
- геоботанічні, ґрунтові, гідрологічні та ландшафтні описи;
- соціально-екологічні наземні обстеження;
- наземна верифікація дистанційних даних.

Кожна з цих груп має власне методичне призначення, але в реальних моніторингових програмах вони часто застосовуються у поєднанні. Саме комплексне використання наземних методів дозволяє отримати достовірну, репрезентативну та екологічно змістовну інформацію про стан довкілля.

Полеві спостереження та маршрутні обстеження

Полеві спостереження є одним із найдавніших і водночас найбільш універсальних методів моніторингу довкілля. Вони передбачають безпосереднє вивчення об'єктів у природних умовах, фіксацію їх стану, просторового положення, морфологічних ознак, характеру змін і можливих чинників впливу.

Маршрутні обстеження використовуються для виявлення просторових відмінностей у стані довкілля, опису ландшафтних структур, фіксації джерел антропогенного навантаження, оцінювання екологічного стану територій. Під час таких обстежень дослідник рухається за попередньо визначеним маршрутом, фіксує зміни об'єктів, здійснює фотофіксацію, описує природні компоненти, визначає координати точок спостереження та за потреби відбирає проби.

Маршрутні методи особливо ефективні під час моніторингу:

- ландшафтних змін;
- стану зелених насаджень;
- ерозійних процесів;
- засмічення територій;
- деградації ґрунтів;
- рекреаційного навантаження;
- змін у межах річкових долин;

- порушень природних оселищ.

Наприклад, у межах територіальної громади маршрутне обстеження може використовуватися для оцінювання стану малих річок, зелених зон, несанкціонованих сміттєзвалищ, ерозійних форм або деградованих ділянок лісу. Його перевагою є можливість швидко отримати цілісне уявлення про просторову організацію проблем і визначити ділянки, які потребують детальнішого моніторингу.

Водночас польові та маршрутні спостереження потребують чіткої методичної організації: попереднього планування маршрутів, визначення точок спостереження, використання уніфікованих форм опису, фіксації координат, фото- та картографічної документації. Без цього отримані дані можуть бути фрагментарними і малопридатними для довгострокового порівняння.

Стаціонарні спостереження

Стаціонарні спостереження передбачають регулярне отримання даних у заздалегідь визначених пунктах моніторингу. Вони забезпечують формування довготривалих часових рядів, що є надзвичайно важливим для аналізу динаміки природних процесів, сезонних коливань, трендів, аномалій і довгострокових змін.

Стаціонарні пункти можуть бути організовані для моніторингу атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунтів, рослинності, лісових екосистем, гідрологічних режимів, метеорологічних параметрів, рекреаційного навантаження або техногенних впливів. Саме повторюваність спостережень у тих самих точках і за однаковими методиками забезпечує порівнянність даних у часі.

Прикладами стаціонарних спостережень є:

- метеорологічні станції;
- пости контролю якості атмосферного повітря;
- гідрологічні пости на річках;
- стаціонарні ґрунтові полігони;
- лісові пробні площі;

- біомоніторингові ділянки;
- пункти спостереження у природоохоронних територіях.

Наприклад, гідрологічний пост на річці дозволяє регулярно фіксувати рівень води, витрати, температуру, льодовий режим, паводкові явища. Завдяки тривалості спостережень можна виявити зміни водності, частоти екстремальних паводків, вплив кліматичних змін або господарського використання басейну.

Стаціонарні спостереження є особливо важливими для реалізації принципів безперервності, регулярності, репрезентативності та просторово-часової узгодженості моніторингу. Їх недоліком може бути обмежене просторове охоплення, тому вони часто доповнюються маршрутними, дистанційними та геоінформаційними методами.

Інструментальні вимірювання

Інструментальні вимірювання забезпечують кількісне визначення параметрів довкілля за допомогою спеціальних приладів, сенсорів, вимірювальних комплексів або автоматизованих систем. Вони дозволяють перетворити спостереження на точні, порівнювані та придатні для аналізу дані.

До інструментальних вимірювань належать вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску, швидкості вітру, рівня шуму, радіаційного фону, концентрацій забруднювальних речовин, рівня води, витрати води, каламутності, електропровідності, рН, вмісту розчиненого кисню, вологості ґрунту, щільності ґрунту та інших параметрів.

Значення інструментальних методів полягає у їх здатності забезпечувати точність, повторюваність і об'єктивність результатів. Водночас достовірність вимірювань залежить від справності обладнання, калібрування приладів, правильності методики, умов проведення спостережень і кваліфікації виконавців.

Сучасні інструментальні методи дедалі частіше реалізуються через автоматизовані системи спостереження.

Наприклад, автоматичні станції контролю якості повітря можуть у режимі реального часу фіксувати концентрації пилу PM_{2.5} і PM₁₀, оксидів азоту, озону, діоксиду сірки, чадного газу та метеорологічні параметри. У водному моніторингу автоматизовані сенсори дають змогу постійно контролювати температуру, рН, електропровідність, вміст кисню та рівень води.

Такі системи значно підвищують оперативність моніторингу, але потребують методичного контролю, регулярного технічного обслуговування і перевірки якості даних.

Відбір проб природних компонентів

Відбір проб є важливим наземним методом моніторингу, що забезпечує отримання матеріалу для лабораторного аналізу. Проби можуть відбиратися з атмосферного повітря, води, ґрунту, донних відкладів, рослинності, біологічних тканин, снігового покриву або інших природних середовищ.

Правильна організація відбору проб є критично важливою для достовірності результатів. Вона передбачає вибір репрезентативних точок, визначення глибини та способу відбору, часу і періодичності, умов транспортування та зберігання зразків, а також фіксацію метаданих: координат, дати, погодних умов, особливостей ділянки, можливих джерел впливу.

Наприклад, під час моніторингу ґрунтів важливо враховувати тип ґрунту, рельєф, землекористування, глибину відбору, наявність локальних джерел забруднення. Під час відбору проб води важливо визначити точки вище і нижче можливого джерела впливу, врахувати гідрологічні умови, сезонність, швидкість течії та характер водокористування.

Відбір проб дозволяє отримати дані, які неможливо визначити лише візуально або дистанційно. Проте він є трудомістким, потребує дотримання методик і часто забезпечує інформацію лише для конкретних точок. Саме тому результати пробовідбору мають інтегруватися з просторовими методами аналізу.

Лабораторні методи аналізу

Лабораторні дослідження є продовженням польового відбору проб і забезпечують точне визначення фізико-хімічних, хімічних, біологічних або токсикологічних характеристик природних компонентів. Вони широко застосовуються для аналізу води, ґрунтів, повітря, донних відкладів, рослинності, біологічного матеріалу.

Лабораторні методи дозволяють визначати:

- вміст важких металів;
- концентрації нітратів, фосфатів, сульфатів;
- вміст органічних речовин;
- кислотність і лужність;
- мінералізацію;
- забруднення пестицидами;
- нафтовими вуглеводнями;
- радіонуклідами;
- мікробіологічні показники;
- токсичність середовища.

Перевагою лабораторних методів є висока точність і можливість визначення широкого спектра показників. Вони є основою для нормативної оцінки якості довкілля, порівняння з гранично допустимими концентраціями та встановлення рівня забруднення.

Разом з тим лабораторні методи потребують суворого дотримання стандартів, використання сертифікованого обладнання, контролю якості результатів і належної інтерпретації. У моніторингових дослідженнях лабораторні дані мають розглядатися не ізольовано, а у зв'язку з просторовим положенням проб, умовами середовища, джерелами впливу та динамікою процесів.

Біоіндикаційні та біомоніторингові методи

Біоіндикаційні методи ґрунтуються на використанні живих організмів, популяцій або угруповань як індикаторів стану довкілля. Їхня особливість полягає у тому, що біота реагує на

сукупний вплив різних чинників середовища, часто інтегруючи наслідки забруднення, зміни кліматичних умов, порушення гідрологічного режиму або антропогенного навантаження.

До біоіндикаторів можуть належати лишайники, мохи, водорості, макрзообентос, риби, рослини, ґрунтові організми, птахи, комахи або цілі біоценози. Наприклад, лишайники широко використовуються для оцінювання якості атмосферного повітря, макрзообентос — для оцінки екологічного стану водних об'єктів, рослинні угруповання — для визначення стану ґрунтів, зволоження, засолення або антропогенної трансформації.

Біомоніторинг дозволяє оцінювати:

- рівень біорізноманіття;
- зміну видового складу;
- стан популяцій;
- наявність чутливих або толерантних видів;
- порушення трофічних зв'язків;
- реакцію екосистем на забруднення;
- екологічну стійкість територій.

Перевагою біоіндикаційних методів є їх інтегративність, оскільки вони відображають не лише наявність окремого забруднювача, а загальний екологічний стан середовища. Водночас інтерпретація біоіндикаційних даних потребує глибоких біологічних, екологічних і геоекологічних знань, оскільки реакція живих організмів може бути зумовлена комплексом чинників.

Наземна верифікація дистанційних даних

У сучасному моніторингу довкілля наземні методи мають особливе значення як засіб верифікації дистанційної інформації. Супутникові знімки, аерофотознімання, дані безпілотних літальних апаратів і цифрові моделі дозволяють отримувати широкомасштабну просторову інформацію, однак їх інтерпретація потребує підтвердження на місцевості.

Наземна верифікація полягає у перевірці дистанційно виявлених об'єктів, класів покриття, змін рослинності, деградованих територій, підтоплених ділянок, вирубок, пожеж,

ерозійних форм або урбанізаційних змін. Вона забезпечує підвищення точності дешифрування, класифікації супутникових знімків і просторового моделювання.

Наприклад, дистанційний аналіз може виявити зменшення значень NDVI на певній території, однак саме польова перевірка дозволяє встановити, чи пов'язано це з посухою, пожежним впливом, вирубкою, хворобами рослин, рекреаційним навантаженням або сезонними особливостями. У цьому полягає важлива роль наземних методів у поєднанні з дистанційними.

Переваги та обмеження наземних методів

Наземні методи мають низку важливих переваг. Вони забезпечують високу точність, детальність, можливість безпосереднього опису об'єкта, відбору проб, фіксації якісних ознак і встановлення причинно-наслідкових зв'язків. Вони є незамінними для локальних досліджень, діагностики конкретних екологічних проблем, лабораторного аналізу, біомоніторингу та верифікації дистанційних даних.

Водночас ці методи мають певні обмеження. Вони часто є трудомісткими, потребують значних часових і ресурсних витрат, мають обмежене просторове охоплення та залежать від доступності території, погодних умов, кваліфікації виконавців і технічного забезпечення. Саме тому сучасна практика моніторингу передбачає не протиставлення наземних і дистанційних методів, а їх методичну інтеграцію.

Наземні методи моніторингу довкілля є фундаментальною складовою системи екологічних спостережень, оскільки забезпечують безпосереднє отримання, уточнення та верифікацію інформації про стан природних і природно-антропогенних систем. Вони охоплюють польові спостереження, маршрутні та стаціонарні обстеження, інструментальні вимірювання, відбір проб, лабораторний аналіз, біоіндикацію та наземну перевірку дистанційних даних.

Їх значення полягає у формуванні достовірної емпіричної основи моніторингу, без якої неможливі коректне оцінювання, прогнозування та управлінське використання результатів. Найбільш ефективними наземні методи є тоді, коли вони застосовуються у поєднанні з дистанційними, геоінформаційними та цифровими інструментами, що забезпечує комплексність, просторову узгодженість і наукову обґрунтованість сучасного моніторингу довкілля.

6.3.

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Дистанційні методи моніторингу довкілля є однією з ключових складових сучасного методичного апарату екологічних, геоекологічних і природоохоронних досліджень. Їх сутність полягає в отриманні інформації про стан природних і природно-антропогенних систем без безпосереднього контакту з об'єктом спостереження, переважно шляхом реєстрації електромагнітного випромінювання, що відбивається, поглинається або випромінюється земною поверхнею та об'єктами довкілля.



На відміну від наземних методів, які забезпечують високу точність і деталізацію у конкретних точках або на окремих ділянках, дистанційні методи дають змогу охоплювати значні території, виявляти просторові закономірності, аналізувати динаміку змін у часі та здійснювати моніторинг важкодоступних або небезпечних територій. Саме тому дистанційне зондування Землі стало важливим інструментом моніторингу ландшафтів, екосистем, землекористування, водних об'єктів, рослинного покриву, урбанізованих територій, наслідків стихійних явищ, техногенних впливів і кліматичних змін.

Дистанційні методи не замінюють наземні спостереження, а доповнюють їх, забезпечуючи просторове розширення моніторингової інформації. Найбільш ефективними вони є у поєднанні з польовими дослідженнями, лабораторними аналізами, геоінформаційними системами та цифровим моделюванням. Така інтеграція дозволяє поєднати переваги широкого територіального охоплення дистанційних даних із точністю наземної верифікації.

Сутність дистанційного зондування Землі у системі моніторингу довкілля

Дистанційне зондування Землі – це сукупність методів отримання інформації про земну поверхню, природні об'єкти та процеси за допомогою сенсорів, встановлених на супутниках, літаках, безпілотних літальних апаратах або інших платформах. Основою дистанційного зондування є реєстрація спектральних характеристик об'єктів, які відображають їх фізичні, хімічні, біологічні та просторові властивості.

Різні об'єкти довкілля по-різному взаємодіють з електромагнітним випромінюванням. Вода, ґрунти, рослинність, забудова, сніг, хмари, згарища, оголені породи або сільськогосподарські угіддя мають різні спектральні ознаки. Саме ці відмінності дозволяють дешифрувати супутникові або аерознімки, класифікувати типи земного покриву, оцінювати

стан рослинності, виявляти зміни, визначати межі об'єктів і аналізувати просторову структуру територій.

У моніторингу довкілля дистанційне зондування виконує кілька важливих функцій:

- інформаційну – забезпечує отримання просторових даних про стан територій;
- діагностичну – дозволяє виявляти ознаки деградації, забруднення, порушення або трансформації;
- прогностичну – створює основу для аналізу тенденцій і моделювання майбутніх змін;
- управлінську – забезпечує інформаційну підтримку прийняття рішень у сфері природокористування, охорони довкілля та просторового планування.

Основні джерела дистанційних даних

Дистанційні методи моніторингу можуть ґрунтуватися на різних джерелах даних, що відрізняються просторовою, спектральною, часовою та радіометричною роздільною здатністю.

Супутникові дані

Супутникові знімки є одним із найважливіших джерел дистанційної інформації у сучасному моніторингу довкілля. Вони дозволяють регулярно отримувати дані про великі території, аналізувати зміни у часі та порівнювати стан територій на різних просторових рівнях.

Супутникові дані широко використовуються для:

- моніторингу рослинного покриву;
- оцінювання землекористування;
- виявлення вирубок і пожеж;
- аналізу водних об'єктів;
- оцінки урбанізаційних процесів;
- моніторингу сільськогосподарських угідь;
- виявлення деградації земель;
- аналізу наслідків стихійних явищ.

Особливо важливою перевагою супутникових даних є їх регулярність і можливість формування часових рядів, що дозволяє виявляти сезонні, міжрічні та довгострокові зміни стану довкілля.

Аерофотознімання

Аерофотознімання забезпечує отримання зображень високої просторової деталізації з літальних апаратів. Воно застосовується для детального картографування територій, аналізу рельєфу, землекористування, ландшафтної структури, міської забудови, лісових насаджень, ерозійних форм або наслідків надзвичайних ситуацій.

Аерофотознімання є особливо корисним у випадках, коли необхідна висока точність просторової інформації або коли супутникові дані мають недостатню деталізацію.

Безпілотні літальні апарати

Безпілотні літальні апарати забезпечують дуже детальну інформацію про невеликі території. Вони активно застосовуються для локального моніторингу стану рослинності, ерозійних процесів, водних об'єктів, лісових насаджень, забудови, деградованих ділянок або природоохоронних територій.

Перевагою безпілотників є можливість оперативного отримання знімків із високою просторовою роздільною здатністю, гнучкість у виборі часу знімання та можливість повторних обстежень однієї й тієї самої території.

Типи дистанційних даних у моніторингу довкілля

У моніторингових дослідженнях використовуються різні типи дистанційних даних, серед яких особливе значення мають оптичні, теплові та радарні дані.

Оптичні дані

Оптичні супутникові знімки реєструють відбиття сонячного випромінювання у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Вони широко використовуються для аналізу рослинності, земного покриття, водних об'єктів, забудови, сільськогосподарських угідь і ландшафтної структури.

Оптичні дані дозволяють:

- створювати кольорові та псевдокольорові зображення;
- класифікувати типи земного покриву;
- аналізувати стан рослинності;
- виявляти зміни у структурі території;
- розраховувати спектральні індекси.

Їхнім обмеженням є залежність від хмарності, освітлення та атмосферних умов.

Теплові дані

Теплові дистанційні дані відображають температурні характеристики земної поверхні. Вони використовуються для оцінювання температури поверхні, виявлення міських теплових островів, аналізу посух, пожежних ризиків, температурного режиму водних об'єктів і стану урбанізованих територій.

Наприклад, підвищення температури поверхні у межах міста може свідчити про інтенсивну забудову, дефіцит зелених насаджень або формування теплових островів. У сільському господарстві теплові дані можуть бути використані для оцінювання водного стресу рослинності.

Радарні дані

Радарні дані отримуються за допомогою активних сенсорів, які випромінюють сигнал і реєструють його відбиття від земної поверхні. Важливою перевагою радарних даних є можливість отримання інформації незалежно від освітлення та значною мірою незалежно від хмарності.

Радарні методи особливо ефективні для:

- моніторингу повеней;
- оцінювання вологості ґрунтів;
- аналізу лісових екосистем;
- виявлення змін земного покриву;
- дослідження деформацій земної поверхні;
- моніторингу небезпечних природних процесів.

Радарні дані мають особливе значення для територій, де оптичні знімки часто обмежені хмарністю або де необхідне регулярне спостереження незалежно від погодних умов.

Спектральні індекси як інструмент дистанційного моніторингу

Одним із найбільш поширених інструментів аналізу дистанційних даних є спектральні індекси. Вони розраховуються на основі співвідношення значень відбиття у різних спектральних каналах і дозволяють оцінювати певні властивості земної поверхні або стан природних об'єктів.

До найбільш поширених індексів належать:

- **NDVI** – індекс нормалізованої різниці рослинності, що використовується для оцінювання стану рослинного покриву;
- **NDWI** – індекс води, який допомагає виявляти водні об'єкти або оцінювати зволоження;
- **NBR** – індекс, що використовується для оцінювання згарищ і порушень лісових екосистем;
- **LST** – температура земної поверхні, що використовується для аналізу теплового режиму територій;
- індекси забудови – для оцінювання урбанізованих територій.

Спектральні індекси мають високу практичну цінність, оскільки дозволяють швидко і порівняно просто оцінювати стан великих територій, виявляти зміни та формувати просторові карти екологічних показників.

Change detection як метод аналізу змін довкілля

Важливим напрямом дистанційного моніторингу є аналіз змін у часі, або change detection. Він ґрунтується на порівнянні дистанційних даних, отриманих у різні часові періоди, і дозволяє виявляти просторово-часову динаміку природних та антропогенних процесів.

Методи change detection застосовуються для:

- виявлення вирубок;
- аналізу урбанізації;
- оцінки наслідків пожеж;
- моніторингу деградації земель;

- виявлення змін берегових ліній;
- аналізу паводків і підтоплень;
- оцінки стану рослинного покриву;
- виявлення наслідків воєнних дій або техногенних порушень.

Наприклад, порівняння супутникових знімків до і після пожежі дозволяє визначити площу ураження, ступінь пошкодження рослинного покриву та потенціал відновлення екосистеми. Аналіз багаторічної динаміки NDVI може засвідчити деградацію рослинності, вплив посухи або зміни у структурі землекористування.

Класифікація земного покриву та землекористування

Дистанційні методи широко використовуються для класифікації земного покриву та землекористування. Цей напрям дозволяє визначати розподіл лісів, водойм, забудови, сільськогосподарських угідь, відкритих ґрунтів, боліт, луків, степових ділянок або техногенно порушених територій.

Класифікація може здійснюватися вручну, напівавтоматично або автоматично з використанням алгоритмів машинного навчання. Її результати використовуються для:

- оцінювання структури території;
- аналізу антропогенної трансформації;
- моніторингу змін землекористування;
- просторового планування;
- оцінки екосистемних послуг;
- управління природними ресурсами.

Наприклад, карта земного покриву може показати співвідношення природних і антропогенних територій, рівень фрагментації природних оселищ, поширення забудови або втрату лісових масивів.

Дистанційні методи у моніторингу різних об'єктів довкілля

Дистанційне зондування застосовується для моніторингу широкого кола об'єктів.

У **моніторингу рослинності** воно дозволяє оцінювати стан рослинного покриву, продуктивність, вологозабезпеченість, сезонну динаміку, наслідки посух, пожеж або вирубок.

У **моніторингу водних об'єктів** дистанційні методи використовуються для визначення площі водойм, зміни берегових ліній, підтоплень, каламутності води, евтрофікації та стану прибережних територій.

У **моніторингу ґрунтів і земель** вони дозволяють виявляти ерозійні процеси, деградацію земель, зміну вологості, засолення, опустелювання, порушення земної поверхні.

У **моніторингу лісів** дистанційні дані використовуються для виявлення рубок, пожеж, всихання, зміни структури лісового покриву, оцінки відновлення та фрагментації.

У **міському моніторингу** вони застосовуються для аналізу забудови, зелених зон, теплових островів, водонепроникних поверхонь, транспортної інфраструктури та просторової структури міста.

Переваги дистанційних методів

Дистанційні методи мають низку важливих переваг:

- значне територіальне охоплення;
- регулярність отримання даних;
- можливість аналізу важкодоступних територій;
- придатність для ретроспективного аналізу;
- просторово-часова порівнянність;
- можливість автоматизованої обробки;
- інтеграція з ГІС;
- оперативність виявлення змін.

Ці переваги роблять дистанційні методи особливо цінними для регіонального, національного та глобального моніторингу.

Обмеження дистанційних методів

Водночас дистанційні методи мають і певні обмеження. Вони можуть бути залежними від хмарності, атмосферних умов, просторової роздільної здатності, типу сенсора, складності дешифрування та потреби у наземній верифікації.

Не всі екологічні показники можуть бути безпосередньо визначені за дистанційними даними. Наприклад, супутниковий знімок може виявити зміну кольору або площі водойми, але для точного визначення хімічного складу води необхідні наземні проби й лабораторний аналіз. Так само дистанційне виявлення деградації рослинності потребує польового уточнення її причин.

Тому дистанційні методи слід розглядати не як самодостатню альтернативу наземним, а як потужний інструмент просторового розширення, попередньої діагностики та інтеграції моніторингової інформації.

Інтеграція дистанційних і наземних методів

Найбільш ефективним є поєднання дистанційних і наземних методів у межах єдиної моніторингової системи. Дистанційні дані дозволяють визначити просторові закономірності, виявити проблемні ділянки та оцінити динаміку змін, тоді як наземні методи забезпечують точність, деталізацію, відбір проб і пояснення причин виявлених змін.

Наприклад, супутниковий аналіз може виявити зони зниження NDVI у лісовому масиві, а наземне обстеження дозволяє встановити, чи пов'язано це з посухою, хворобами, шкідниками, вирубками або пожежами. Такий підхід забезпечує достовірність і глибину моніторингової оцінки.

Дистанційні методи моніторингу довкілля є важливим інструментом сучасних екологічних і геоекологічних досліджень, що забезпечує просторово-часове охоплення великих територій, виявлення змін, аналіз динаміки природних і антропогенних процесів та підтримку прийняття управлінських рішень. Вони особливо ефективні для моніторингу рослинності, водних об'єктів, лісів, землекористування, урбанізованих територій, наслідків пожеж, паводків, посух і техногенних порушень.

Їх наукова і практична цінність найбільш повно реалізується у поєднанні з наземними методами, лабораторними дослідженнями, геоінформаційними системами та цифровим

моделюванням. Саме інтеграція дистанційних і наземних підходів формує сучасну основу комплексного моніторингу довкілля, здатного забезпечити достовірну, просторово узгоджену та управлінсько значущу інформацію про стан природних і природно-антропогенних систем.

6.4.

ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Використання геоінформаційних систем та цифрових технологій є однією з визначальних ознак сучасного етапу розвитку моніторингу довкілля. Якщо традиційні моніторингові дослідження переважно спиралися на польові спостереження, лабораторні аналізи та локальні вимірювання, то сучасні системи моніторингу дедалі більше набувають просторово-аналітичного, цифрового та інтеграційного характеру. Це пов'язано з необхідністю опрацювання великих масивів різномірних даних, аналізу складних просторово-часових закономірностей, оперативного виявлення змін та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля, природокористування і просторового планування.



Геоінформаційні системи у моніторингу довкілля виступають не лише засобом картографічного відображення результатів спостережень, а й повноцінним середовищем для збирання, зберігання, обробки, аналізу, моделювання та візуалізації екологічної інформації. Їх застосування дозволяє поєднувати дані наземних спостережень, дистанційного зондування Землі, статистичних джерел, цифрових моделей рельєфу, картографічних матеріалів, результатів лабораторних аналізів і соціально-економічної інформації у єдину просторово організовану систему.

Цифрові технології розширюють можливості моніторингових досліджень за рахунок автоматизації збору даних, використання сенсорних мереж, хмарних платформ, баз геоданих, алгоритмів просторового аналізу, машинного навчання, вебкартографування та систем підтримки прийняття рішень. У результаті моніторинг довкілля переходить від фрагментарного накопичення окремих показників до формування інтегрованих цифрових моделей стану природних і природно-антропогенних систем.

Геоінформаційні системи як просторово-аналітична основа моніторингу

Геоінформаційні системи забезпечують просторову організацію моніторингової інформації. Їх основна перевага полягає у можливості пов'язати кожен показник, індикатор або результат спостереження з конкретним географічним положенням. Саме просторовість є ключовою особливістю екологічної інформації, оскільки стан довкілля завжди має територіальне вираження і залежить від розміщення природних компонентів, джерел впливу, типів землекористування, ландшафтної структури, транспортної мережі, гідрографії, рельєфу та антропогенного навантаження.

У моніторингу довкілля ГІС дозволяють:

- створювати бази геоданих для зберігання моніторингової інформації;

- відображати результати спостережень у вигляді карт;
- аналізувати просторовий розподіл екологічних показників;
- виявляти зони екологічного ризику;
- поєднувати дані різного походження;
- здійснювати просторове моделювання;
- формувати тематичні карти стану довкілля;
- забезпечувати підтримку управлінських і планувальних рішень.

Наприклад, результати вимірювання якості атмосферного повітря у різних пунктах міста можуть бути нанесені на цифрову карту, поєднані з даними про транспортну мережу, щільність забудови, зелені насадження і рельєф. Це дозволяє не лише побачити, де саме рівень забруднення є вищим, а й проаналізувати, які просторові чинники його зумовляють.

Бази геоданих у системі моніторингу довкілля

Одним із ключових елементів використання ГІС у моніторингу є формування баз геоданих. База геоданих — це структурована система зберігання просторової та атрибутивної інформації про об'єкти моніторингу, показники стану довкілля, джерела впливу, пункти спостережень, результати вимірювань, часові ряди та додаткові характеристики території.

У базах геоданих можуть зберігатися:

- координати пунктів моніторингу;
- результати польових спостережень;
- лабораторні показники;
- дані автоматизованих станцій;
- супутникові знімки та похідні індекси;
- карти землекористування;
- межі адміністративних одиниць;
- межі водозборів, екосистем, природоохоронних територій;
- дані про джерела забруднення;
- показники екосистемних послуг.

Перевагою баз геоданих є можливість систематизувати великі обсяги інформації і забезпечити її подальше оновлення, аналіз та візуалізацію. Особливо важливо, що моніторинг довкілля передбачає роботу з даними, які змінюються у часі. Тому сучасні бази геоданих мають підтримувати не лише просторовий, а й часовий вимір інформації. Це дозволяє аналізувати динаміку показників, виявляти тенденції, порівнювати періоди та оцінювати ефективність природоохоронних заходів.

Просторовий аналіз у моніторингових дослідженнях

ГІС забезпечують широкий спектр методів просторового аналізу, які мають важливе значення для моніторингу довкілля. Саме просторовий аналіз дозволяє перейти від простого картографічного відображення даних до встановлення закономірностей, взаємозв'язків і причинно-наслідкових залежностей.

До основних методів просторового аналізу належать:

- накладання тематичних шарів;
- буферний аналіз;
- аналіз близькості до джерел впливу;
- інтерполяція показників;
- аналіз щільності;
- зонування територій;
- аналіз водозборів;
- моделювання поверхонь;
- оцінка просторової кореляції;
- багатокритеріальний аналіз.

Наприклад, буферний аналіз дозволяє оцінити територію впливу транспортної магістралі, промислового об'єкта або полігону відходів. Інтерполяція дає змогу побудувати карту просторового розподілу забруднення за даними точкових вимірювань. Накладання шарів дозволяє поєднати інформацію про ґрунти, рельєф, землекористування, схили та опади для оцінювання ризику ерозії.

У моніторингу річкових басейнів ГІС використовуються для визначення меж водозборів, аналізу гідрографічної мережі, оцінювання землекористування у прибережних смугах, моделювання стоку, виявлення джерел забруднення та визначення територій з підвищеним ризиком підтоплення.

Картографічна візуалізація моніторингових даних

Картографічна візуалізація є одним із найважливіших результатів використання ГІС у моніторингу довкілля. Карти дозволяють наочно відобразити просторовий розподіл екологічних показників, зон ризику, об'єктів впливу, територій деградації або ділянок відновлення.

У моніторингових дослідженнях можуть створюватися:

- карти забруднення атмосферного повітря;
- карти якості поверхневих вод;
- карти деградації ґрунтів;
- карти ерозійної небезпеки;
- карти стану рослинного покриву;
- карти теплових островів;
- карти землекористування;
- карти екосистемних послуг;
- карти екологічного ризику;
- карти пріоритетів відновлення екосистем.

Карта у системі моніторингу виконує не лише ілюстративну, а й аналітичну функцію. Вона допомагає виявити просторові закономірності, визначити проблемні території, порівняти стан різних ділянок, обґрунтувати управлінські рішення і комунікувати результати моніторингу для різних груп користувачів – науковців, управлінців, громад, фахівців з просторового планування.

Цифрові моделі рельєфу та просторове моделювання

Важливою складовою ГІС-аналізу у моніторингу довкілля є використання цифрових моделей рельєфу. Рельєф значною мірою визначає характер поверхневого стоку, ерозійні процеси,

розподіл вологи, умови формування ґрунтів, ризики зсувів, підтоплення та просторову організацію ландшафтів.

На основі цифрових моделей рельєфу можна визначати:

- висоту місцевості;
- ухили схилів;
- експозицію схилів;
- водозбірні площі;
- напрямки стоку;
- ерозійно небезпечні ділянки;
- зони потенційного підтоплення;
- морфометричні характеристики ландшафтів.

Такі дані є важливими для моніторингу басейнових систем, оцінювання деградації земель, аналізу небезпечних природних процесів, планування природоохоронних заходів та розміщення пунктів спостережень.

Просторове моделювання дозволяє поєднувати різні фактори та створювати прогнозні або оціночні моделі. Наприклад, модель ризику ерозії може враховувати ухил схилів, тип ґрунту, рослинний покрив, кількість опадів і характер землекористування. Модель екологічної придатності території може поєднувати дані про рельєф, ґрунти, водні об'єкти, біорізноманіття, транспортну доступність і антропогенне навантаження.

Інтеграція ГІС і дистанційного зондування Землі

Одним із найважливіших напрямів сучасного моніторингу є інтеграція ГІС із дистанційним зондуванням Землі. Дистанційні дані забезпечують регулярне просторове охоплення великих територій, а ГІС дають можливість їх обробляти, аналізувати, поєднувати з іншими джерелами інформації та використовувати для картографування й моделювання.

У межах такої інтеграції можуть використовуватися:

- супутникові знімки;
- спектральні індекси;
- карти земного покриву;
- часові ряди дистанційних даних;

- цифрові моделі рельєфу;
- результати автоматизованої класифікації;
- дані наземної верифікації.

Наприклад, аналіз NDVI у ГС дозволяє оцінити стан рослинності, виявити деградовані ділянки, простежити сезонну динаміку або наслідки посухи. Використання NBR дозволяє визначити площу і ступінь пошкодження лісів після пожеж. Аналіз температури земної поверхні допомагає оцінити теплові острови у містах та роль зелених зон у регулюванні мікроклімату.

Сенсорні мережі та автоматизований моніторинг

Сучасні цифрові технології дозволяють організовувати автоматизований збір екологічної інформації за допомогою сенсорних мереж. Такі системи можуть працювати у режимі реального часу або з високою частотою оновлення даних, що особливо важливо для оперативного моніторингу.

Сенсорні мережі застосовуються для контролю:

- якості атмосферного повітря;
- метеорологічних параметрів;
- рівня шуму;
- якості води;
- рівня води у річках;
- вологості ґрунтів;
- радіаційного фону;
- параметрів міського середовища.

Перевагою автоматизованого моніторингу є оперативність, регулярність і можливість швидкого виявлення аномальних значень. Такі системи особливо важливі для попередження екологічних ризиків, раннього реагування на забруднення, паводки, пожежі, погіршення якості повітря або інші небезпечні ситуації.

Водночас сенсорні дані потребують контролю якості, калібрування, перевірки точності та інтеграції з іншими джерелами інформації. Без належної методичної перевірки автоматизовані системи можуть формувати великі обсяги даних, які не завжди є достатньо достовірними.

Хмарні платформи, вебкартографування та цифрові сервіси

Важливою тенденцією сучасного моніторингу довкілля є використання хмарних платформ і вебкартографічних сервісів. Вони дозволяють зберігати, обробляти, аналізувати та поширювати великі масиви просторових і дистанційних даних без необхідності повного завантаження інформації на локальні комп'ютери.

Хмарні платформи забезпечують:

- доступ до великих архівів супутникових даних;
- обробку часових рядів;
- виконання просторових обчислень;
- створення інтерактивних карт;
- спільну роботу з даними;
- оперативне оновлення інформації.

Вебкартографування дозволяє представляти результати моніторингу у вигляді інтерактивних карт, які можуть використовуватися органами управління, громадами, науковцями, громадськими організаціями та іншими зацікавленими сторонами. Такі сервіси підвищують відкритість моніторингової інформації та сприяють участі громадськості у контролі стану довкілля.

Big Data, штучний інтелект і машинне навчання

Зростання обсягів екологічної інформації зумовлює необхідність застосування технологій Big Data, штучного інтелекту та машинного навчання у моніторингу довкілля. Ці підходи дозволяють автоматизувати аналіз великих масивів даних, виявляти приховані закономірності, класифікувати території, прогнозувати зміни та формувати складні моделі екологічних процесів.

Машинне навчання може використовуватися для:

- класифікації земного покриву;
- виявлення вирубок;
- прогнозування забруднення повітря;

- моделювання ризику пожеж;
- оцінювання стану рослинності;
- виявлення аномалій у даних;
- інтеграції багатоджерельної інформації.

Наприклад, алгоритми класифікації можуть автоматично розпізнавати ліси, водойми, забудову, сільськогосподарські землі або деградовані території на супутникових знімках. Моделі прогнозування можуть оцінювати ймовірність погіршення якості повітря залежно від метеорологічних умов, транспортного навантаження і промислових викидів.

Разом з тим використання таких технологій потребує обережності, оскільки результати автоматизованих моделей мають бути перевірені, інтерпретовані і співвіднесені з реальними екологічними процесами. Цифрові методи не повинні підміняти наукову інтерпретацію, а мають її посилювати.

Системи підтримки прийняття рішень

ГІС і цифрові технології відіграють важливу роль у створенні систем підтримки прийняття рішень – Decision Support Systems, DSS. Такі системи поєднують бази даних, просторовий аналіз, моделі прогнозування, сценарний аналіз і візуалізацію результатів для обґрунтування управлінських рішень.

У сфері моніторингу довкілля DSS можуть використовуватися для:

- визначення пріоритетних територій природоохоронних заходів;
- оцінювання ризиків забруднення;
- вибору сценаріїв землекористування;
- планування зеленої інфраструктури;
- управління водними ресурсами;
- оцінювання екосистемних послуг;
- реагування на надзвичайні екологічні ситуації.

Наприклад, система підтримки рішень для річкового басейну може поєднувати дані про якість води, землекористування, рельєф, джерела забруднення, опади і

сценарії господарського розвитку. Це дозволяє визначити території, де природоохоронні заходи будуть найбільш ефективними.

Переваги використання ГІС та цифрових технологій

Застосування ГІС і цифрових технологій у моніторингу довкілля забезпечує низку важливих переваг:

- просторову інтеграцію даних;
- наочність результатів;
- оперативність аналізу;
- можливість роботи з великими масивами інформації;
- підтримку просторового моделювання;
- підвищення точності оцінок;
- забезпечення порівнянності даних у просторі й часі;
- підготовку управлінських рішень;
- можливість візуалізації сценаріїв розвитку.

Саме ці переваги роблять цифрові технології невід'ємною складовою сучасного моніторингу довкілля.

Обмеження та виклики цифровізації моніторингу

Попри значні переваги, використання ГІС і цифрових технологій супроводжується певними викликами. До них належать:

- неоднорідність даних;
- відмінності у форматах і масштабах інформації;
- проблеми якості та достовірності даних;
- потреба у стандартизації;
- технічні обмеження;
- необхідність фахової підготовки користувачів;
- ризик некритичного використання автоматизованих результатів;
- залежність від доступності цифрової інфраструктури.

Особливо важливо, щоб цифрові технології застосовувалися не як самоціль, а як інструмент науково обґрунтованого екологічного аналізу. Якісна інтерпретація результатів залишається ключовим завданням фахівця.

Використання ГІС та цифрових технологій у моніторингу довкілля забезпечує перехід від традиційного збирання окремих даних до формування інтегрованих просторово-аналітичних систем. Геоінформаційні системи дозволяють організовувати, аналізувати та візуалізувати екологічну інформацію у просторовому вимірі, цифрові технології – автоматизувати збір і обробку даних, а сучасні аналітичні методи – виявляти закономірності, прогнозувати зміни та підтримувати прийняття управлінських рішень.

Найбільша ефективність цих інструментів досягається у поєднанні з наземними методами, дистанційним зондуванням, лабораторними дослідженнями та експертною інтерпретацією. Саме інтеграція ГІС, цифрових платформ, сенсорних мереж, дистанційних даних і методів просторового моделювання формує сучасну методологічну основу моніторингу довкілля як складної, багаторівневої та управлінсько значущої системи.

6.5.

ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МОНІТОРИНГОВОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

Сучасний моніторинг довкілля характеризується значним ускладненням об'єктів дослідження, розширенням спектра екологічних показників, зростанням обсягів просторової інформації та необхідністю одночасного аналізу природних, природно-антропогенних і соціоекологічних процесів. У цих умовах окремі результати спостережень, вимірювань або локальних оцінок уже не можуть забезпечити повноцінне розуміння стану довкілля. Саме тому одним із ключових напрямів розвитку сучасних моніторингових систем стає інтеграція різноманітних даних у межах єдиного інформаційно-аналітичного середовища.



Інтеграція даних у моніторингу довкілля означає процес поєднання, узгодження, систематизації та спільного аналізу інформації, отриманої з різних джерел, різними методами, у різних просторових масштабах і часових інтервалах. Її головна мета полягає у формуванні комплексної, просторово узгодженої та науково обґрунтованої оцінки стану природного середовища, екосистем, природних ресурсів та антропогенних впливів.

Методологічна необхідність інтеграції даних зумовлена складністю самого довкілля як багатокomпонентної системи. Атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера, ґрунтовий покрив, ландшафти, екосистеми та соціоекологічні системи функціонують у тісному взаємозв'язку. Зміни одного компонента часто спричиняють трансформації інших. Наприклад, деградація рослинного покриву може посилювати ерозію ґрунтів, змінювати водний режим території, впливати на локальний клімат і водночас знижувати здатність екосистем до надання екосистемних послуг. У таких умовах аналіз лише одного показника або окремого природного компонента не дозволяє повноцінно оцінити екологічний стан території.

Сутність комплексної моніторингової оцінки

Комплексна моніторингова оцінка – це інтегральний результат аналізу різномірної екологічної інформації, який відображає стан, динаміку, рівень трансформації, стійкість або ризики функціонування природних і природно-антропогенних систем. На відміну від компонентного підходу, де оцінювання здійснюється окремо для води, повітря, ґрунтів чи біоти, комплексна оцінка спрямована на виявлення взаємозв'язків між компонентами довкілля та узагальнення їхнього спільного екологічного ефекту.

Комплексність моніторингової оцінки передбачає:

- поєднання різних груп показників;
- інтеграцію даних різного походження;
- врахування просторових і часових закономірностей;
- аналіз причинно-наслідкових зв'язків;

- оцінювання функціонування екосистем;
- врахування антропогенного навантаження;
- оцінювання екологічних ризиків;
- прогнозування можливих змін.

Наприклад, оцінювання екологічного стану річкового басейну не може обмежуватися лише аналізом хімічного складу води. Воно має враховувати землекористування у межах водозбору, стан прибережних екосистем, лісистість території, гідрологічний режим, джерела забруднення, ерозійні процеси, біологічний стан водної екосистеми, урбанізаційний вплив та ризики підтоплення. Лише така інтеграція дозволяє зрозуміти причини змін і сформувані обґрунтовані природоохоронні рішення.

Основні джерела даних у системі моніторингу довкілля

Інтеграція даних передбачає використання широкого спектра джерел інформації, кожне з яких має власні переваги, обмеження та методичні особливості.

Наземні спостереження та вимірювання

Наземні дані забезпечують високу точність і деталізацію інформації. Вони включають результати польових спостережень, лабораторних аналізів, стаціонарних вимірювань, маршрутних обстежень, біоіндикаційних досліджень і дані автоматизованих станцій.

Наземні спостереження дозволяють:

- визначати конкретні параметри середовища;
- фіксувати локальні особливості;
- здійснювати верифікацію дистанційних даних;
- оцінювати якісні ознаки стану екосистем.

Водночас вони мають обмежене просторове охоплення, що потребує їх поєднання з іншими джерелами інформації.

Дані дистанційного зондування Землі

Супутникові та аерокосмічні дані забезпечують широке територіальне охоплення і можливість аналізу просторово-

часової динаміки. Вони використовуються для моніторингу рослинності, водних об'єктів, землекористування, урбанізованих територій, пожеж, підтоплень, деградації земель та інших процесів.

Дистанційні дані дозволяють:

- оцінювати стан великих територій;
- виявляти зміни у часі;
- аналізувати просторову структуру ландшафтів;
- створювати карти екологічних показників;
- здійснювати change detection.

Наприклад, супутникові дані можуть бути використані для оцінювання динаміки вирубок, трансформації міських територій, втрат рослинного покриву або змін водної поверхні.

Геоінформаційні та картографічні дані

ГІС забезпечують інтеграцію просторових даних у єдиному цифровому середовищі. Вони дозволяють поєднувати результати моніторингових спостережень із картами рельєфу, ґрунтів, землекористування, адміністративного поділу, гідрографії, інфраструктури та природоохоронних територій.

Саме ГІС найчастіше виступають платформою, у межах якої здійснюється інтеграція різномірної інформації.

Статистичні та соціоекологічні дані

У сучасному моніторингу важливого значення набуває поєднання природничих і соціально-економічних даних. До них можуть належати:

- показники населення;
- структура землекористування;
- інтенсивність господарської діяльності;
- транспортне навантаження;
- обсяги викидів;
- демографічні показники;
- медична статистика;
- дані про рекреаційне використання територій.

Інтеграція таких даних дозволяє аналізувати взаємозв'язок між станом довкілля і соціальними процесами, оцінювати екологічні ризики для населення та формувати комплексні управлінські рішення.

Просторова інтеграція даних

Одним із ключових аспектів комплексної оцінки є просторова інтеграція інформації. Усі екологічні процеси мають територіальний вимір, тому результати спостережень повинні бути узгоджені у просторі.

Просторова інтеграція передбачає:

- прив'язку даних до координат;
- поєднання різних тематичних шарів;
- узгодження масштабів;
- просторову інтерполяцію;
- аналіз територіальних закономірностей;
- виявлення зон ризику.

Наприклад, результати аналізу якості води можуть бути поєднані з:

- картою землекористування;
- даними про рельєф;
- розміщенням джерел забруднення;
- структурою водозбору;
- щільністю населення.

У результаті формується не лише опис стану водного об'єкта, а й просторове пояснення причин його змін.

Часова інтеграція моніторингових даних

Комплексна оцінка потребує врахування часової динаміки процесів. Екологічні зміни можуть мати сезонний, багаторічний, циклічний або довготривалий характер. Саме тому важливо інтегрувати дані, отримані у різні часові періоди.

Часова інтеграція дозволяє:

- аналізувати тенденції;
- виявляти сезонність;
- оцінювати швидкість змін;

- прогнозувати розвиток процесів;
- оцінювати ефективність природоохоронних заходів.

Наприклад, часовий аналіз NDVI може показати поступову деградацію рослинного покриву, а багаторічні ряди гідрологічних спостережень – зміну водності річки під впливом кліматичних змін або господарської діяльності.

Особливого значення часовий аналіз набуває у прогнозуванні ризиків, оцінюванні екстремальних явищ та моніторингу наслідків антропогенних впливів.

Інтегральні показники та індекси

Для комплексної оцінки стану довкілля часто використовуються інтегральні показники та екологічні індекси. Їх призначення полягає в узагальненні великої кількості окремих параметрів у компактні та інтерпретовані показники.

До таких індексів можуть належати:

- індекси якості води;
- індекси забруднення повітря;
- індекси деградації земель;
- індекси екологічного ризику;
- індекси екосистемного стану;
- індекси біорізноманіття;
- індекси урбанізаційного навантаження.

Інтегральні показники дозволяють:

- порівнювати території;
- виявляти проблемні зони;
- ранжувати екологічні ризики;
- формувати класи екологічного стану;
- підтримувати управлінські рішення.

Водночас інтегральні індекси потребують обережного використання, оскільки надмірне узагальнення може приховувати важливі локальні особливості або спрощувати складні екологічні процеси.

Багатокритеріальний аналіз у комплексній оцінці

У сучасному моніторингу довкілля важливого значення набувають методи багатокритеріального аналізу. Вони дозволяють одночасно враховувати різні фактори та оцінювати території за сукупністю критеріїв.

Наприклад, під час оцінювання екологічної вразливості території можуть враховуватися:

- крутість схилів;
- тип ґрунтів;
- інтенсивність землекористування;
- рівень забруднення;
- лісистість;
- щільність населення;
- близькість до джерел впливу;
- стан водних об'єктів.

Кожен критерій може мати різну вагу, а їх поєднання дозволяє створювати карти ризику, визначати пріоритетні території для відновлення або оцінювати екологічну придатність територій для певних видів використання.

Інтеграція даних та екосистемний підхід

Особливого значення інтеграція даних набуває у межах екосистемного підходу до моніторингу. Екосистеми є складними системами, де фізичні, хімічні, біологічні та антропогенні процеси тісно взаємопов'язані. Тому оцінювання стану екосистем потребує поєднання різних типів інформації.

Наприклад, оцінювання стану лісової екосистеми може включати:

- супутникові дані про структуру покриву;
- польові спостереження за станом дерев;
- дані про ґрунти;
- інформацію про вологість;
- показники біорізноманіття;
- дані про рекреаційне навантаження;
- кліматичні параметри;
- оцінювання екосистемних послуг.

Лише така інтеграція дозволяє оцінити не окремий параметр, а функціональний стан екосистеми загалом.

Інтеграція даних у системах підтримки прийняття рішень

Комплексна моніторингова оцінка має важливе управлінське значення. Інтегровані дані використовуються у системах підтримки прийняття рішень (DSS – Decision Support Systems), де поєднуються просторовий аналіз, прогнозування, сценарне моделювання та оцінювання ризиків.

Такі системи можуть використовуватися для:

- просторового планування;
- управління водними ресурсами;
- оцінювання екологічних ризиків;
- визначення пріоритетів відновлення екосистем;
- планування природоохоронних заходів;
- оцінювання екосистемних послуг;
- реагування на надзвичайні ситуації.

Наприклад, інтеграція даних про рельєф, землекористування, опади, гідрологічний режим та забудову дозволяє моделювати ризики підтоплення і визначати найбільш уразливі території.

Основні проблеми інтеграції даних

Попри значні можливості, інтеграція моніторингових даних супроводжується низкою методичних і технічних проблем.

До них належать:

- неоднорідність форматів даних;
- різні масштаби спостережень;
- відмінності у точності інформації;
- часові неузгодженості;
- відсутність стандартизації;
- дублювання даних;
- прогалини у часових рядах;
- складність інтеграції даних різного походження.

Особливо складною є інтеграція локальних наземних даних із регіональними або глобальними дистанційними оцінками. Саме тому важливими принципами комплексної оцінки є стандартизація, репрезентативність, просторово-часова узгодженість і верифікація інформації.

Значення інтеграції даних для сучасного моніторингу довкілля

Інтеграція даних є одним із ключових напрямів трансформації сучасного моніторингу довкілля. Вона забезпечує перехід:

- від фрагментарних спостережень – до системного аналізу;
- від окремих показників – до комплексних оцінок;
- від локальних вимірювань – до багаторівневого просторового аналізу;
- від фіксації стану – до прогнозування та управління.

Саме інтеграція різномірної інформації дозволяє формувати цілісне уявлення про функціонування природних і природно-антропогенних систем, оцінювати екосистемні процеси, виявляти ризики та підтримувати прийняття екологічно обґрунтованих рішень.

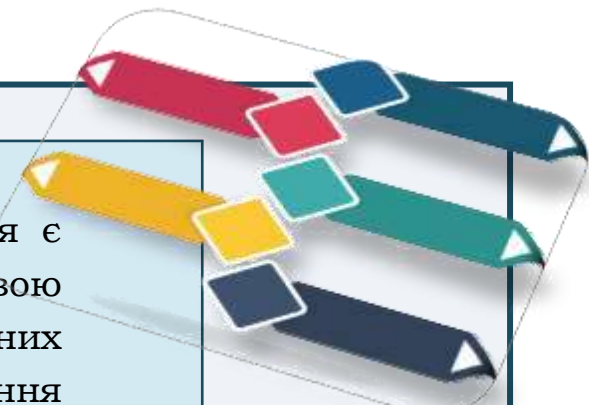
Інтеграція даних для комплексної моніторингової оцінки стану довкілля є необхідною умовою ефективного функціонування сучасних моніторингових систем. Вона забезпечує поєднання наземних, дистанційних, геоінформаційних, статистичних і соціоекологічних даних у межах єдиного інформаційно-аналітичного середовища.

Комплексна інтеграція дозволяє враховувати просторові й часові закономірності екологічних процесів, оцінювати взаємозв'язки між компонентами довкілля, аналізувати екосистемні зміни, прогнозувати ризики та підтримувати прийняття управлінських рішень. Саме тому інтеграція даних є

не лише технічним етапом обробки інформації, а фундаментальним методологічним принципом сучасного моніторингу довкілля.

6.6.

ПРОГРАМИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Програма моніторингу довкілля є організаційно-методичною основою здійснення систематичних спостережень, вимірювань, оцінювання та прогнозування стану природних і природно-антропогенних систем. Саме програма визначає, **що саме підлягає моніторингу, з якою метою, за якими показниками, якими методами, у яких пунктах, з якою періодичністю та для яких управлінських або наукових завдань.** Без чітко сформованої програми моніторинг ризикує перетворитися на сукупність фрагментарних спостережень, які не забезпечують достатньої порівнюваності, репрезентативності та практичної цінності отриманих результатів.

У методичному сенсі програма моніторингу довкілля виступає своєрідною «дорожньою картою» моніторингової діяльності. Вона поєднує мету, об'єкти, показники, методи, просторову організацію, часовий режим спостережень, способи обробки даних, форми інтерпретації результатів і напрями їх використання. Саме через програму моніторингу реалізуються принципи системності, комплексності, безперервності, регулярності, репрезентативності, достовірності, просторово-часової узгодженості та екосистемності, розглянуті у попередніх розділах.

Програма моніторингу має бути не лише технічним переліком процедур, але й науково обґрунтованою системою організації пізнання стану довкілля. Вона повинна забезпечувати логічний зв'язок між дослідницькою метою, вибраними показниками, методами збору даних, способами їх аналізу та очікуваним практичним результатом. Тому її розроблення потребує комплексного врахування природних умов території, характеру антропогенного навантаження, масштабу моніторингу, доступних ресурсів, управлінських потреб і прогнозованих екологічних ризиків.

Сутність і призначення програми моніторингу довкілля

Програма моніторингу довкілля – це науково-методично обґрунтований план організації систематичних спостережень за станом об'єктів довкілля, який визначає цілі, завдання, об'єкти, показники, методи, просторову мережу, періодичність, способи обробки та використання результатів моніторингових досліджень.

Її основне призначення полягає у забезпеченні цілісності, повторюваності та керованості моніторингового процесу. Програма встановлює єдину логіку здійснення спостережень і дає змогу отримувати дані, які можна порівнювати у просторі та часі, інтегрувати з іншими джерелами інформації та

використовувати для аналізу, прогнозування й ухвалення рішень.

Програма моніторингу забезпечує:

- упорядкування моніторингової діяльності;
- обґрунтований вибір об'єктів спостереження;
- формування системи показників та індикаторів;
- визначення методів збору й аналізу даних;
- забезпечення регулярності та повторюваності спостережень;
- просторову організацію мережі пунктів моніторингу;
- контроль якості отриманої інформації;
- інтеграцію результатів у систему оцінювання і прогнозування;
- використання даних у природоохоронному управлінні.

У цьому розумінні програма моніторингу є не лише методичним документом, а й інструментом забезпечення наукової достовірності та управлінської придатності моніторингових даних.

Структурні елементи програми моніторингу

Будь-яка програма моніторингу довкілля повинна мати чітку внутрішню структуру. Її основними елементами є мета, завдання, об'єкти, показники, методи, просторово-часова організація спостережень, система обробки даних, порядок оцінювання результатів і механізм їх використання.

Мета програми

Мета програми визначає загальний напрям моніторингових досліджень і відповідає на питання, для чого саме організовується моніторинг. Вона може бути спрямована на оцінювання стану довкілля, виявлення джерел забруднення, контроль за динамікою екосистем, оцінку ефективності природоохоронних заходів, прогнозування ризиків або забезпечення управлінських рішень.

Наприклад, метою програми моніторингу міського середовища може бути оцінювання якості повітря, стану зелених зон і теплового режиму території для обґрунтування заходів з екологічної оптимізації міського простору. Метою програми моніторингу річкового басейну може бути виявлення причин погіршення якості води та оцінка ризиків для водних екосистем і населення.

Завдання програми

Завдання конкретизують мету і визначають окремі напрями роботи. Вони мають бути сформульовані так, щоб забезпечити практичну реалізацію моніторингу.

До типових завдань програми належать:

- визначення стану об'єктів моніторингу;
- виявлення джерел і чинників впливу;
- оцінювання просторової диференціації показників;
- аналіз часової динаміки;
- встановлення проблемних зон;
- оцінювання екологічних ризиків;
- прогнозування можливих змін;
- підготовка рекомендацій для управління.

Завдання повинні бути узгоджені з об'єктами, показниками та методами моніторингу. Якщо програма передбачає оцінювання стану водної екосистеми, її завдання не можуть обмежуватися лише вимірюванням хімічного складу води; вони мають включати також аналіз біоти, джерел впливу, гідрологічного режиму і стану прибережної території.

Об'єкти моніторингу

Об'єкти програми визначають, що саме підлягає спостереженню. Це можуть бути геосфери, екосистеми, природні ресурси, ландшафти, території, об'єкти господарського впливу або соціоекологічні системи.

Вибір об'єктів повинен відповідати меті програми. Для програми моніторингу атмосферного повітря основними об'єктами є повітряний басейн, джерела викидів, території проживання населення, транспортні коридори, промислові зони.

Для програми моніторингу екосистемних послуг об'єктами можуть бути лісові масиви, водно-болотні угіддя, рекреаційні території, ґрунтовий покрив, природні оселища та території, що забезпечують регулюючі або культурні послуги.

Показники та індикатори

Показники й індикатори є інформаційною основою програми. Вони повинні відповідати критеріям репрезентативності, достовірності, чутливості, інформативності, доступності та управлінської значущості.

Система показників має забезпечувати не лише фіксацію стану об'єкта, а й можливість оцінити тенденції, ризики, причини змін і наслідки для екосистем та населення. Наприклад, у програмі моніторингу лісової екосистеми доцільно поєднувати показники стану деревостану, біорізноманіття, ґрунтів, вологості, дистанційні індекси рослинності та показники екосистемних послуг.

Методи моніторингу

Методи визначають спосіб отримання даних. Вони можуть включати польові спостереження, інструментальні вимірювання, відбір проб, лабораторний аналіз, біоіндикацію, дистанційне зондування, ГС-аналіз, цифрове моделювання, соціоекологічні опитування або експертне оцінювання.

Вибір методів залежить від типу об'єкта, показників, масштабу дослідження, доступних ресурсів і вимог до точності. Важливо, щоб методи були стандартизованими, повторюваними та придатними для довготривалого використання.

Просторова організація спостережень

Просторова організація програми визначає, де саме здійснюються спостереження. Вона охоплює вибір пунктів моніторингу, маршрутів, пробних площ, полігонів, контрольних ділянок, зон впливу та фонових територій.

Просторова мережа повинна бути репрезентативною і відображати природну неоднорідність території, розміщення джерел впливу, ландшафтну структуру, гідрографічну мережу, типи землекористування та зони екологічного ризику.

Часова організація спостережень

Часова організація програми визначає періодичність, тривалість і календарний режим спостережень. Вона має враховувати сезонність природних процесів, швидкість змін, характер антропогенного впливу та потреби управління.

Наприклад, якість повітря в умовах міста може потребувати щоденного або автоматизованого моніторингу, тоді як стан ґрунтів може оцінюватися сезонно або раз на кілька років. Стан рослинності доцільно аналізувати у певні фенологічні періоди, а паводкові ризики — у сезони підвищеної водності.

Етапи розроблення програми моніторингу

Розроблення програми моніторингу довкілля є послідовним процесом, що включає кілька етапів.

Першим етапом є **постановка проблеми**, тобто визначення екологічної ситуації або управлінської потреби, яка зумовлює необхідність моніторингу. Це може бути забруднення води, деградація ґрунтів, погіршення стану зелених зон, ризик підтоплення, втрата біорізноманіття або необхідність оцінки ефективності природоохоронної програми.

Другим етапом є **визначення мети і завдань**, що забезпечує концептуальну рамку програми.

Третім етапом є **вибір об'єктів моніторингу**, які найбільш повно відображають проблему.

Четвертим етапом є **формування системи показників**, що дає змогу оцінювати стан об'єкта, виявляти зміни і здійснювати прогнозування.

П'ятим етапом є **вибір методів і джерел даних** – наземних, дистанційних, лабораторних, геоінформаційних або цифрових.

Шостим етапом є **проєктування просторово-часової мережі спостережень**, тобто визначення пунктів, маршрутів, полігонів і періодичності.

Сьомим етапом є **організація збору, обробки та контролю якості даних**.

Восьмим етапом є **оцінювання, інтерпретація та прогнозування**, за результатами яких формуються висновки.

Дев'ятим етапом є **підготовка рекомендацій і використання результатів** для управління, планування, охорони довкілля або коригування самої програми.

Типи програм моніторингу довкілля

Залежно від мети, масштабу, об'єктів і характеру завдань програми моніторингу можуть мати різні типи.

Базові програми

Базові програми спрямовані на регулярне отримання інформації про загальний стан довкілля. Вони формують довготривалі часові ряди та забезпечують основу для порівняння майбутніх змін.

Проблемно-орієнтовані програми

Такі програми розробляються для дослідження конкретної екологічної проблеми: забруднення води, деградації ґрунтів, погіршення якості повітря, втрати біорізноманіття, підтоплення, ерозії або порушення екосистем.

Імпактні програми

Імпактні програми спрямовані на оцінювання впливу конкретного джерела або виду діяльності: підприємства, транспортної магістралі, полігону відходів, гірничодобувного об'єкта, будівельного проекту, інфраструктурного коридору.

Оперативні програми

Оперативні програми застосовуються для швидкого реагування на екологічні ризики, аварії, катастрофи, пожежі, паводки, забруднення або інші небезпечні події.

Екосистемні програми

Екосистемні програми орієнтовані на оцінювання стану, функціонування, стійкості та екосистемних послуг природних і природно-антропогенних систем.

Інтегровані програми

Інтегровані програми поєднують різні об'єкти, рівні, методи і джерела даних. Вони можуть охоплювати геосферні, екосистемні, ресурсні, соціоекологічні та управлінські аспекти моніторингу.

Програма моніторингу як інструмент управління

Програма моніторингу має важливе управлінське значення. Вона забезпечує не лише отримання даних, а й створює основу для прийняття рішень. Результати програм моніторингу використовуються для:

- визначення екологічного стану територій;
- виявлення зон ризику;
- контролю джерел впливу;
- обґрунтування природоохоронних заходів;
- оцінки ефективності управлінських рішень;
- просторового і ландшафтного планування;
- підготовки екологічних програм;
- інформування громадськості;
- прогнозування майбутніх змін.

Особливо важливо, що програма моніторингу може виконувати функцію зворотного зв'язку в системі управління. Якщо результати показують, що природоохоронні заходи не дають очікуваного ефекту, програма дозволяє своєчасно виявити це і скоригувати управлінські дії.

Приклад логіки побудови програми моніторингу

Наприклад, для територіальної громади, у якій спостерігаються проблеми із якістю води, скороченням зелених зон і зростанням рекреаційного навантаження, програма моніторингу може будуватися за такою логікою.

Метою програми є комплексне оцінювання стану довкілля громади та визначення пріоритетних заходів для його покращення. Об'єктами моніторингу виступають малі річки, ґрунти, зелені насадження, рекреаційні території, джерела забруднення і території інтенсивного використання.

До системи показників можуть бути включені якість води, стан прибережних смуг, вміст забруднювачів у ґрунтах, площа зелених зон, стан дерев, рівень рекреаційного навантаження, показники температури поверхні, індекси рослинності, дані про землекористування.

Методи можуть поєднувати польові обстеження, відбір проб, лабораторний аналіз, дистанційне зондування, ГІС-картографування, фотофіксацію, громадський моніторинг і аналіз статистичних даних.

Результатом програми стає не лише опис екологічного стану громади, а й визначення проблемних територій, пріоритетів відновлення, екологічних обмежень та управлінських рішень.

Вимоги до якісної програми моніторингу

Якісна програма моніторингу повинна бути:

- науково обґрунтованою;
- цільовою;
- системною;
- комплексною;
- репрезентативною;
- методично узгодженою;
- просторово і часово впорядкованою;
- технічно здійсненою;
- економічно доцільною;
- адаптивною;
- управлінсько орієнтованою.

Особливо важливою є адаптивність програми. Оскільки стан довкілля змінюється, а екологічні виклики можуть ускладнюватися, програма моніторингу повинна мати можливість уточнення: перегляду показників, зміни періодичності, розширення мережі спостережень або залучення нових методів.

Типові помилки під час розроблення програм моніторингу

Під час формування програм моніторингу можуть виникати типові методичні помилки. До них належать:

- нечітке формулювання мети;
- надмірно широкий або надто вузький перелік показників;

- невідповідність показників поставленим завданням;
- відсутність просторової логіки розміщення пунктів спостережень;
- нерегулярність збору даних;
- відсутність контролю якості інформації;
- недостатня інтеграція наземних і дистанційних даних;
- неврахування екосистемних процесів;
- слабкий зв'язок результатів із управлінськими рішеннями.

Уникнення таких помилок є важливою умовою ефективності моніторингової програми.

Програма моніторингу довкілля є ключовим організаційно-методичним інструментом, що забезпечує цілісність, регулярність, порівнюваність і практичну значущість моніторингових досліджень. Вона визначає логіку спостережень, систему показників, методи, просторово-часову організацію, способи оцінювання і напрями використання результатів.

Науково обґрунтована програма моніторингу дозволяє перейти від фрагментарного збору екологічної інформації до системного аналізу стану довкілля, оцінювання ризиків, прогнозування змін і прийняття управлінських рішень. Саме тому розроблення програм моніторингу є одним із центральних етапів практичної реалізації сучасного моніторингу довкілля.



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ

Концептуально-інтерпретаційні питання

1. Поясніть сутність взаємозв'язку між спостереженням, вимірюванням, оцінюванням та прогнозуванням у системі моніторингу довкілля. Чому ці компоненти не можуть розглядатися ізольовано один від одного?
2. Обґрунтуйте, чому наземні методи моніторингу залишаються необхідними навіть за умов активного розвитку дистанційного зондування Землі та цифрових технологій.
3. Розкрийте методологічні відмінності між наземними та дистанційними методами моніторингу довкілля. У чому полягають їхні переваги та обмеження?

4. Поясніть роль геоінформаційних систем у переході від фрагментарних екологічних спостережень до просторово інтегрованого моніторингу довкілля.
5. Розкрийте сутність комплексної моніторингової оцінки стану довкілля. Чому інтеграція різнорідних даних є необхідною умовою сучасного моніторингу?
6. Поясніть, чому програма моніторингу довкілля повинна розглядатися не лише як технічний документ, а як науково-методична система організації моніторингових досліджень.
7. Охарактеризуйте роль просторового аналізу у моніторингових дослідженнях. Які типи просторових закономірностей можуть бути виявлені за допомогою ГІС?
8. Поясніть, чому часовий аспект є критично важливим для моніторингу довкілля. Які ризики виникають у разі нерегулярності або короткотривалості спостережень?
9. Розкрийте значення спектральних індексів у дистанційному моніторингу довкілля. Які екологічні процеси можуть бути оцінені за допомогою NDVI, NDWI та NBR?
10. Обґрунтуйте, чому інтеграція наземних, дистанційних і геоінформаційних методів є необхідною умовою достовірного оцінювання стану довкілля.

Аналітично-порівняльні питання

1. Порівняйте наземні та дистанційні методи моніторингу за такими критеріями:
 - просторове охоплення;
 - точність;
 - оперативність;
 - вартість;
 - можливість прогнозування;
 - придатність для довготривалих досліджень.
2. Порівняйте функції ГІС та дистанційного зондування Землі у системі моніторингу довкілля. У чому полягає їх методична взаємодоповнюваність?

3. Проаналізуйте відмінності між оцінюванням та прогнозуванням у системі моніторингу довкілля. Чому прогнозування неможливе без попереднього етапу оцінювання?
4. Порівняйте стаціонарні та маршрутні наземні спостереження. Для яких типів моніторингових завдань кожен із цих підходів є більш доцільним?
5. Порівняйте можливості автоматизованих сенсорних мереж і традиційних польових досліджень у системі моніторингу довкілля.
6. Проаналізуйте відмінності між компонентним та комплексним підходами до оцінювання стану довкілля.
7. Порівняйте проблемно-орієнтовані та базові програми моніторингу довкілля. У чому полягають особливості їх структури та призначення?
8. Оцініть переваги й обмеження використання машинного навчання та цифрових технологій у моніторингових дослідженнях.

Ситуаційні завдання

1. У межах територіальної громади зафіксовано скорочення площі зелених насаджень, локальне підвищення температури повітря та зростання кількості скарг населення на дискомфортність середовища проживання.

Завдання:

- визначте, які методи моніторингу доцільно використати для оцінювання ситуації;
- запропонуйте систему показників;
- обґрунтуйте роль дистанційних даних і ГІС у дослідженні.

2. На території басейну малої річки спостерігається погіршення якості води, замулення русла та зниження біорізноманіття водної екосистеми.

Завдання:

- визначте, які наземні та дистанційні методи слід інтегрувати у межах моніторингової програми;

- поясніть, які дані потребують польової верифікації;
- обґрунтуйте необхідність просторового аналізу басейну.

3. Після масштабної лісової пожежі необхідно оцінити ступінь пошкодження території, ризики ерозії та потенціал відновлення екосистеми.

Завдання:

- визначте, які дистанційні індекси можуть бути використані;
- поясніть роль наземних спостережень;
- запропонуйте логіку інтеграції отриманих даних.

4. У великому місті функціонує лише кілька стаціонарних постів контролю якості атмосферного повітря.

Завдання:

- поясніть, чому така система може бути недостатньо репрезентативною;
- запропонуйте шляхи вдосконалення моніторингу;
- визначте роль цифрових технологій та ГІС у просторовому аналізі забруднення.

5. У регіоні планується створення нової природоохоронної території.

Завдання:

- визначте, які дані необхідно інтегрувати для обґрунтування її меж;
- поясніть роль дистанційного зондування та польових досліджень;
- запропонуйте структуру програми моніторингу для цієї території.

6. Після інтенсивних опадів у межах урбанізованої території виникли локальні підтоплення.

Завдання:

- визначте, які геоінформаційні та дистанційні методи можуть бути використані для аналізу причин;

- поясніть роль цифрової моделі рельєфу;
- запропонуйте показники для подальшого моніторингу ризиків.

Кейсові завдання

1. Розробіть концепцію програми моніторингу для міської річки, яка зазнає інтенсивного антропогенного навантаження.

У структурі відповіді:

- сформулюйте мету та завдання;
- визначте об'єкти моніторингу;
- запропонуйте систему показників;
- обґрунтуйте методи;
- визначте роль ГІС та дистанційного зондування.

2. Сформууйте модель комплексного моніторингу лісової екосистеми, яка зазнає впливу рекреаційного навантаження та кліматичних змін.

Необхідно:

- визначити наземні й дистанційні методи;
- обґрунтувати систему індикаторів;
- запропонувати способи інтеграції даних;
- визначити можливі управлінські рішення.

3. Запропонуйте структуру інтегрованої системи моніторингу для агроландшафту, де спостерігаються ерозійні процеси та деградація ґрунтів.

У відповіді необхідно:

- визначити просторові рівні моніторингу;
- обґрунтувати вибір показників;
- пояснити роль цифрових моделей рельєфу;
- визначити значення часових рядів спостережень.

4. У межах регіону планується реалізація масштабного інфраструктурного проєкту.

Завдання:

- розробіть логіку програми імпактного моніторингу;
- визначте необхідні дані;
- запропонуйте систему оцінювання ризиків;
- обґрунтуйте необхідність інтеграції дистанційних, наземних і соціоекологічних даних.

5. Розробіть концепцію цифрової системи моніторингу довкілля для територіальної громади.

Необхідно:

- визначити джерела даних;
- описати роль автоматизованих сенсорів;
- обґрунтувати використання ГС;
- визначити функції системи підтримки прийняття рішень (DSS).

Інтегративні та проблемно-прогностичні питання

1. Обґрунтуйте, чому сучасний моніторинг довкілля набуває дедалі більшого міждисциплінарного та цифрового характеру.
2. Поясніть, чому просторово-часова інтеграція даних є ключовою умовою комплексної екологічної оцінки територій.
3. Розкрийте роль моніторингових програм у реалізації принципів сталого природокористування та підтриманні екосистемних послуг.
4. Проаналізуйте, як цифровізація моніторингу змінює можливості екологічного управління на локальному та регіональному рівнях.
5. Поясніть, чому надмірна автоматизація моніторингових процесів не може повністю замінити наукову інтерпретацію результатів.
6. Обґрунтуйте роль комплексного моніторингу у попередженні екологічних ризиків та адаптації до кліматичних змін.
7. Проаналізуйте значення інтегрованих моніторингових систем для просторового і ландшафтного планування.

8. Поясніть, чому ефективність моніторингу довкілля визначається не лише кількістю отриманих даних, а й здатністю інтегрувати, інтерпретувати та використовувати їх у процесі прийняття рішень.
9. Розкрийте значення ІС і цифрових платформ у формуванні сучасних систем екологічної безпеки.
10. Обґрунтуйте, чому інтеграція моніторингових даних є не лише технічним процесом, а фундаментальним методологічним принципом сучасного моніторингу довкілля.



Розділ VII

РОЛЬ ТА ЗНАЧЕННЯ МОНИТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ



Моніторинг довкілля у сучасних умовах виступає не лише системою спостережень за станом природного середовища, а одним із ключових інструментів забезпечення екологічної безпеки, підтримання екосистемної стійкості та науково обґрунтованого природокористування. Його значення суттєво зростає в умовах посилення антропогенного навантаження, урбанізаційних трансформацій, деградації природних ресурсів, кліматичних змін та зростання просторової нерівномірності екологічних ризиків. Саме моніторингові системи забезпечують можливість своєчасного виявлення негативних змін у довкіллі, оцінювання їх причин і наслідків, аналізу тенденцій розвитку природних і природно-антропогенних процесів, а також формування інформаційної основи для ухвалення управлінських рішень.

Сучасне розуміння ролі моніторингу довкілля виходить далеко за межі фіксації окремих показників стану природних компонентів. Моніторинг дедалі більше набуває функцій інтегрованої інформаційно-аналітичної системи, здатної забезпечувати оцінювання функціонування екосистем, їхньої стійкості, адаптивності та здатності підтримувати екосистемні послуги. У цьому контексті особливого значення набуває екосистемний підхід, відповідно до якого об'єктом уваги стають не лише окремі компоненти довкілля, а й взаємозв'язки між ними, динаміка екосистемних процесів, стан природних функцій територій та їхня роль у підтриманні якості життя населення.

Водночас результати моніторингових досліджень дедалі активніше інтегруються у систему управління територіальним розвитком, екологічного планування, природоохоронної діяльності та просторової організації територій. Моніторинг забезпечує інформаційну основу для оцінювання екологічних ризиків, визначення територій з підвищеним антропогенним навантаженням, планування природоохоронних заходів, формування екологічної мережі, оптимізації структури землекористування та впровадження природоорієнтованих

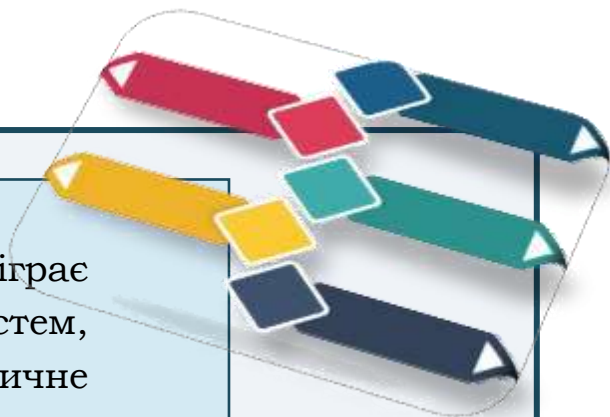
рішень. Особливо важливою є його роль у сучасному просторовому та ландшафтному плануванні, де екологічні показники, дані дистанційного зондування, геоінформаційний аналіз і результати комплексної оцінки стану довкілля стають необхідною складовою обґрунтування управлінських стратегій.

Таким чином, моніторинг довкілля постає як багаторівнева система наукового забезпечення екологічного управління, збереження екосистем і підтримання збалансованого розвитку територій. Його роль визначається не лише здатністю накопичувати інформацію про стан довкілля, а передусім можливістю інтегрувати, інтерпретувати та використовувати цю інформацію для прогнозування змін, попередження екологічних ризиків і формування екологічно виважених рішень на локальному, регіональному, національному та глобальному рівнях.

7.1.

РОЛЬ МОНІТОРИНГУ У ЗБЕРЕЖЕННІ ЕКОСИСТЕМ ТА ПІДТРИМАННІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

Моніторинг довкілля відіграє ключову роль у збереженні екосистем, оскільки забезпечує систематичне отримання інформації про їх стан, структуру, функціонування, динаміку та реакцію на природні й антропогенні впливи. Саме завдяки моніторингу стає можливим не лише фіксувати окремі зміни у природному середовищі, а й виявляти глибинні закономірності трансформації екосистем, оцінювати рівень їх стійкості, визначати ризики деградації та обґрунтовувати заходи щодо охорони, відновлення і раціонального використання природних систем.



Екосистеми є складними динамічними утвореннями, у межах яких взаємодіють біотичні та абіотичні компоненти, відбуваються потоки речовини й енергії, підтримуються біогеохімічні цикли, формується біорізноманіття та забезпечується функціональна рівновага природного середовища. Порушення хоча б одного з ключових елементів екосистеми може спричиняти ланцюгові зміни в інших її складових. Наприклад, деградація ґрунтового покриву впливає на стан рослинності, водний режим, біопродуктивність, ерозійні процеси та якість екосистемних послуг, які отримує суспільство.

У цьому контексті моніторинг виступає інструментом раннього виявлення екосистемних змін. Його значення полягає у здатності своєчасно фіксувати ознаки порушення природної рівноваги: зменшення видового різноманіття, зміну структури рослинного покриву, погіршення якості води, втрату природних оселищ, фрагментацію ландшафтів, зниження продуктивності екосистем, поширення інвазійних видів, деградацію ґрунтів або посилення антропогенного навантаження. Виявлення таких змін на ранніх етапах дає змогу запобігати розвитку кризових ситуацій і своєчасно коригувати природоохоронні заходи.

Моніторинг як інструмент оцінювання стану екосистем

Збереження екосистем неможливе без об'єктивного розуміння їхнього поточного стану. Моніторинг забезпечує це розуміння через систему показників та індикаторів, які характеризують структуру, функціонування і динаміку природних систем. До таких показників належать видовий склад, біорізноманіття, продуктивність, стан оселищ, рівень фрагментації, ступінь антропогенної трансформації, стан ґрунтів, водний режим, якість середовища існування, наявність чутливих або індикаторних видів.

Оцінювання стану екосистем має комплексний характер, оскільки не може обмежуватися аналізом одного параметра. Наприклад, оцінка лісової екосистеми потребує врахування

стану деревостану, підросту, підліску, ґрунтів, вологості, біорізноманіття, шкідників і хвороб, рекреаційного навантаження, пожежної небезпеки та просторової цілісності лісового масиву. Лише поєднання цих даних дозволяє зробити висновок про реальний екологічний стан і стійкість лісу.

Моніторинг водних екосистем, своєю чергою, потребує аналізу не лише хімічного складу води, але й гідрологічного режиму, стану прибережних зон, донних відкладів, макрзообентосу, фітопланктону, іхтіофауни та джерел забруднення у межах водозбору. Такий підхід дозволяє оцінити не просто якість води, а функціонування водної екосистеми як цілісної природної системи.

Таким чином, моніторинг забезпечує перехід від фрагментарного контролю окремих компонентів до цілісного оцінювання екосистемного стану території.

Моніторинг і підтримання екологічної стійкості екосистем

Однією з важливих ролей моніторингу є оцінювання екологічної стійкості екосистем, тобто їх здатності зберігати структуру, функції та основні процеси під впливом зовнішніх чинників. Стійкість екосистем визначається їх біорізноманіттям, складністю внутрішніх зв'язків, здатністю до саморегуляції, природного відновлення та адаптації до змін.

Моніторингові дані дозволяють виявляти, чи зберігає екосистема здатність до нормального функціонування, чи переходить у стан напруження, деградації або втрати екологічної рівноваги. Наприклад, поступове зниження продуктивності рослинності, зменшення кількості чутливих видів, зростання частки синантропних або інвазійних видів, порушення водного режиму чи деградація ґрунтів можуть свідчити про зменшення стійкості екосистеми.

Особливого значення моніторинг набуває в умовах кліматичних змін, коли екосистеми зазнають впливу посух, теплових хвиль, паводків, пожеж, зміни сезонності природних процесів та трансформації ареалів видів. Регулярні

спостереження дозволяють оцінювати адаптивність екосистем, визначати території підвищеної вразливості та планувати заходи з підвищення їх резильєнтності.

Отже, моніторинг не лише фіксує факт порушення екосистем, а й дозволяє визначати ступінь їхньої стійкості та потенціал відновлення.

Моніторинг як основа збереження біорізноманіття

Біорізноманіття є однією з ключових характеристик екосистемного стану та важливою умовою стабільного функціонування природних систем. Моніторинг біорізноманіття передбачає систематичне спостереження за видовим складом, чисельністю популяцій, поширенням видів, станом природних оселищ, наявністю рідкісних, зникаючих, індикаторних або інвазійних видів.

Збереження біорізноманіття потребує не лише обліку видів, а й аналізу умов їх існування. Тому моніторинг має враховувати стан оселищ, фрагментацію природних територій, екологічну зв'язність, якість середовища, рівень антропогенного навантаження та зміни у структурі ландшафтів. Наприклад, зникнення певного виду може бути пов'язане не лише з прямим впливом людини, а й із деградацією оселища, зміною гідрологічного режиму, забрудненням, фрагментацією території або поширенням інвазійних видів.

Моніторинг біорізноманіття має важливе значення для функціонування природоохоронних територій, екологічної мережі, відновлення природних оселищ і планування заходів охорони видів. Він дозволяє визначати території, що мають високу природоохоронну цінність, оцінювати ефективність режимів охорони та виявляти загрози для природних комплексів.

У цьому сенсі моніторинг виступає одним із ключових інструментів збереження природного капіталу та підтримання екосистемної цілісності територій.

Моніторинг екосистемних послуг

Екосистемні послуги – це вигоди, які суспільство отримує від функціонування екосистем. До них належать забезпечення чистою водою і повітрям, регулювання клімату, підтримання родючості ґрунтів, запобігання ерозії, акумуляція вуглецю, збереження біорізноманіття, рекреаційні, культурні, естетичні та освітні функції природних територій.

Роль моніторингу у підтриманні екосистемних послуг полягає в оцінюванні здатності екосистем виконувати відповідні функції та забезпечувати суспільно значущі блага. Наприклад, моніторинг лісових екосистем дозволяє оцінювати їхню роль у поглинанні вуглецю, регулюванні водного режиму, захисті ґрунтів від ерозії, формуванні рекреаційного потенціалу та підтриманні біорізноманіття. Моніторинг водно-болотних угідь дає змогу оцінювати їх здатність акумулювати воду, очищувати її, знижувати ризики паводків і підтримувати оселища багатьох видів.

Для оцінювання екосистемних послуг використовуються різні групи індикаторів. Регулюючі послуги можуть оцінюватися через показники якості води, рівень поглинання вуглецю, лісистість, водорегулюючу здатність території, ерозійну стійкість ґрунтів. Забезпечувальні послуги – через обсяги водних, лісових, біологічних або земельних ресурсів. Культурні послуги — через рекреаційне навантаження, доступність природних територій, естетичну цінність ландшафтів і стан рекреаційних екосистем.

Важливо, що моніторинг екосистемних послуг дозволяє показати практичне значення природних систем для суспільства. Він переводить інформацію про стан екосистем у площину управління природним капіталом, територіального розвитку, екологічної безпеки та якості життя населення.

Виявлення втрат екосистемних послуг

Однією з важливих функцій моніторингу є виявлення втрат або зниження якості екосистемних послуг унаслідок деградації природних систем. Такі втрати можуть бути прямими або опосередкованими. Наприклад, вирубування лісів призводить не

лише до втрати деревини, а й до зниження водорегулюючої, кліматорегулюючої, ґрунтозахисної, рекреаційної та біорізноманітної функцій території. Осушення боліт зменшує здатність екосистем акумулювати вуглець, регулювати водний режим і підтримувати специфічні оселища.

Моніторинг дозволяє встановлювати, які саме послуги зазнають змін, у якому масштабі, з якою швидкістю і під впливом яких чинників. Це важливо для обґрунтування природоохоронних заходів, визначення пріоритетів відновлення, оцінювання екологічних збитків і формування політики раціонального природокористування.

Наприклад, якщо у межах громади спостерігається скорочення площі зелених насаджень, моніторинг може показати не лише зміну площі рослинного покриву, а й пов'язані з цим наслідки: підвищення температури поверхні, зниження якості повітря, зменшення рекреаційних можливостей, погіршення умов проживання населення. Саме така комплексна оцінка дозволяє зрозуміти реальну цінність екосистемних функцій.

Моніторинг як інструмент відновлення екосистем

Моніторинг має важливе значення не лише для охорони, а й для відновлення екосистем. Відновлення природних систем потребує чіткого розуміння їхнього вихідного стану, ступеня порушення, причин деградації, потенціалу самовідновлення та ефективності здійснених заходів. Без моніторингу відновлювальні дії можуть бути фрагментарними, малоефективними або такими, що не враховують реальних природних процесів.

У процесі екосистемного відновлення моніторинг дозволяє:

- визначати пріоритетні території для відновлення;
- оцінювати ступінь деградації;
- встановлювати причини порушення;
- контролювати ефективність відновлювальних заходів;
- оцінювати повернення екосистемних функцій;

- коригувати управлінські дії.

Наприклад, під час відновлення прибережної смуги річки моніторинг може включати оцінку стану рослинності, стабільності берегів, якості води, біорізноманіття, ерозійних процесів і рекреаційного навантаження. Це дозволяє визначити, чи дійсно відновлювальні заходи сприяють покращенню стану екосистеми та відновленню її водоохоронних і регулюючих функцій.

Моніторинг природоохоронних територій

Особливе значення моніторинг має для територій природно-заповідного фонду, екологічної мережі та інших територій, що мають високу природоохоронну цінність. Такі території виконують важливі функції збереження біорізноманіття, природних оселищ, ландшафтного різноманіття, регулювання екосистемних процесів і підтримання екологічної рівноваги.

Моніторинг природоохоронних територій дозволяє оцінювати:

- стан природних комплексів;
- ефективність режиму охорони;
- вплив рекреації;
- поширення інвазійних видів;
- стан рідкісних видів і оселищ;
- зміни ландшафтної структури;
- ризики пожеж, підтоплень, ерозії або деградації.

Результати моніторингу використовуються для коригування режиму охорони, планування природоохоронних заходів, регулювання рекреаційного навантаження, відновлення порушених ділянок та обґрунтування розширення або створення нових природоохоронних територій.

Значення моніторингу для екологічної безпеки та сталого розвитку

Збереження екосистем і підтримання екосистемних послуг безпосередньо пов'язані з екологічною безпекою та сталим

розвитком територій. Деградація екосистем призводить до зростання ризиків для населення: погіршення якості води і повітря, втрати родючості ґрунтів, збільшення частоти паводків, посух, ерозійних процесів, зменшення рекреаційного потенціалу та погіршення умов життя.

Моніторинг дозволяє своєчасно виявляти такі ризики, оцінювати їх масштаби і формувати наукову основу для прийняття рішень. У цьому сенсі він є не лише інструментом природоохоронної діяльності, а й елементом системи забезпечення якості життя, безпеки населення та збалансованого розвитку територій.

Особливо важливо, що моніторинг поєднує екологічні, просторові та управлінські виміри. Він дозволяє визначити, де саме відбуваються негативні зміни, які екосистемні функції порушуються, які території потребують охорони або відновлення, які рішення є пріоритетними для збереження природного капіталу.

Роль моніторингу у збереженні екосистем та підтриманні екосистемних послуг полягає у формуванні науково обґрунтованої інформаційної основи для оцінювання стану природних систем, виявлення екосистемних змін, попередження деградації, збереження біорізноманіття, підтримання екологічної стійкості та забезпечення сталого природокористування.

Моніторинг дозволяє перейти від простого спостереження за окремими компонентами довкілля до комплексного розуміння функціонування екосистем і їх значення для суспільства. Саме завдяки моніторингу стає можливим своєчасне виявлення втрат екосистемних послуг, обґрунтування природоохоронних і відновлювальних заходів, підтримка управлінських рішень та формування стратегій сталого розвитку територій.

7.2.

ЗНАЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ УХВАЛЕННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ТА ПРОСТОРОВО- І ЛАНДШАФТНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ

Моніторинг довкілля має визначальне значення для ухвалення управлінських, просторово-планувальних і ландшафтно-планувальних рішень, оскільки забезпечує науково обґрунтовану інформаційну основу для оцінювання стану територій, виявлення екологічних ризиків, визначення обмежень природокористування та вибору оптимальних напрямів розвитку. У сучасних умовах управління довкіллям не може ґрунтуватися лише на загальних уявленнях про природні умови або формальних нормативних вимогах. Воно потребує систематичних, достовірних, просторово узгоджених і регулярно оновлюваних даних про стан геосфер, екосистем, ресурсів, антропогенних впливів і екосистемних послуг.



Значення моніторингу полягає у тому, що він забезпечує перехід від інтуїтивного або реактивного управління до превентивного, адаптивного та доказово обґрунтованого прийняття рішень. Моніторингові дані дозволяють не лише фіксувати вже наявні екологічні проблеми, а й виявляти їх передумови, аналізувати тенденції, прогнозувати можливі наслідки та завчасно формувати управлінські відповіді. Саме тому моніторинг виступає важливим елементом екологічного менеджменту, територіального розвитку, просторового планування, ландшафтного планування, оцінки впливу на довкілля, стратегічної екологічної оцінки та розроблення природоохоронних програм.

Управлінське значення моніторингу особливо посилюється в умовах зростання складності екологічних викликів. Урбанізація, інтенсивне землекористування, деградація ґрунтів, скорочення біорізноманіття, забруднення вод і повітря, кліматичні ризики, втрати екосистемних послуг і територіальна нерівномірність антропогенного навантаження потребують не разових рішень, а постійного інформаційного супроводу управління. У цьому контексті моніторинг стає не лише джерелом даних, а механізмом зворотного зв'язку між станом довкілля, управлінськими діями та їх наслідками.

Моніторинг як інформаційна основа управління довкіллям

Будь-яке управлінське рішення у сфері природокористування має ґрунтуватися на розумінні фактичного стану довкілля. Моніторинг забезпечує це розуміння через систематичне отримання інформації про якість атмосферного повітря, стан водних ресурсів, ґрунтового покриву, біорізноманіття, екосистем, ландшафтів, джерел забруднення, динаміку землекористування та антропогенного навантаження.

На основі моніторингових даних визначаються проблемні території, критичні параметри стану довкілля, зони

перевищення допустимих навантажень, ділянки деградації, джерела впливу та території, що потребують першочергового управлінського втручання. Наприклад, регулярний моніторинг якості повітря у місті дозволяє виявити райони з підвищеним рівнем забруднення, встановити зв'язок із транспортним навантаженням або промисловими джерелами, визначити потребу у зміні транспортної організації, озелененні або посиленні контролю за викидами.

Моніторинг забезпечує також можливість порівняння стану територій у просторі та часі. Це важливо для визначення пріоритетів управління: які території потребують негайного реагування, де доцільні відновлювальні заходи, які ділянки слід обмежити у використанні, а які можуть бути залучені до певних видів господарської діяльності за умови дотримання екологічних вимог.

Таким чином, моніторинг формує доказову базу управління довкіллям, без якої рішення залишаються недостатньо обґрунтованими, фрагментарними або такими, що не враховують реальної екологічної ситуації.

Моніторинг як механізм діагностики екологічних проблем

Однією з ключових ролей моніторингу у прийнятті управлінських рішень є діагностика екологічних проблем. Діагностичне значення моніторингу полягає у здатності не лише фіксувати відхилення показників, а й встановлювати їх просторову локалізацію, інтенсивність, причини та можливі наслідки.

Наприклад, погіршення якості води у річці може бути зумовлене різними чинниками: точковими скидами стічних вод, дифузним аграрним забрудненням, ерозійним змивом, порушенням прибережних захисних смуг, зменшенням водності або зміною землекористування у басейні. Управлінське рішення буде ефективним лише тоді, коли моніторинг дозволить встановити, який саме чинник є визначальним і де він просторово проявляється.

Діагностична роль моніторингу особливо важлива для територій зі складною структурою впливів: великих міст, промислових вузлів, аграрних регіонів, річкових басейнів, прибережних зон, природоохоронних територій із рекреаційним навантаженням. У таких випадках екологічна проблема рідко має одну причину, тому моніторинг має поєднувати різні джерела даних: наземні спостереження, лабораторні вимірювання, дистанційне зондування, ГІС-аналіз, статистичну інформацію та соціоекологічні дані.

Саме діагностика дозволяє перейти від загального формулювання проблеми до точного визначення механізмів її формування, а отже – до вибору адекватних управлінських дій.

Моніторинг і прогнозування екологічних ризиків

Управлінські рішення мають бути спрямовані не лише на реагування на вже наявні порушення, а й на попередження майбутніх ризиків. У цьому контексті особливого значення набуває прогностична роль моніторингу. Завдяки аналізу часових рядів, тенденцій, просторової динаміки та сценаріїв розвитку моніторинг дозволяє оцінювати ймовірність погіршення стану довкілля, виникнення небезпечних процесів або зниження екосистемної стійкості.

Прогнозування екологічних ризиків може стосуватися:

- погіршення якості атмосферного повітря;
- забруднення поверхневих і підземних вод;
- деградації ґрунтів;
- ерозії та зсувних процесів;
- паводків і підтоплення;
- пожежної небезпеки;
- поширення інвазійних видів;
- втрати біорізноманіття;
- зменшення екосистемних послуг;
- наслідків кліматичних змін.

Наприклад, поєднання даних про рельєф, ґрунти, опади, землекористування та стан рослинного покриву дає змогу прогнозувати ерозійну небезпеку. Дані про рівні води, опади,

забудову заплави та водопроникність поверхонь можуть використовуватися для прогнозування ризику підтоплення. Аналіз динаміки NDVI, температури поверхні та вологості ґрунтів може допомогти виявити території, вразливі до посух або деградації рослинності.

Прогнозування на основі моніторингових даних є важливим для адаптивного управління, оскільки дозволяє готувати рішення заздалегідь, зменшувати втрати та підвищувати стійкість територій до екологічних загроз.

Моніторинг у просторовому плануванні територій

Просторове планування спрямоване на організацію території з урахуванням природних, соціально-економічних, інфраструктурних та екологічних умов. У цій системі моніторинг довкілля забезпечує інформацію про екологічну придатність територій, природні обмеження, зони ризику, ресурсний потенціал, стан екосистем і допустимі напрями використання.

Моніторингові дані використовуються для:

- визначення територій, придатних або непридатних для певних видів використання;
- виявлення зон екологічного ризику;
- встановлення обмежень забудови;
- обґрунтування прибережних захисних смуг;
- планування зелених зон і екологічної мережі;
- оцінювання транспортного, промислового та рекреаційного навантаження;
- формування зон охорони природних об'єктів;
- визначення територій для відновлення екосистем.

Наприклад, якщо моніторинг фіксує високий ризик підтоплення певної території, просторово-планувальне рішення має враховувати обмеження забудови, потребу у водорегулюючих заходах, збереженні заплавлених територій або створенні зелених буферних зон. Якщо дані свідчать про високу природоохоронну цінність ділянки, вона може бути

рекомендована для включення до екологічної мережі або обмеженого використання.

Таким чином, моніторинг забезпечує екологізацію просторового планування, дозволяючи узгоджувати розвиток територій із природними можливостями, обмеженнями та ризиками.

Моніторинг у ландшафтному плануванні

Ландшафтне планування є особливо важливою сферою застосування моніторингових даних, оскільки воно орієнтоване на врахування природної структури території, екологічної стійкості ландшафтів, функціональних зв'язків між їх компонентами та оптимізацію природокористування. Якщо просторове планування часто працює з територіальним розміщенням видів діяльності, то ландшафтне планування акцентує увагу на узгодженні цих видів діяльності з природною організацією території.

Моніторинг у ландшафтному плануванні дозволяє оцінювати:

- ландшафтну структуру території;
- ступінь антропогенної трансформації;
- екологічну стійкість геосистем;
- функціональні зв'язки між природними компонентами;
- екологічну зв'язність територій;
- стан природних ядер і коридорів;
- ризики фрагментації;
- потенціал відновлення ландшафтів;
- екосистемні послуги різних територіальних одиниць.

Наприклад, дані моніторингу про лісистість, стан водно-болотних угідь, ерозійні процеси, структуру землекористування і біорізноманіття можуть використовуватися для формування ландшафтно-екологічного каркаса території. Такий каркас дозволяє визначити природні ядра, екологічні коридори, буферні

зони, території відновлення та ділянки, де господарське використання має бути обмеженим.

У ландшафтному плануванні моніторинг виконує не лише інформаційну, а й конструктивну функцію, оскільки його результати використовуються для проєктування більш збалансованої просторової організації територій.

Моніторинг і оцінка впливу на довкілля та стратегічна екологічна оцінка

Моніторинг довкілля має безпосереднє значення для процедур оцінки впливу на довкілля та стратегічної екологічної оцінки. У цих процесах моніторингові дані використовуються для визначення вихідного стану території, прогнозування можливих наслідків реалізації планів, програм або проєктів, а також для подальшого контролю за фактичними змінами після їх впровадження.

Під час оцінки впливу на довкілля моніторинг дозволяє:

- встановити початковий стан довкілля;
- визначити чутливі компоненти та екосистеми;
- оцінити можливі джерела впливу;
- спрогнозувати наслідки проєктної діяльності;
- запропонувати заходи запобігання, зменшення або компенсації впливу;
- організувати післяпроєктний контроль.

Під час стратегічної екологічної оцінки моніторинг забезпечує аналіз екологічних наслідків планів, програм і стратегій на ширшому територіальному рівні. Це особливо важливо для містобудівної документації, стратегій розвитку громад, регіональних програм, планів управління річковими басейнами та програм відновлення територій.

Таким чином, моніторинг забезпечує зв'язок між плануванням, прогнозуванням і контролем фактичних наслідків управлінських рішень.

Моніторинг як основа адаптивного управління

Сучасне управління довкіллям дедалі більше набуває адаптивного характеру. Це означає, що управлінські рішення не розглядаються як разові та остаточні, а постійно уточнюються залежно від нових даних, змін екологічної ситуації та результатів попередніх дій. Моніторинг у такій системі виконує роль механізму зворотного зв'язку.

Адаптивне управління передбачає цикл:

моніторинг → оцінювання → рішення → впровадження заходів → повторний моніторинг → коригування дій.

Наприклад, якщо у громаді впроваджено програму озеленення для зменшення теплового навантаження, моніторинг дозволяє оцінити, чи справді збільшення зелених насаджень призвело до зниження температури поверхні, покращення якості повітря та підвищення комфортності середовища. Якщо очікуваний ефект не досягнуто, програма може бути скоригована: змінено види насаджень, розміщення зелених зон, підходи до догляду або масштаби озеленення.

Саме адаптивність робить моніторинг необхідним елементом сучасного екологічного управління, оскільки дозволяє враховувати невизначеність, складність природних процесів і змінність соціально-економічних умов.

Роль ГІС, дистанційного зондування та цифрових технологій у підтримці управлінських рішень

Сучасні управлінські та планувальні рішення дедалі більше спираються на цифрові просторові дані. Геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, сенсорні мережі, цифрові моделі рельєфу, інтерактивні карти та системи підтримки прийняття рішень значно розширюють можливості використання моніторингу у практиці управління.

ГІС дозволяють поєднувати різні шари інформації: стан довкілля, землекористування, рельєф, гідрографію, джерела впливу, транспортну мережу, природоохоронні території, демографічні показники, екосистемні послуги. Це забезпечує просторово обґрунтоване прийняття рішень.

Дистанційне зондування дає змогу оперативно виявляти зміни, оцінювати великі території, аналізувати динаміку рослинності, забудови, водних об'єктів, наслідків пожеж, повеней або деградації земель. Цифрові платформи дозволяють інтегрувати ці дані у системи управління і робити результати моніторингу доступними для органів влади, фахівців і громадськості.

Особливе значення мають системи підтримки прийняття рішень, які поєднують моніторингові дані, просторовий аналіз, моделювання сценаріїв і оцінювання ризиків. Вони дозволяють порівнювати альтернативні варіанти розвитку території та обирати рішення, які є найбільш екологічно безпечними і соціально доцільними.

Управлінська цінність моніторингу для територіальних громад

На локальному рівні особливо важливим є використання моніторингу у діяльності територіальних громад. Громади потребують достовірної інформації для управління земельними ресурсами, водними об'єктами, зеленими зонами, відходами, рекреаційними територіями, ризиками підтоплення, локальним забрудненням і якістю середовища проживання.

Моніторинг у громаді може використовуватися для:

- виявлення екологічно проблемних ділянок;
- обґрунтування місцевих природоохоронних програм;
- планування зеленої інфраструктури;
- управління малими річками;
- визначення територій для відновлення;
- оцінювання впливу забудови;
- інформування населення;
- залучення громадськості до екологічного контролю.

Наприклад, для громади моніторинг малих річок може стати основою для відновлення прибережних смуг, обмеження забруднення, створення рекреаційних просторів і підвищення

екологічної якості території. Моніторинг зелених насаджень може обґрунтувати потребу у нових парках, екологічних коридорах або зміні підходів до озеленення.

Значення моніторингу для ухвалення управлінських та просторово- і ландшафтно-планувальних рішень полягає у забезпеченні науково обґрунтованої, просторово узгодженої та регулярно оновлюваної інформації про стан довкілля, екосистем, природних ресурсів і антропогенних впливів. Моніторинг дозволяє виявляти екологічні проблеми, діагностувати їх причини, прогнозувати ризики, визначати природні обмеження територій і формувати обґрунтовані напрями управління.

У системі просторового та ландшафтного планування моніторинг виконує роль інструменту екологічної аргументації рішень. Він дозволяє узгоджувати розвиток територій із природною структурою, екологічною стійкістю, ресурсним потенціалом і потребою збереження екосистемних послуг. Саме завдяки моніторингу управління довкіллям набуває адаптивного, доказового та просторово орієнтованого характеру, що є необхідною умовою сталого розвитку територій.



БЛОК ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ТА САМОПЕРЕВІРКИ

Концептуально-інтерпретаційні питання

1. Поясніть, чому у сучасних умовах моніторинг довкілля розглядається не лише як система спостережень, а як інструмент екологічного управління та забезпечення сталого розвитку територій.
2. Розкрийте роль моніторингу у підтриманні екологічної стійкості екосистем. Які ознаки можуть свідчити про втрату екосистемної рівноваги?
3. Поясніть сутність взаємозв'язку між моніторингом довкілля та екосистемними послугами. Чому оцінювання екосистемних послуг неможливе без систематичних моніторингових досліджень?

4. Обґрунтуйте, чому моніторинг біорізноманіття має розглядатися як один із ключових напрямів збереження природного капіталу територій.
5. Поясніть, у чому полягає управлінська функція моніторингу довкілля. Яке значення мають моніторингові дані для ухвалення екологічно обґрунтованих рішень?
6. Розкрийте значення моніторингу для просторового планування територій. Які екологічні параметри мають враховуватися під час планування розвитку територій?
7. Поясніть роль моніторингу у ландшафтному плануванні. Чому ландшафтний підхід потребує комплексної моніторингової інформації?
8. Обґрунтуйте значення моніторингу для оцінювання екологічних ризиків та прогнозування негативних змін у довкіллі.
9. Поясніть, чому сучасне управління довкіллям повинно мати адаптивний характер. Яку роль у цьому процесі відіграє моніторинг?
10. Розкрийте значення ГС, дистанційного зондування Землі та цифрових технологій у підтримці управлінських і просторово-планувальних рішень.

Блок 2. Аналітично-порівняльні питання

1. Порівняйте роль моніторингу у:
 - збереженні екосистем;
 - підтриманні екосистемних послуг;
 - екологічному управлінні;
 - просторовому плануванні територій.
2. Порівняйте реактивний та превентивний підходи до управління довкіллям. Яке місце у кожному з них займає моніторинг?
3. Проаналізуйте відмінності між просторовим і ландшафтним плануванням. Яке значення мають моніторингові дані у кожному з цих підходів?
4. Порівняйте роль моніторингу у:
 - оцінці сучасного стану довкілля;

- прогнозуванні екологічних ризиків;
 - оцінці ефективності природоохоронних заходів.
5. Проаналізуйте, як зміни екосистемного стану можуть впливати на різні групи екосистемних послуг.
 6. Порівняйте значення локального та регіонального моніторингу для управління природними ресурсами та територіальним розвитком.
 7. Проаналізуйте відмінності між моніторингом природних компонентів і моніторингом функціонування екосистем.
 8. Порівняйте роль традиційних польових методів і цифрових технологій у підтримці управлінських рішень у сфері довкілля.

Ситуаційні завдання

1. У межах міської громади спостерігається скорочення площі зелених насаджень, локальне підвищення температури поверхні та погіршення комфортності проживання населення.

Завдання:

- поясніть, які екосистемні послуги зазнають втрат;
- визначте, які моніторингові дані необхідні для оцінювання ситуації;
- обґрунтуйте можливі управлінські рішення.

2. У річковому басейні спостерігається деградація прибережних територій, зниження якості води та скорочення біорізноманіття.

Завдання:

- визначте роль моніторингу у виявленні причин цих процесів;
- поясніть, які показники є ключовими для оцінювання стану екосистеми;
- запропонуйте напрями природоохоронного управління.

3. На території громади планується масштабна житлова забудова заплавної території.

Завдання:

- поясніть, які моніторингові дані необхідно врахувати;
- визначте можливі екологічні ризики;
- обґрунтуйте роль просторового планування у запобіганні негативним наслідкам.

4. Після масштабної вирубки лісу у регіоні посилилися ерозійні процеси та погіршився водний режим території.

Завдання:

- поясніть, які екосистемні функції були порушені;
- визначте роль моніторингу у виявленні наслідків;
- запропонуйте підходи до відновлення екосистеми.

5. У межах природоохоронної території зафіксовано збільшення рекреаційного навантаження.

Завдання:

- визначте, які компоненти екосистеми потребують моніторингу;
- поясніть, які ризики можуть виникнути;
- запропонуйте можливі управлінські обмеження.

6. Унаслідок інтенсивного сільськогосподарського використання території спостерігається деградація ґрунтів та зниження біопродуктивності.

Завдання:

- поясніть, як моніторинг може допомогти виявити причини деградації;
- визначте ключові індикатори;
- обґрунтуйте значення ландшафтно-планувальних рішень для стабілізації ситуації.

Кейсові завдання

1. Розробіть концепцію системи моніторингу для територіальної громади, що має значне рекреаційне навантаження та дефіцит зелених зон.

У структурі відповіді:

- визначте мету моніторингу;
- обґрунтуйте систему показників;
- поясніть роль ГІС та дистанційного зондування;
- запропонуйте управлінські рішення на основі результатів моніторингу.

2. Сформууйте модель моніторингу екосистемних послуг для лісової екосистеми.

Необхідно:

- визначити групи екосистемних послуг;
- запропонувати індикатори;
- обґрунтувати методи оцінювання;
- пояснити значення результатів для управління територією.

3. Розробіть логіку моніторингового супроводу просторового планування урбанізованої території.

У відповіді необхідно:

- визначити екологічні обмеження території;
- запропонувати систему моніторингових показників;
- пояснити роль просторового аналізу;
- визначити ризики нехтування моніторинговими даними.

4. Запропонуйте структуру адаптивної системи управління довкіллям для регіону, який зазнає інтенсивних кліматичних змін.

Необхідно:

- визначити ключові екологічні ризики;
- обґрунтувати роль моніторингу;
- пояснити механізм зворотного зв'язку між моніторингом та управлінськими рішеннями;
- визначити можливі напрями адаптації.

5. Розробіть концепцію моніторингового забезпечення для створення ландшафтно-екологічного каркаса території.

У відповіді:

- визначте необхідні просторові дані;

- поясніть роль екосистемних показників;
- обґрунтуйте значення екологічної зв'язності територій;
- визначте роль моніторингу у підтриманні функціональної цілісності ландшафтів.

Інтегративні та проблемно-прогностичні питання

1. Обґрунтуйте, чому моніторинг довкілля є необхідною умовою реалізації концепції сталого розвитку територій.
2. Поясніть, чому сучасний моніторинг має переходити від контролю окремих компонентів довкілля до оцінювання функціонування екосистем.
3. Проаналізуйте роль моніторингу у збереженні природного капіталу та підтриманні екосистемних послуг.
4. Обґрунтуйте значення моніторингу для формування екологічно орієнтованої системи просторового планування.
5. Поясніть, чому екологічно необґрунтовані управлінські рішення часто є наслідком недостатності або фрагментарності моніторингових даних.
6. Проаналізуйте роль моніторингу у попередженні екологічних криз і підвищенні резильєнтності територій до кліматичних змін.
7. Поясніть, чому екосистемні послуги повинні розглядатися як один із ключових об'єктів сучасного моніторингу довкілля.
8. Обґрунтуйте необхідність інтеграції екологічних, просторових і соціально-економічних даних у процесі ухвалення управлінських рішень.
9. Проаналізуйте значення моніторингу для оцінювання ефективності природоохоронних та відновлювальних заходів.
10. Поясніть, чому у сучасних умовах моніторинг довкілля має розглядатися не лише як інформаційна система, а як фундаментальний механізм підтримки екологічно збалансованого розвитку територій.

ГЛОСАРІЙ



АНТРОПОГЕННА СИСТЕМА

така природна система (місцевість), у якій значних змін зазнали один або кілька природних компонентів внаслідок інтенсивної господарської діяльності людини, результатом якої стало створення «нових» форм земної поверхні (наприклад, кар'єрів), та в межах яких тісно переплітаються природні та соціально-економічні процеси, формуючи нову, змінену екосистему (наприклад, техногенну, агроландшафтну, транспортну, селищну та інші), що потребує особливого (цілеспрямованого) підходу до управління та збереження.

Ключовими характеристиками антропогенної системи є: а) взаємодія людини і природи (у вигляді тісного зв'язку природних компонентів та діяльності людини як підсистем); б) ступінь зміненості/трансформації (класифікований за глибиною, зворотністю та спрямованістю); в) нові властивості (відмінні від початкових природних компонентів).

АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ

ступінь прямого чи опосередкованого впливу людини та її господарської діяльності (виробництва, сільського господарства, будівництва, туризму та ін.) на компоненти довкілля: повітря, воду, ґрунти, рослинний і тваринний світ, призводячи до їх зміни та *деградації*.

Сукупність усіх дій людини, які змінюють природне середовище: від забруднення хімікатами до змін клімату.

АСИМІЛЯЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ

здатність природного середовища або екосистем поглинати, трансформувати чи нейтралізувати забруднювальні речовини без суттєвого порушення власної структури та функціонування.

БІОПРОДУКТИВНІСТЬ

здатність екосистем, біоценозів або окремих організмів утворювати органічну речовину в процесі життєдіяльності. Біопродуктивність характеризує інтенсивність біологічного

продукування та є важливим показником функціонального стану екосистем.

БІОРІЗНОМАНІТТЯ

різноманіття живих організмів на всіх рівнях організації життя, включаючи генетичне, видове та екосистемне різноманіття. Біорізноманіття є важливою умовою стійкості екосистем і підтримання їх функціонування.

БЛАКИТНІ ЛІНІЇ

(БЛАКИТНІ ЛІНІЇ ОБМЕЖЕННЯ ЗАБУДОВИ МІСТА)

визначені містобудівною документацією лінії обмеження висоти та силуету забудови, спрямовані на регулювання естетичних та історико-містобудівних якостей забудови. Введення таких ліній покликане формувати гармонійний вигляд міст, зберігаючи їх історичні панорами.

ГЕОСФЕРИ

основні оболонки Землі, сформовані внаслідок диференціації речовини планети та взаємодії природних процесів. До геосфер належать атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера та педосфера.

ДЕГРАДАЦІЯ

процес погіршення стану природних систем, ресурсів або компонентів довкілля, що супроводжується втратою їх функцій, стійкості, продуктивності чи екологічної цінності під впливом природних або антропогенних чинників.

ДОВКІЛЛЯ

- а) цілісна, ієрархічно організована система взаємопов'язаних елементів;
- б) сукупність природних, природно-антропогенних та соціально-економічних умов і факторів, що оточують людину, впливають на її життєдіяльність і визначають стан середовища її існування;

в) складна відкрита система, що характеризується структурою, функціями, динамікою, стійкістю, ієрархічністю та здатністю до змін під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

стан захищеності природного середовища, населення та господарської діяльності від екологічних загроз, ризиків і негативних наслідків антропогенного або природного походження.

ЕКОСИСТЕМИ

сукупності живих організмів та компонентів неживого середовища, які взаємодіють між собою через потоки речовини, енергії та інформації, формуючи єдину функціональну систему. Екосистеми забезпечують підтримання природних процесів, біорізноманіття та надання екосистемних послуг.

ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ

матеріальні та нематеріальні вигоди, які суспільство отримує від функціонування екосистем. До них належать забезпечувальні, регулюючі, культурні та підтримувальні послуги, що забезпечують умови життя та добробут населення.

ЖОВТІ ЛІНІЇ

(ЖОВТІ ЛІНІЇ ОБМЕЖЕННЯ ЗАБУДОВИ МІСТА)

визначені містобудівною документацією обмеження щодо максимального розповсюдження завалів житлової та громадської забудови, промислових, складських будівель, зруйнованих внаслідок надзвичайних ситуацій, та розміщених, як правило, вздовж магістральних вулиць, що забезпечують стає функціонування міста. Встановлюються для забезпечення оперативної евакуації населення у надзвичайних ситуаціях та безпеки людей.

ЗЕЛЕНІ ЛІНІЇ

(ЗЕЛЕНІ ЛІНІЇ ОБМЕЖЕННЯ ЗАБУДОВИ МІСТА)

визначені містобудівною документацією обмеження щодо меж озелених територій, що мають високу ландшафтно-рекреаційну, наукову, історичну та культурну цінність. Такі обмеження спрямовані на збереження цінних у ландшафтному розумінні озелених територій, збереження лісів, парків та інших видів зелених насаджень, а також на заборону будівництва у зелених зонах.

ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

система використання земельних ресурсів відповідно до природних умов, господарських потреб і суспільних цілей. Землекористування відображає характер, інтенсивність та просторову організацію використання території людиною.

ІНДУСТРІАЛІЗАЦІЯ

процес розвитку великого машинного виробництва, промисловості та технічної модернізації господарства, який супроводжується посиленням антропогенного впливу на довкілля та трансформацією природних систем.

ІНЖЕНЕРНО-ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА

комплекс інженерних, транспортних споруд і комунікацій.

КЕЙС

така вправа блоку завдань для самоконтролю та самоперевірки, яка вимагає системного мислення, поєднання знань кількох рівнів складності для аналізу комплексних проблем, інтеграції функцій, цілей і рівнів пізнання, а не фрагментарного аналізу.

ЛАНДШАФТ

природний чи антропогенний територіальний, або акваторіальний комплекс, генетично однорідна ділянка географічної оболонки з єдиними геологічним фундаментом, однотипним рельєфом, гідрокліматичним режимом, поєднанням ґрунтів і біоценозів та характерною морфологічною структурою.

МОНИТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

- а) система спостереження, оцінювання і прогнозування стану природних і природно-антропогенних систем та екосистем з метою виявлення тенденцій їх змін під впливом природних і антропогенних чинників;
- б) систематичне та довготривале вивчення природних процесів і антропогенних впливів у межах певних територій або екосистем;
- в) ключовий елемент системи екологічного управління;
- г) інструмент раннього попередження про небезпечні зміни у стані довкілля, забезпечення екологічної безпеки, раціонального природокористування та реалізації концепції сталого розвитку;
- д) система спостережень і аналізу, спрямована на виявлення та оцінку екологічних ризиків, інформаційне забезпечення управлінських рішень, прогнозування небезпечних процесів і запобігання екологічним катастрофам;
- е) комплексна багаторівнева система збору, інтеграції, аналізу та інтерпретації даних про стан довкілля з метою оцінювання його якості, прогнозування змін і управління екосистемними процесами;
- ж) міждисциплінарний науково-практичний інструмент, який поєднує фундаментальні знання про природні системи, просторово-аналітичні підходи, інформаційні технології та управлінські механізми; забезпечує системне розуміння стану довкілля, прогнозування змін і прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень.

ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

частина довкілля, сформована природними компонентами та процесами, які існують і функціонують незалежно або частково незалежно від господарської діяльності людини.

ПРИРОДНІ РЕСУРСИ

компоненти природи та природні процеси, які використовуються або можуть бути використані людиною для задоволення матеріальних, енергетичних, рекреаційних та інших потреб суспільства.

ПРИРОДНІ СИСТЕМИ

цілісні утворення, сформовані взаємодією компонентів природи (атмосфери, гідросфери, літосфери, біоти), які функціонують як взаємопов'язані структури, здатні до саморегуляції, розвитку та обміну речовиною й енергією. Природні системи можуть мати різний просторовий масштаб – від локальних екосистем до глобальної географічної оболонки.

ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННІ СИСТЕМИ

системи, у межах яких природні компоненти функціонують у тісній взаємодії з господарською діяльністю людини та антропогенними елементами середовища. Такі системи характеризуються поєднанням природних процесів і результатів людського впливу, що формує специфічні умови їх функціонування, розвитку та, як наслідок, структури.

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

процес використання природних ресурсів, природних умов та властивостей довкілля для задоволення потреб суспільства. Природокористування охоплює господарське освоєння територій, використання ресурсів і вплив людини на природне середовище.

СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (DECISION SUPPORT SYSTEMS, DSS)

Інформаційно-аналітичні системи, що інтегрують дані моніторингу, моделі прогнозування та аналітичні інструменти для обґрунтування управлінських рішень у сфері природокористування та охорони довкілля. Такі системи забезпечують обробку, інтеграцію та аналіз даних моніторингу довкілля з використанням математичних моделей, геоінформаційних технологій та прогнозних інструментів. DSS застосовуються для обґрунтування управлінських рішень у сфері природокористування, екологічної безпеки та планування сталого розвитку територій.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК

концепція розвитку суспільства, що передбачає збалансоване поєднання економічних, соціальних та екологічних складових із метою задоволення потреб сучасного покоління без загрози для можливостей майбутніх поколінь задовольняти власні потреби.

СЦЕНАРНИЙ АНАЛІЗ

Мисленнєвий експеримент, який дає змогу розширити межі звичного бачення. Як результат, продумується кілька ймовірних результатів разом із низкою подій, які можуть потенційно привести до бажаної цілі/запланованого результату.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АППАРАТ

сукупність наукових підходів, принципів, концепцій, методів, категорій і термінів, які формують основу дослідження певного явища або наукового напрямку та визначають логіку його пізнання.

ТЕРИТОРІЯ

Частина земної поверхні у визначених просторових межах із властивими їй географічним положенням, природними та створеними діяльністю людини умовами та ресурсами, а також із повітряним простором та надрами.

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНЕ (ЕКОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ)

діяльність органів влади, установ, організацій та інших суб'єктів, спрямована на регулювання взаємодії суспільства і природи, забезпечення охорони довкілля, екологічної безпеки та збалансованого розвитку територій.

УПРАВЛІННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯМ

система організаційних, економічних, правових та управлінських заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів, запобігання їх деградації та забезпечення екологічної безпеки.

УРБАНІЗАЦІЯ

процес зростання ролі міст у розвитку суспільства, збільшення чисельності міського населення, розширення міських територій та поширення міського способу життя, що супроводжується зміною природного середовища та структури землекористування.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ЗОНА ТЕРИТОРІЇ

Визначена комплексним планом просторового розвитку території територіальної громади, генеральним планом населеного пункту, планом зонування території частина території територіальної громади, щодо якої визначений певний набір дозволених (переважних (основних) та супутніх) видів цільового призначення земельних ділянок та відповідно до законодавства встановлені обмеження у використанні земель у сфері забудови.

ЧЕРВОНІ ЛІНІЇ

Визначені в містобудівній документації відносно пунктів геодезичної мережі межі існуючих та запроєктованих вулиць, доріг, майданів, які відмежовують території мікрорайонів, кварталів та території іншого призначення.

РЕКОМЕНДОВАНІ ТА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА



УКРАЇНОМОВНІ ДЖЕРЕЛА

1. Андрейчук Ю.М., Ямелинець Т.С. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі. Львів: Простір-М, 2015. 284 с.
2. Антропогенне навантаження. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. / уклад. О.Г. Лановенко, О.О. Остапішина. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. С. 9.
3. Анісімова С.В., Оковита Ю.С. Еколого-економічна оцінка екосистемних послуг лісу на прикладі ДП «Вовчанське лісове господарство». Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2022. № 97. С. 114–121. DOI: <http://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.97.0.114>
4. Бахіреєв О.М. Геоінформаційні системи та екологічний моніторинг: навчальний посібник. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2020.
5. Байрак Г. Зміни русел малих рік в контексті змін лісистості їхніх басейнів (на прикладі р. Підбуж Старосамбірського району). Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: зб. наук. праць. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2016. С. 18–31.
6. Байрак Г., Муха Б. Дистанційні дослідження Землі: навч. посібник. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2010. 712 с.
7. Байрак Г.Р. Аналіз рельєфу і природокористування рівнин заходу України за аерокосмічними даними. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 296 с.
8. Байрак Г.Р. Комп'ютерне моделювання ерозійно-аккумулятивних процесів водотоків Українських Карпат / Г.Р. Байрак, І. Муха. Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій: зб. наук. праць. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2014. С. 3–9.

9. Байрак Г.Р. Можливості ГІС для відображення характеристик рельєфу і проявів сучасної екзодинаміки. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2014. Вип. 19. С. 3–6.
10. Бідолах Д.І., Василюшин Р.Д., Миронюк В.В., Кузьович В.С., Підховна С.М. Оцінювання екосистемних послуг зелених насаджень з використанням інструменту i-Tree Eco. Scientific Bulletin of UNFU. 2023. Vol. 33(2). Р. 7–13. DOI: <https://doi.org/10.36930/40330201>
11. Богобоящий В.В., Курбанов К.Р., Палій П.Б. Принципи моделювання та прогнозування в екології: підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 216 с.
12. Боголюбов В.М., Клименко М.О., Монін В.Б. та ін. Моніторинг довкілля: підручник / за ред. В.М. Боголюбова, Т.А. Сафранова. Херсон: Грінь Д.С., 2011. 530 с.
13. Бурда Р.І. Біологічний моніторинг. Методичні вказівки до проведення практичних робіт для студентів вищих аграрних закладів освіти III–IV рівнів акредитації зі спеціальності 7.070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища». Київ: НАУ, 2001. 27 с.
14. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд. Київ: БО «БФ «Фонд захисту біорізноманіття України», 2020. 84 с.
15. Вижва С.А. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів. Київ: Обрії, 2004. 236 с.
16. Гавадзин Н.О., Мельничук І.В. Удосконалення інструментарію здійснення функцій екосистемних послуг. Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. 2020. Вип. 41. С. 215–219. DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastruct41-35>
17. Головне управління держземкадастру у м. Києві. URL: <https://kyiv.land.gov.ua/>
18. Головне управління статистики у м. Києві. URL: <http://www.kyiv.ukrstat.gov.ua/>

-
19. Гродзинський М.Д., Савицька О.В. Ландшафтознавство: навчальний посібник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 319 с.
 20. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування.
 21. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>
 22. Державні будівельні норми України. Планування та забудова територій. ДБН Б.2.2-12:2019. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00017>
 23. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. Київ: Т-во «Знання», КОО, 2000. 203 с.
 24. Екологічний моніторинг довкілля. URL: <http://www.menr.gov.ua/monitoring>
 25. Закон України «Про Генеральну схему планування території України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3059-14>
 26. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Київ: Мінекобезпеки, 1991. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
 27. Закон України «Про планування і забудову територій». URL: https://ips.ligazakon.net/document/t001699?an=1369&ed=2006_12_12
 28. Заставецька О.В. Комплексний соціальний і економічний розвиток території: теоретичні і методичні основи дослідження. Тернопіль, 1997. 233 с.
 29. Інвентаризація земель. URL: <https://www.kievzem.com.ua/service/inventoryzatsiia-zemel/>
 30. Інститут регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України. URL: <http://ird.gov.ua>
 31. Інтерактивна мапа забудов. URL: <https://azuz.org.ua/press/vidstani-mizh-budynkami-ta->
-

[sporudamy-vidstani-do-mezh-dilyanok-protypozhezhni-ta-inshi-2021/](#)

32. Ісаєнко В.М., Лисиченко Г.В., Дудар Т.В. та ін. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навчальний посібник. Київ: НАУ-друк, 2009. 312 с.
33. Іщук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: навч. посібник / за ред. Д.М. Гродзинського. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2003. 200 с.
34. Колтачихіна О.Ю. Ноосферні ідеї В.І. Вернадського та сучасні космологічні моделі Всесвіту. Наука та наукознавство. 2012. № 3. С. 68–78.
35. Ковальчук І.П. Гідроекологічний моніторинг: навч. посібник / І.П. Ковальчук, Л.П. Курганевич. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 254 с.
36. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Ін-т українознавства, 1997. 440 с.
37. Ковальчук І.П. Стаціонарні, напівстаціонарні та експериментальні дослідження ерозійних процесів. Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1992. 72 с.
38. Кузнєцова А., Удовиченко В.В. Моніторинг та управління побутовими відходами у селищі Нова Прага: від несанкціонованих сміттєзвалищ до сучасних рішень. Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів. 2024. Вип. 5. № 1. С. 64–73. DOI: <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2024.5.1.-8/12>
39. Лаврик В.І. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Київ: Академія. 400 с. URL: <http://academia-pc.com.ua/product/212>
40. Лелеченко А.П. Механізми державного регулювання сфери екосистемних послуг у контексті забезпечення переходу на засади сталого розвитку. Ефективність державного

- управління. 2020. Вип. 1(62). Ч. 2. С. 213–227. DOI: <https://doi.org/10.33990/2070-4011.62.2020.205833>
41. Мішенін Є.В., Дегтярь Н.В. Економіка екосистемних послуг: теоретико-методологічні основи. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2015. № 2. С. 243–257.
42. Моніторинг довкілля: навч.-метод. посібник. Київ: РВЦ Київ. ун-ту, 1998. 99 с.
43. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. URL: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi>
44. Основні правила забудови і норми для земельної ділянки: під ІЖС, в селі, відстань між будинками-огляд + відео. Знаю.УКР. URL: <https://xn--80ans3e.xn--j1amh/osnovni-pravila-zabudovi-i-normi-dlya-zemelnoi-dilyanki-pid-%D1%96js-v-seli-vidstan-mij-budinkami-oglyad-video>
45. Палієнко В.П., Спиця Р.О. Методи вивчення динаміки рельєфу. Морфоструктурно-неотектонічний аналіз території України. Київ: Наук. думка, 2013. С. 53–57.
46. Платформа розвитку міст. URL: <http://urbanua.org/ideyi-i-proekty/derzhavni-proekty/80>
47. Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п>
48. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Положення про державну систему моніторингу довкілля». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>
49. Прищепя А.М. Екосистемні послуги зелених насаджень урбосистем. Наукові доповіді НУБіП України. 2019. № 1(77). 12 с. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.004>
50. Просторове планування в Україні: сучасний стан та перспективи. URL: <https://hromady.org/wp->

[content/uploads/2020/01/Prezentacija_Kryshtop_16.01.2020.pdf](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2020/01/Prezentacija_Kryshtop_16.01.2020.pdf)

51. Розроблення науково-методичних засад щодо оцінки екосистемних послуг з врахуванням необхідності виконання рішень міжнародних природоохоронних договорів. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/Prezentatsiya-zvitu-Poslугy-ekosystem-04-12-2019-V1-1.pdf>
52. Рома В.В., Степова О.В. Моніторинг довкілля: навчальний посібник. Полтава, 2016. URL: <https://surl.li/hyrliv>
53. Самойленко В.М. Математичне моделювання в геоекології: навчальний посібник (електронна версія). Київ: ВПЦ «Київський університет», 2003. 233 с.
54. Самойленко В.М., Діброва І.О. Імовірнісні методи в геоекології та аналізі сервісів довкілля: підручник-монографія (електронна версія). Київ: Ніка-Центр, 2025. 372 с.
55. Самойленко В.М., Діброва І.О. Навчально-методичний комплекс з дисципліни «Природничо-географічне моделювання»: навчально-методичний посібник (електронна версія). Київ: ТОВ «ДІА», 2023. 57 с.
56. Самойленко В.М., Діброва І.О. Природничо-географічне моделювання: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2019. 320 с.
57. Сидоренко В.К., Дмитренко П.В. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Київ: РННЦ «ДІНІТ», 2000. 259 с.
58. Симоновська М. Вивчення динаміки ярів напівстаціонарними методами. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2003. Вип. 29. С. 153–162.
59. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання: навч.-метод. посібник для самостійного вивчення дисципліни. Київ: КНЕУ, 1999. 208 с.
60. Стракович Г.О., Удовиченко В.В. Моніторинг біорізноманіття транскордонних природоохоронних

- територій Єврорегіону «Верхній Прут». Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів. 2025. Вип. 6. № 1. С. 40–52. DOI: <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2025.6.1.-5/11>
61. Сучасна динаміка рельєфу України / В.П. Палієнко, А.В. Матошко, М.Є. Барщевський та ін. Київ: Наук. думка, 2005. 267 с.
62. Тимченко О.М. Моніторинг та прогноз руйнування схилів автомобільної дороги Сімферополь–Ялта–Севастополь. Наукові нотатки. 2014. Вип. 45. С. 546–552.
63. Удовиченко В. Природно-антропогенні системи як об'єкт планування території. Часопис соціально-економічної географії. 2015. Вип. 19(2). С. 25–29. DOI: <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2015-19-04>
64. Удовиченко В. Регіональне ландшафтне планування: теорія, методологія, практика: монографія. Київ: Прінт-Сервіс, 2017. 617 с.
65. Удовиченко В.В. Методи комплексних географічних досліджень: навчально-методичний комплекс. Київ: Літвін, 2009. 100 с.
66. Указ Президента України «Про пріоритетні завдання у сфері містобудування». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/422/97>
67. Фурдичко О.І., Дребот О.І., Кучма Т.А., Ільєнко Т.В. Оцінювання екосистемних послуг лісів за даними дистанційного зондування Землі. Агроекологічний журнал. 2019. № 4. С. 6–16.
68. Цехмістрова Г.С. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2003. 240 с.
69. Шашула Л.О., Сакаль О.В., Третяк Н.А. Плата за екосистемні послуги в Україні: пріоритетні напрями активізації. Механізм регулювання економіки. 2019. № 2. С. 6–16.

70. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: підручник. Київ: Знання-прес, 2002. 295 с.

АНГЛОМОВНІ ДЖЕРЕЛА

71. European Landscape Convention. Council of Europe. URL: <https://rm.coe.int/CoERMPublicCommonSearchServices/DisplayDCTMContent?documentId=09000016802f3fc0>
72. Fraker H. Vauban, Freiburg, Germany. In: The Hidden Potential of Sustainable Neighborhoods. Washington, DC: Island Press, 2013. DOI: https://doi.org/10.5822/978-1-61091-409-3_5
73. Ilin M.V., Shpylova Y.B. Algorithm of implementation of ecosystem services evaluation methods. Економіка та суспільство. 2022. Vol. 35. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-35-3>
74. Kirstie A. Fryirs, Brierley G.J. Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape. Australia, New Zealand: Wiley-Blackwell, 2013. 369 p.
75. Lee S., Ryu J.-H., Min K., Won J.-S. Landslide Susceptibility Analysis Using GIS and Artificial Neural Network. Earth Surface Processes and Landforms. 2003. Vol. 28. P. 1361–1376.
76. Monitoring Cascade Volcanoes. URL: https://volcanoes.usgs.gov/observatories/cvo/cvo_monitoring.html
77. Prykhodko M.M., Arkhypova L.M., Horal L.T., Kozhushko S.P. Concept of ecosystem services and its implementation in Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2020. Vol. 29(2). P. 387–397. DOI: <https://doi.org/10.15421/112034>
78. Samoilenko V., Dibrova I. Assessment of Landscape Anthropization: Textbook (electronic version). Kyiv: Nika-Tsentr, 2023. 320 p.

-
79. Soloviy I.P., Burda Y.A. Methodological features of forest ecosystem services assessment within protected areas. Scientific Bulletin of UNFU. 2021. DOI: <https://doi.org/10.36930/40320306>
 80. Sova L.O. Оцінювання екосистемних послуг поверхневих вод України в еколого-економічному вимірі. Агроекологічний журнал. 2023. № 2. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283695>
 81. Total Environment Simulator at The Deep. URL: <http://www2.hull.ac.uk/science/geography/research/deep.a.spx>
 82. Udovychenko V. Geospatial modelling and monitoring the basin landscape territorial structure for land use conflicts assessment. 15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2021. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2020>
 83. Udovychenko V. Monitoring the nexus between forest loss, land cover dynamics, and climatic changes by GEE GIS facilities for the landscape planning implementation. 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2022. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580037>
 84. Udovychenko V. Monitoring the potential of the ecosystems by GIS facilities for the sustainable development of the tourist and recreational destination's attractiveness. XVII International Scientific Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2023. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520101>
 85. Udovychenko V. Monitoring the consequences of military aggression in Ukraine using GIS and RS: landscape studies for territory restoration needs and spatial planning tools implementation. International Geographical Congress (IGC-2024), Dublin, Ireland, 2024. URL:
-

<https://virtual.oxfordabstracts.com/#/event/5117/submission/1289>

86. United Nations Environment Programme (UNEP). URL: <https://www.unep.org/>
87. Vyshenska I.H., Melnyk Ye.Ye. Оцінювання регуляторних екосистемних послуг зелених насаджень в урбоекосистемах. Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія. 2024. Vol. 7. Р. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2024.7.42-52>
88. Wohl E. Rivers in the Landscape: Science and Management. Wiley-Blackwell, 2014. 330 p.
89. World Meteorological Organization (WMO). URL: <https://wmo.int/>

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ



УДОВИЧЕНКО Вікторія Віталіївна

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС

Друкується у авторській редакції

Літературний редактор,
коректор
Комп'ютерна верстка
Дизайн обкладинки

В. В. Удовиченко
В. В. Удовиченко
В. В. Удовиченко

Підписано до друку 29.05.2026 р. Формат 60х90/16.
Папір крейдований. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 20,63. Зам. №6/2.
Наклад 100 прим.

Видавець Бихун В.Ю.
вул. Леонтовича, 9, к. 18, м. Київ, 01054.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і
розповсюджувачів видавничої продукції.
ДК №5366 від 26.06.2017 р.
моб.: +38 050 310-22-04
e-mail: lk@ukr.net

