

# ***Фактори, індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу довкілля***

*Лекція 1-2*



## Моніторинг довкілля в сучасному розумінні можна розглядати як аналітично-інформаційну систему, яка охоплює такі основні напрями:

1. спостереження за станом довкілля і за факторами, які впливають на окремі елементи довкілля;
2. оцінювання та аналіз фактичного стану всіх складових довкілля;
3. прогнозування стану довкілля і оцінювання цього стану;
4. забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

Таким чином, **система моніторингу довкілля** – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Узагальнена **класифікація можливих систем (підсистем) моніторингу** наведена у табл. 1.1. В усіх системах блок спостереження за станом навколишнього середовища повинен забезпечувати спостереження як за джерелами антропогенного впливу і станом елементів біосфери, так і за зміною їх структурних і функціональних показників (у тому числі за відгуками живих організмів на різні впливи).

**Таблиця 1.1 – Узагальнена схема класифікації систем моніторингу**

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

При цьому необхідно попередньо отримати дані про початковий (фоновий) стан всіх складових біосфери, що його забезпечує система фонового або базового моніторингу.

Кожна система моніторингу довкілля, в залежності від її призначення, має свої **об'єкти дослідження**, але існує декілька загальних підходів щодо визначення цих об'єктів в цілому. Наведемо три з них.

**1. Класифікація систем моніторингу в контексті спостережень.** Виділяють **5 розділів** спостережень – від локальних джерел і факторів впливу на довкілля до впливу змін стану довкілля на здоров'я і добробут населення (табл. 1.2). Спостереження за локальними джерелами впливів і забруднень та за факторами впливів виділені у спеціальний розділ (розділ **А**). Такі джерела можуть бути природними (виверження вулканів) і антропогенними (викиди промислових підприємств; сільськогосподарські джерела – тваринницькі ферми і поля після внесення хімічних добрив та засобів для боротьби зі шкідниками рослин; повітряний водний та наземний транспорт тощо).

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

## **Таблиця 1.2 – Класифікація реакцій природних систем, джерел і факторів впливу, які повинні бути охоплені системою моніторингу (Ізраель, 1984)**

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

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

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

Фізико-географічні дані, включаючи дані про розподіл суші та води, рельєф поверхні земної кулі, природні ресурси (мінеральні, земельні, рослинні, водні, ресурси фауни), народонаселення, урбанізацію тощо, також надають важливу інформацію про стан природного навколишнього середовища.

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

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

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

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

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

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



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

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

## 2. Система екологічного моніторингу в контексті екологічного менеджменту.

Місце моніторингу у системі екологічного менеджменту показано на рисунку 1.4.

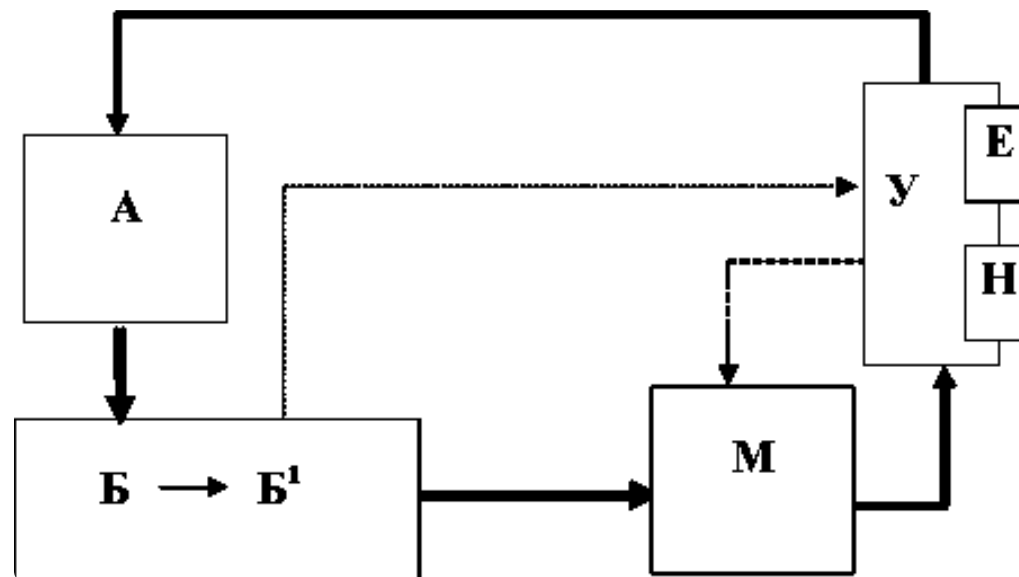


Рисунок 1.4 - Блок-схема системи екологічного менеджменту (Ізраель, 1984)

На схемі наведено умовно об'єднані енергетичні та інформаційні потоки. Елемент біосфери з рівнем стану **Б** під дією антропогенного впливу (**А**) змінює свій стан **Б** → **Б<sup>1</sup>**. За допомогою системи моніторингу (**М**) отримується «фотокартка» цього зміненого (а, за можливості, і початкового) стану, виконується узагальнення даних, аналіз та оцінювання фактичного та прогнозованого стану. Ця інформація передається в блок управління (**У** - блок прийняття рішень). На підставі цієї інформації, в залежності від рівня науково-технічних розробок (**Н**), економічних можливостей (**Е**) та з урахуванням еколого-економічних оцінок, приймаються рішення з обмеження або припинення антропогенного впливу для профілактичного «зміцнення» або послідовного «лікування» даного елементу біосфери.

## ***Індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу довкілля***

При здійсненні моніторингу стану біосфери необхідно організувати досить представницьку мережу спостережень (вимірювань) за найбільш важливими факторами впливу і показниками стану навколишнього природного середовища. В залежності від конкретної задачі моніторингу ці фактори і показники можуть бути різними.

При визначенні індикаторів та показників слід шукати компроміс між достовірністю і доступністю інформації. При цьому втрати інформації мають бути мінімальними, а сам показник повинен забезпечувати: – інформативність, реальність і можливість практичної реалізації; – спрощення інформації таким чином, щоб допомогти уповноваженим особам приймати обґрунтовані рішення, а громадськості – зрозуміти проблему.

Показники спрощують складну реальність і є «вижимкою» інформації, отриманої в процесі добору та аналізу даних моніторингу. Більшість екологічних показників слід розглядати у нерозривному взаємозв'язку між собою.

Як правило, показники розробляють для:

- допомоги у виробленні оптимальної екологічної політики;
- порівняння країн та регіонів;
- формування розуміння проблеми; вивчення взаємозв'язку з діяльністю промисловості, причинно-наслідкових зв'язків та синергізму.

Таким чином, критерії вибору показників повинні враховувати і їх політичне значення. В Європейській агенції з навколишнього середовища (ЄАНС; *англ.* – EEA) виділяють п'ять типів інтегральних показників.

**Описові показники (A).** Наприклад, частка органічного землеробства на всіх сільгоспугіддях, %.

**Показники виконання (B)** – показники, що характеризують хід виконання намічених цілей (викиди парникових газів).

**Показники ефективності (C)** – показники, що характеризують екологічну ефективність, наприклад, рівень викидів на одиницю ВВП.

**Показники політичної ефективності (D)** – показники, що характеризують зв'язок змін навколишнього середовища з політичними заходами (реагування).

**Сумарні показники добробуту (E)** – показники, що характеризують розвиток суспільства, наприклад, показники сталого розвитку. Виходячи з основних задач системи моніторингу довкілля, необхідно, насамперед знаходити фактори, які призводять до найбільш серйозних, довгострокових змін у навколишньому середовищі (і джерела таких збурень), а також виявляти елементи біосфери, найбільш чутливі до таких збурень, або критичні ключові елементи, пошкодження яких може призводити до гибелі екосистем. Необхідно відмітити, що визначення пріоритетів для підсистем моніторингу при вирішенні різних задач може призвести до різних результатів для одного і того ж фактора збурення. Наприклад, збитки від збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері для деяких екосистем незначні, а в багатьох випадках збільшення CO<sub>2</sub> навіть корисне – воно сприяє збільшенню продуктивності рослин. З іншого боку, накопичення CO<sub>2</sub> призводить до парникового ефекту і можливих змін клімату з різними негативними наслідками для біосфери.

На першій нараді з моніторингу в Найробі (1974 р.) було розроблено метод, вибрано критерії та визначено пріоритетність різних забруднювальних речовин (табл. 1.3). Знайдені пріоритети було розбито на вісім класів (чим вищий клас, тобто менший його порядковий номер, тим вищий пріоритет) з визначенням середовища і типу програми вимірювань («І» — імпактний, «Р» — регіональний, «Б» — базовий і «Г» — глобальний).

**Таблиця 1.3 – Класифікація пріоритетних забруднювачів за класами пріоритетності (Ізраель, 1984)**

Клас	Забруднювальна речовина	Середовище	Тип програми
1	Діоксид сірки, завислі частинки Радіонукліди ( $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ )	Повітря Їжа	І, Р, Б І, Р
2	Озон  ДДТ та інші хлорорганічні сполуки Кадмій та його сполуки	- тропосфера - стратосфера Біота Їжа, вода	І Б І, Р І
3	Нітрати, нітрити Оксиди азоту	Питна вода, їжа Повітря	І І
4	Ртуть та її сполуки Свинець Діоксид вуглецю	Їжа, вода Повітря, їжа Повітря	І, Р І Б
5	Оксид вуглецю Нафтовуглеводні	Повітря Морська вода	І Р, Б
6	Фториди	Свіжа вода	І
7	Азбест Арсен (миш'як)	Повітря Питна вода	І І
8	Мікротоксини Мікробіологічні зараження Реакційноспроможні забруднення	Їжа Їжа Повітря	І, Р І, Р І

Якщо говорити про спостереження за **територіями**, то найвищий пріоритет мають міста та зони, з яких беруть питну воду. Серед **середовищ** вищий пріоритет мають атмосферне повітря та вода прісних водойм (особливо малопроточних). Для **повітря** найважливішими інгредієнтами є пил, оксиди сірки, вуглецю та азоту, важкі метали, бенз(а)пірен та пестициди. Для **води** – біогенні продукти, феноли та нафтопродукти. Серед **джерел забруднень** найвищий пріоритет мають автомобільний транспорт, ТЕС, підприємства кольорової металургії тощо.

Моніторинг охоплює спостереження за джерелами і факторами антропогенного впливу – хімічними, фізичними (випромінювання, механічні дії) та біологічними, а також за ефектами, які викликають різні дії у навколишньому середовищі, в першу чергу за реакцією біологічних систем. Особливо поширеними вважаються *інтегральні* показники стану природних систем.

***Інтегральними показниками, які характеризують зміни в екологічній рівновазі, вважають такі:***

- збалансованість біологічної продуктивності (відношення первинної біологічної продуктивності до вторинної);
- швидкість утворення біологічної продукції (відношення біопродуктивності до загальної біомаси);
- інтенсивність кругообігу біогенних речовин.



При організації спостережень за зміною стану екосистем необхідно, в першу чергу, приділяти увагу можливим порушенням і перебудовам в умовах ведення лісового господарства, землеробства та тваринництва.

Для здійснення моніторингу антропогенних змін природного середовища необхідно визначити найбільш представницькі види ознак і відгуків в екосистемі. Для цього необхідно вивчити характер відгуків елементів біосфери на збурення як за допомогою натурних, так і лабораторних експериментів, математичного моделювання та аналізу результатів польових спостережень.

Нижче наведено деякі правила підбору показників для контролю за станом біологічних систем:

- необхідно відбирати показники, що їх відносять тільки до процесів з гомеостатичними механізмами;
- необхідно надавати перевагу показникам, які характеризують неспецифічний відгук на збурювальний фактор;
- необхідно надавати перевагу інтегральним показникам.

Проведені дослідження свідчать, що основну частку забруднень атмосферного повітря (до 85%) становлять діоксид сірки, пил, оксид вуглецю та оксиди азоту. Решта припадає на частку специфічних речовин, пов'язаних з роботою окремих галузей промисловості. Вони присутні у повітрі відносно невеликої кількості населених пунктів, де розміщено такі підприємства. До таких речовин відносять сірковуглець, хлор, сірководень, аміак, сполуки фтору, вуглеводень. Під час моніторингу необхідно передбачати також проведення вимірювань, які характеризують стан середовища (мутність атмосфери, рН водного середовища), спостереження за рядом гідрометеорологічних величин, достатніх для інтерпретації питань переносу, розсіювання та міграції забруднювальних речовин, сонячної радіації (в тому числі ультрафіолетового випромінювання).

Значною проблемою є забруднення повітря великих міст бенз(а)піреном – у деяких містах максимальні концентрації досягають 0,4– 0,7 мкг/м<sup>3</sup>. Особливе місце займають важкі метали – концентрації свинцю в повітрі багатьох міст досягають значних величин (до 4,5 мкг/м<sup>3</sup>).

Основним джерелом забруднення відкритих водойм суші є стічні води різних промислових підприємств, стоки комунальних господарств міст та поверхневі сільськогосподарські стоки. У воді річок, озер та водосховищ спостерігаються нафтопродукти, феноли, залізо, мідь, цинк, важкі метали та інші шкідливі речовини.