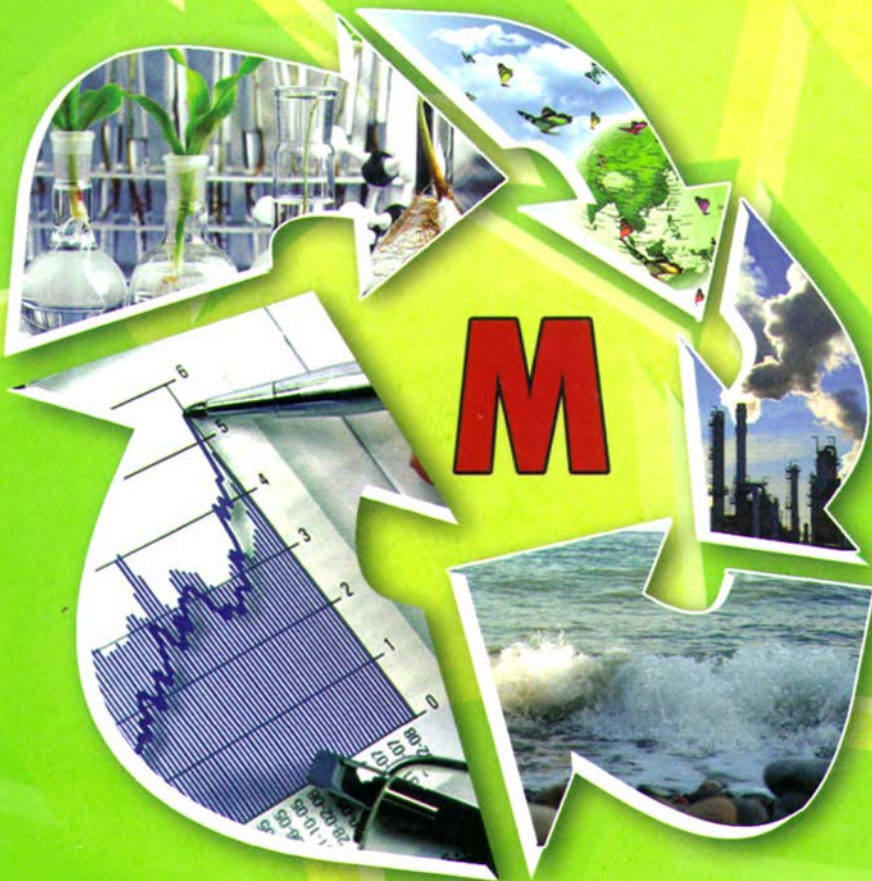


# МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

підручник



ОБС'ЯЗКОВИЙ ПРИМІРНИК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

# МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

Підручник

За редакцією В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова

Стереотипне видання

ОЛДІПІЮФ

2020

НАЦІОНАЛЬНА 3  
НАУКОВА МЕДИЧНА  
БІБЛІОТЕКА УКРАЇНИ  
01033, м.Київ, вул.Л.Толстого, 7

636424

**ББК 28.081**  
**М 77**  
**УДК 504.06**

*Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник  
для вищих навчальних закладів (лист № 1.4 18-Г'-1800 від 24.10.2007 р.).*

**Рецензенти:**

- Довгань І.В.** – доктор хімічних наук, професор, завідувачий кафедрою хімії і екології Одеської державної академії будівництва і архітектури
- Лаврик В.І.** – доктор технічних наук, професор кафедри екології Національного університету „Києво-Могилянська академія”
- Ларченков Є.П.** – доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувачий кафедрою загальної і морської геології Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова
- Мельничук М.Д.** – доктор біологічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту охорони природи і біотехнологій Національного аграрного університету України

**ISBN 978-966-2660-04-3**

Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., М 77 Мокін В.Б. та ін.]; за ред. В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова. – Стереотип. вид. – Херсон : Олді-Плюс, 2020. – 530 с.

У підручнику грунтовно викладені теоретичні і практичні аспекти моніторингу, описані особливості організації різних рівнів системи моніторингу довкілля, а також розглянуто сучасні методи і засоби моніторингових досліджень. Висвітлені методичні основи організації спостережень та проведення аналізу забруднення атмосфери, поверхневих, підземних та морських вод, ґрунтового покриву та геологічного середовища. Вперше наведена характеристика таких видів моніторингу як соціально-екологічний, еколого-гігієнічний та ін. Авторами зроблена спроба детальної класифікації різновидів моніторингу довкілля. Вперше велика увага приділена застосуванню в системі екологічного моніторингу дистанційних методів зондування Землі та геоінформаційних систем і технологій, а також основам екологічного картографування.

Розрахований на студентів екологічних, технічних та інших спеціальностей ВНЗ України, а також на широке коло читачів.

**УДК 504.06**  
**ББК 28.081**

**ISBN 978-966-2660-04-3**

© Боголюбов В. М.,  
Клименко М. О.,  
Мокін В. Б. та ін., 2020

## ЗМІСТ

---

<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>
<b>Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Основні поняття і визначення.....</b>	<b>13</b>
1.1.1. Історичні аспекти формування поняття «моніторинг довкілля» .....	13
1.1.2. Етапи формування моніторингу довкілля як системи .....	14
<b>1.2. Класифікація систем моніторингу довкілля.....</b>	<b>16</b>
1.2.1. Підходи до визначення об'єктів моніторингу довкілля.....	18
1.2.2. Фактори, індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу довкілля .....	23
<b>1.3. Державна програма моніторингу довкілля України.....</b>	<b>28</b>
1.3.1. Суб'єкти державної системи моніторингу довкілля .....	34
1.3.2. Функціонування державної системи моніторингу довкілля .....	38
1.3.3. Взаємовідносини суб'єктів державної системи моніторингу довкілля .....	40
<b>1.4. Досвід організації систем екологічного моніторингу в зарубіжних країнах.....</b>	<b>43</b>
1.4.1. Організація моніторингових досліджень в Росії .....	43
1.4.2. Організація моніторингових досліджень атмосферного повітря.....	45
1.4.3. Системи моніторингових досліджень поверхневих вод.....	52
1.4.4. Стан робіт з організації моніторингу ґрунтів .....	61
<b>1.5. Реєстр викидів і переносу забруднювачів – як елемент системи моніторингу.....</b>	<b>71</b>
<b>Питання до семінарських занять.....</b>	<b>76</b>
<b>Розділ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЗА СКЛАДОВИМИ БІОСФЕРИ.....</b>	<b>78</b>
<b>2.1. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря.....</b>	<b>78</b>
2.1.1. Джерела забруднення атмосферного повітря.....	82
2.1.2. Категорії, розміщення і кількість постів спостережень.....	86
2.1.3. Програма і методи спостережень .....	88
2.1.4. Періодичність і кількість спостережень .....	90
2.1.5. Принципи вибору забруднювальних речовин для контролю їх вмісту в атмосфері .....	92
2.1.6. Методи відбору проб атмосферного повітря .....	95

2.1.7. Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря .....	100
2.1.8. Проведення підфакельних спостережень .....	101
2.1.9. Збирання і обробка результатів хімічних аналізів.....	102
2.1.10. Організація безперервної реєстрації забруднень атмосферного повітря.....	104
<b>2.2. Моніторинг поверхневих вод суші .....</b>	<b>105</b>
2.2.1. Джерела і види забруднень поверхневих вод .....	106
2.2.2. Організація системи моніторингу водних середовищ .....	111
2.2.3. Пункти спостережень і контрольні створи.....	113
2.2.4. Програми спостережень .....	118
2.2.5. Методи та терміни відбору проб .....	120
2.2.6. Гідробіологічні спостереження за якістю води та донними відкладами .....	123
2.2.7. Інтегральні показники оцінки якості води .....	128
2.2.8. Моніторинг у сфері питної води та питного водопостачання.....	132
<b>2.3. Особливості моніторингу морських вод і вод океанів.....</b>	<b>134</b>
2.3.1. Джерела і види забруднення океанів та морів .....	134
2.3.2. Пункти і програми спостережень за забрудненням морського середовища .....	136
2.3.3. Суб'єкти та об'єкти моніторингу морських вод в Україні .....	139
<b>2.4. Моніторинг геологічного середовища .....</b>	<b>141</b>
2.4.1. Особливості геологічного середовища.....	141
2.4.2. Показники техногенного порушення геологічного середовища .....	141
2.4.3. Загальна структура моніторингу геологічного середовища.....	145
2.4.4. Методи вивчення техногенних змін геологічного середовища .....	145
2.4.5. Стадії проведення еколого-геологічних досліджень.....	147
<b>2.5. Особливості організації моніторингу ґрунтів .....</b>	<b>148</b>
2.5.1. Техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу .....	150
2.5.2. Джерела і види деградації ґрунтів.....	153
2.5.3. Показники техногенного порушення і забруднення ґрунтового шару .....	155
2.5.4. Організація спостережень за рівнем забруднення ґрунтів .....	159
<b>Питання для семінарських занять .....</b>	<b>167</b>
<b>Розділ 3. ОСОБЛИВІ ВИДИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ .....</b>	<b>172</b>
<b>3.1. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища .....</b>	<b>174</b>
3.1.1. Головні задачі і напрями глобального моніторингу .....	174
3.1.2. Міжнародні програми системи глобального моніторингу .....	178
<b>3.2. Особливості організації фонових моніторингу.....</b>	<b>181</b>

<b>3.3. Кліматичний моніторинг та його завдання.....</b>	<b>185</b>
3.3.1. Спостереження за основними кліматичними показниками .....	186
3.3.2. Пріоритетність і точність вимірювань.....	190
3.3.3. Супутниковий кліматичний моніторинг .....	192
<b>3.4. Організація радіаційного моніторингу.....</b>	<b>193</b>
3.4.1. Особливості система радіоекологічного моніторингу «ГАММА» ....	196
3.4.2. Методи радіоекологічного моніторингу сільськогосподарських територій.....	198
<b>3.5. Особливості біотичного моніторингу .....</b>	<b>199</b>
3.5.1. Проведення біоіндикації за допомогою рослин .....	199
3.5.2. Проведення біоіндикації за допомогою тварин.....	205
<b>3.6. Еколого-гігієнічний моніторинг .....</b>	<b>206</b>
3.6.1. Обстеження земель навколо підприємств та поблизу автомобільних трас.....	209
3.6.2. Відбір проб ґрунтів для цитогенетичних досліджень .....	209
3.6.3. Оцінка токсико-мутагенного фону атмосферного повітря .....	210
3.6.4. Оцінка токсико-мутагенного фону ґрунтів та водних джерел.....	214
3.6.5. Оцінка мутагенності території за «Мікроядерним тестом» .....	216
3.6.6. Оцінка токсичності об'єктів довкілля за допомогою «Ростового фітотесту».....	218
3.6.7. Методика розрахунку умовних показників ушкодження стану довкілля за токсико-мутагенним фоном .....	220
<b>3.7. Моніторинг лісових екосистем.....</b>	<b>223</b>
<b>3.8. Агроекологічний моніторинг .....</b>	<b>227</b>
<b>3.9. Соціально-екологічний моніторинг .....</b>	<b>235</b>
3.9.1. Функції соціально-екологічного моніторингу .....	235
3.9.2. Соціально-екологічний моніторинг населених пунктів .....	236
<b>3.10. Особливості громадського екологічного моніторингу.....</b>	<b>239</b>
3.10.1. Громадський екологічний моніторинг як додатковий інформаційний канал.....	242
3.10.2. Доступ громадськості до екологічної інформації через Internet.....	243
<b>Питання до семінарських занять.....</b>	<b>245</b>
<b>Розділ 4. ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ .....</b>	<b>250</b>
<b>4.1. Картографічні твори, їх класифікація.....</b>	<b>250</b>
<b>4.2. Елементи карт та способи відображення тематичного змісту.....</b>	<b>257</b>
4.2.1. Математична основа карти .....	260

4.2.2. Картографічне зображення .....	269
4.2.3. Допоміжні елементи карти.....	281
<b>4.3. Етапи створення тематичних карт.....</b>	<b>282</b>
4.4.1. Польове еколого-географічне картографування.....	283
4.3.2. Лабораторний метод створення екологічних карт .....	287
<b>4.4. Картографічні методи в моніторингових дослідженнях .....</b>	<b>292</b>
4.4.1. Картографічне моделювання .....	292
4.4.2. Описи за картами .....	297
4.4.3. Графічні прийоми.....	298
4.4.4. Графоаналітичні прийоми аналізу карт .....	301
<b>4.5. Особливості екологічних досліджень за картами .....</b>	<b>315</b>
4.5.1. Вивчення структури процесів і явищ.....	316
4.5.2. Вивчення взаємозв'язків .....	317
4.5.3. Вивчення динаміки .....	318
4.5.4. Картографічні прогнози. ....	319
<b>4.6. Уявлення про геоінформаційне картографування .....</b>	<b>319</b>
<b>Питання до семінарських занять:.....</b>	<b>322</b>
<b>Розділ 5. МЕТОДИ І ЗАСОБИ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>324</b>
<b>5.1. Метрологічні засади організації спостережень за параметрами довкілля .....</b>	<b>324</b>
<b>5.2. Методи і технічні засоби вимірювання параметрів довкілля.....</b>	<b>328</b>
5.2.1 Класифікація методів дослідження стану довкілля.....	328
5.2.2. Аналітичні методи аналізу речовин .....	329
5.2.3. Оптико-спектральні методи аналізу речовин .....	330
5.2.4. Іонізаційні методи.....	335
5.2.5. Теплові методи .....	336
5.2.6. Хроматографічний метод .....	337
5.2.7. Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі.....	338
5.2.8 Електрохімічні методи аналізу речовин .....	340
<b>5.3. Методи оцінювання і аналізу стану довкілля .....</b>	<b>343</b>
<b>5.4. Методи прогнозування стану довкілля .....</b>	<b>349</b>
<b>5.5. Автоматизовані системи спостережень і контролю стану довкілля ..</b>	<b>356</b>
5.5.1 Основні поняття автоматички .....	356
5.5.2 Автоматизовані інформаційні системи спостережень і контролю за станом довкілля.....	358
5.5.3. Автоматизована система моніторингу Держгідрометслужби.....	367



5.5.4. Автоматизація аналітичних підрозділів Держекоінспекції.....	371
5.5.5. Автоматизовані інформаційні системи контролю радіаційної обстановки на АЕС України.....	377
5.5.6. Методи і засоби автоматичного контролю якості природних вод.....	383
<b>5.6. Забезпечення наукової підтримки управлінських рішень.....</b>	<b>386</b>
<b>Розділ 6. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ.....</b>	<b>402</b>
<b>6.1. Основні функції та структура геоінформаційних систем.....</b>	<b>402</b>
<b>6.2. Основи дистанційного зондування Землі.....</b>	<b>411</b>
<b>6.3. Аналіз даних з використанням ГІС/ДЗЗ-технологій.....</b>	<b>420</b>
<b>6.4. Регіональні системи моніторингу довкілля.....</b>	<b>422</b>
6.4.1. Принципи функціонування РСМД.....	423
6.4.2 Приклад розробки РСМД для міста Києва.....	431
6.4.2.1 Підсистема збору та вводу інформації.....	434
6.4.2.2. Нормативно-довідкова інформація.....	440
6.4.3. Приклад розробки РСМД Запорізької області.....	458
<b>6.5. Моніторинг біотичної компоненти екосистем методами геоінформатики (біотогеоінформатики).....</b>	<b>468</b>
6.5.1. Розвиток біотогеоінформатики в Україні.....	469
6.5.2. Екосистемні аспекти біотогеоінформатики щодо агросфери.....	469
6.5.3. Водно-болотяні екосистеми (ВБЕ).....	472
6.5.4 Лісові екосистеми.....	476
6.5.5 Моделювання поверхні степової екосистеми.....	478
<b>Питання до семінарських занять.....</b>	<b>481</b>
<b>ГЛОСАРІЙ.....</b>	<b>483</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>510</b>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>513</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>521</b>



## **ВСТУП**

---

Навчальна дисципліна “Моніторинг довкілля” (“Моніторинг навколишнього середовища”) є однією з найважливіших прикладних дисциплін екологічного спрямування і на сьогодні викладається практично у всіх ВНЗ України, де готують фахівців-екологів. Ця дисципліна забезпечує формування цілісних знань майбутнього еколога на рівні бакалавра у галузі отримання достовірної інформації про стан екологічних систем з метою їх збереження і своєчасного попередження можливих негативних змін в будь-яких компонентах навколишнього природного середовища, а також для запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

Моніторинг довкілля це відносно новий і надзвичайно актуальний науковий напрям, який є також надзвичайно складним, багаторівневим, багатоконпонентним і потребує значних бюджетних витрат. Формування системи моніторингу довкілля перебуває у стані активного розвитку, вдосконалення і уніфікації як методів отримання і переробки інформації про стан довкілля, так і методів навчання фахівців у цій галузі. Одночасно з цим потребують вдосконалення законодавча і навчально-методична база цієї системи.

За останнє десятиріччя в Україні підготовлено і видано декілька навчальних посібників і підручників з моніторингу навколишнього середовища (О. Адаменко, Г. Рудько, В. Медведєв, М. Клименко, В. Патица та ін.), але в більшості з них розглянуто тільки окремі аспекти моніторингу довкілля і висвітлено лише окремі види моніторингу (моніторинг геологічного середовища, моніторинг ґрунтів, агроекологічний моніторинг тощо). Вийшли також десятки наукових статей, присвячених розробці і вдосконалення різних типів, видів і методів екологічного моніторингу. Проте, навчального видання, в якому висвітлено на основі сучасних підходів всі аспекти моніторингу довкілля, включаючи найновіші його підрозділи, на сьогодні ще немає. Тому, колектив авторів, які мають багаторічний досвід як в розробці систем екологічного моніторингу, так і у викладанні відповідної дисципліни,

об'єднали свої зусилля і підготували цей підручник, маючи на меті максимально повно, детально і обґрунтовано висвітлити всі аспекти сучасної системи моніторингу довкілля. В шести розділах підручника вперше ґрунтовно викладені теоретичні і практичні аспекти моніторингу, описані особливості організації різних рівнів системи моніторингу довкілля, а також розглянуто сучасні методи і засоби моніторингових досліджень. Вперше наведена характеристика таких видів моніторингу як соціально-екологічний моніторинг, екологічний моніторинг морських акваторій, тощо. Авторами зроблена спроба детальної класифікації різновидів моніторингу довкілля. Вперше велика увага приділена застосуванню дистанційних методів зондування Землі та геоінформаційних систем і технологій в системі екологічного моніторингу, а також основам екологічного картографування.

Дисципліна “Моніторинг довкілля” є базовою для таких нормативних дисциплін як “Нормування антропогенного навантаження на природне середовище”, “Організація управління в екологічній діяльності”, “Екологічна експертиза” та ряду вибіркових дисциплін, в яких передбачається використання інформації про рівень антропогенного впливу на природно-антропогенні системи.

*Основна мета* дисципліни “Моніторинг довкілля” полягає у формуванні комплексу теоретичних знань, вмінь та навичок у галузі одержання, обробки і збереження інформації про поточний стан різних складових довкілля, а також оцінювання рівнів антропогенного впливу на ці компоненти, прогнозування можливих змін стану довкілля і забезпечення науково-інформаційної підтримки природоохоронних управлінських рішень.

Підручник “Моніторинг довкілля” повністю відповідає рекомендованій Міністерством науки і освіти України програмі навчальної дисципліни. Кожен з розділів підручника охоплює відповідний модуль, який є логічно завершеною складовою системи знань та умінь, що визначені у якості необхідних для формування фахівця освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”. В основу формування знань та умінь покладено навчальні елементи, кількість яких відповідає рекомендованому обсягу дисципліни.

## **Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

---

Порушення стійкості системи «людина – природа – суспільство» в сучасних умовах обумовлено суттєвим деструктивним впливом людства на стан навколишнього середовища в результаті надмірного росту продуктивних сил і кількісного зростання чисельності населення. Все це призвело до величезного посилення антропогенного навантаження на екосистеми Землі і практично до незворотних змін у всій біосфері. Інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу зумовив виникнення низки глобальних екологічних проблем, кожна з яких здатна призвести до знищення нашої цивілізації. Серед цих проблем найбільш суттєвими є: дефіцит прісної води, зниження видового біологічного і ландшафтного різноманіття планети, зміни клімату, руйнування озонового шару, кислотні дощі, забруднення Світового океану, опустелення, загибель лісів тощо.

Зменшення рівня антропогенного впливу на біосферу можна досягти якісним управлінням соціально-економічними системами всіх рівнів, забезпечивши їх стратегічну орієнтацію на принципи сталого (стійкого, гармонійного) розвитку (в розумінні *sustainable development*).

Одним з основних шляхів реалізації концепції сталого розвитку суспільства вважається впровадження на всіх організаційних рівнях науково обґрунтованої системи екологічного та соціально-економічного менеджменту, який би будувався на об'єктивних даних відповідної системи екологічного та соціально-економічного моніторингу (рис. 1.1), що, у свою чергу є інформаційним базисом концепції сталого розвитку і свого роду початковою функцією управлінського циклу.

Система моніторингу повинна в інформаційному плані забезпечити організацію необхідних інформаційних потоків і поліпшити спостереження за основними процесами та явищами в біосфері. Для прийняття раціональних управлінських рішень необхідною умовою є

наявність якісного інформаційного забезпечення щодо динаміки різних показників, які характеризують стан навколишнього середовища. При цьому, всі негативні тенденції, що відбуваються в розвитку складної системи «людина – природа – суспільство», підвищують актуальність як екологічного, так і соціально-економічного моніторингу.

Природні зміни стану навколишнього середовища вивчаються існуючими геофізичними службами (гідрометеорологічною, сейсмічною, гравіметричною та ін.). А для того, щоб виділити антропогенні зміни на фоні природних, виникла необхідність в організації спеціальних спостережень за змінами стану біосфери під впливом людської діяльності.

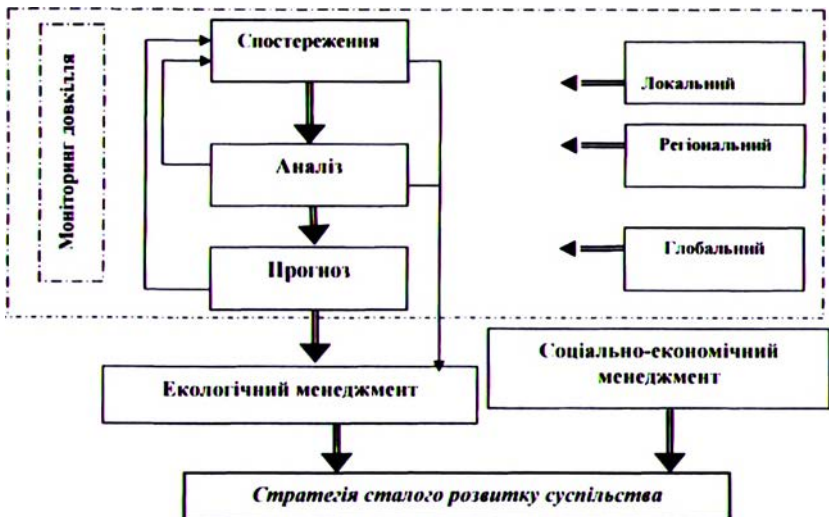


Рис. 1.1 Орієнтовна блок-схема реалізації концепції сталого розвитку суспільства

Згідно з концепцією SCOPE (з англ. – Наукового комітету з проблем навколишнього середовища) систему повторних спостережень одного і більше компонентів довкілля у просторі і в часі з певними

цілями і згідно з попередньо підготовленою програмою було запропоновано називати *моніторингом*.

## **1.1. Основні поняття і визначення**

### ***1.1.1. Історичні аспекти формування поняття «моніторинг довкілля»***

Основні задачі курсу «Моніторинг довкілля» полягають у вивченні основних елементів моніторингу довкілля, включаючи і автоматичний дистанційний моніторинг (як наземний, так і аерокосмічний).

Термін «моніторинг» (від латинського *monitor* – той, що наглядає, нагадує, спостерігає) виник перед проведенням Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища (Стокгольм, 5 -16 червня 1972 р.). Перші пропозиції з нагоди такої системи були розроблені експертами спеціальної комісії SCOPE у 1971 р. Основні елементи моніторингу як системи, вперше описані у роботі Р. Манна (R. Mann, 1973).

Формуванню наукових основ сучасного моніторингу навколишнього середовища були присвячені роботи академіка І. П. Герасимова (Герасимов, 1975, 1976) і професора Ю. А. Ізраеля (Ізраель, 1984), в яких розроблені основні принципи формування системи екологічного моніторингу, а також частково відображені міжнародні аспекти глобальної системи моніторингу.

Обговорення системи моніторингу активізувалось перед першою міжурядовою нарадою з моніторингу, скликаною в Найробі (Кенія, лютий 1974 р.) Радою керуючих Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP – United Nation Environment Program). В матеріалах наради були викладені основні положення та цілі програми глобальної системи моніторингу навколишнього середовища, в яких приділялась особлива увага формуванню попереджень про зміни стану природного середовища, пов'язані з забрудненнями, а з другого боку – попередженню про загрозу здоров'ю людини, про загрозу стихійних лих, а також про

виникнення інших екологічних проблем. Більшість рішень цієї наради були схвалені на другій сесії Ради керуючих UNEP і отримали визнання.

Детальне обговорення основних завдань моніторингу, а також різноманітних аспектів, пов'язаних з обґрунтуванням та реалізацією систем моніторингу, відбулось на міжнародному симпозіумі з комплексного глобального моніторингу навколишнього природного середовища в Ризі у грудні 1978 р.

Професор Ю. А. Ізраель вважав, що термін «моніторинг» з'явився на противагу терміну «контроль», який включав не лише спостереження і одержання інформації, але й елементи активних дій, тобто елементи управління (*control* – англійською означає як контроль, так і управління). В нашій науково-технічній літературі термін «контроль» передбачає тільки одержання та аналіз інформації і не передбачає активних дій.

*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 управлінських рішень щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

### ***1.1.2. Етапи формування моніторингу довкілля як системи***

Очевидно, що для правильної організації управління якістю навколишнього природного середовища необхідною умовою є формування повноцінної системи моніторингу.

За допомогою системи моніторингу виявляються критичні ситуації, виділяються критичні фактори впливу і найбільш чутливі до впливу елементи біосфери. У процесі здійснення моніторингу важливо отримати дані як про абіотичну складову середовища, так і про стан біоти, а також отримати інформацію про функціонування екосистем та реакції екосистем на можливі збурення.

Універсальним підходом до визначення структури системи моніторингу антропогенних змін навколишнього природного середовища є його розподіл на основні блоки: «Спостереження», «Оцінка фактичного стану», «Прогноз стану довкілля», «Оцінка прогнозованого стану» та «Підтримка прийняття управлінських рішень» (рис. 1.2).

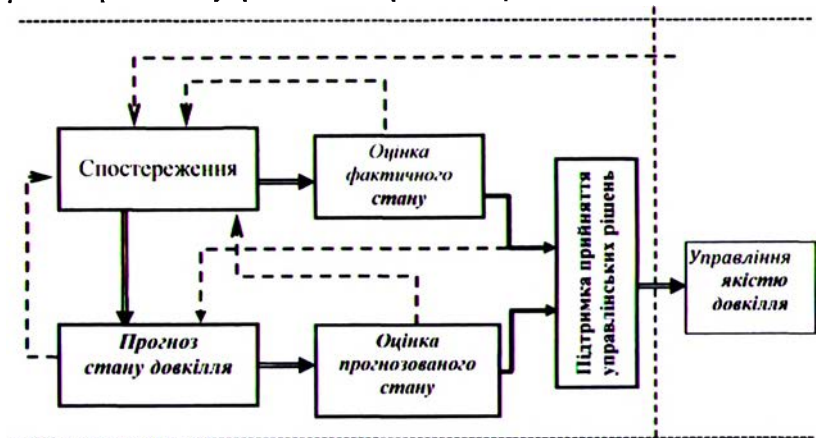


Рис. 1.2 – Структура системи моніторингу довкілля

—▶ — прямиї зв'язок      - - - -> — зворотній зв'язок

Загалом, до блоків оцінювання часто відносять процедури аналізу і обробки даних спостережень, а до блоку прогнозування – процеси моделювання змін стану довкілля.

Блоки «Спостереження», «Оцінка фактичного стану» і «Прогноз стану довкілля» тісно пов'язані між собою, оскільки прогноз стану навколишнього середовища можливий лише за наявності достатньої



інформації про його фактичний стан (прямий зв'язок). Прогноз, з одного боку, має враховувати дані спостережень та закономірності зміни стану природного середовища, а з іншого боку – спрямованість прогнозу, значною мірою, повинна визначати структуру і склад мережі спостереження (зворотний зв'язок).

Дані, що отримані в результаті спостережень чи прогнозу та характеризують стан навколишнього природного середовища, повинні оцінюватись в залежності від того, в якій галузі людської діяльності вони використовуються (за допомогою спеціально вибраних чи розроблених критеріїв). Така оцінка повинна забезпечувати, з одного боку, визначення збитків від впливу відповідної діяльності, а з другого – давати змогу оптимізувати людську діяльність з урахуванням існуючих екологічних резервів. При таких оцінках обов'язковим є визначення допустимих навантажень на навколишнє природне середовище з урахуванням інтегральних характеристик і показників.

Безпосереднє визначення таких показників є певним етапом оцінювання стану довкілля, оскільки в результаті таких вимірювань можна відповісти на питання про його стан. При визначенні допустимих для екосистеми антропогенних навантажень необхідно виходити з екологічного резерву даної системи та інтервалу допустимих коливань її стану. Важливо при цьому пам'ятати про біологічну стійкість системи і враховувати залежність між збуреннями і ефектами, які виникають під дією цих збурень. При визначенні екологічного резерву екосистеми необхідно добре знати і вміти виявляти критичні фактори антропогенних збурень та критичні елементи біосфери, вплив на які може призвести до різних змін у природному середовищі.

## **1.2. Класифікація систем моніторингу довкілля**

Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «Положення про державний моніторинг довкілля України» визначала такі види моніторингу довкілля, які стали загальноприйнятими: загальний (стандартний), оперативний (кризовий), фоновий (науковий).

*Загальний (стандартний) моніторинг* — це оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на підставі оцінки і прогнозу стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях.

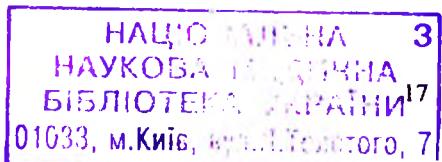
*Оперативний (кризовий) моніторинг* — це вивчення спеціальних показників на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними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

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

*Об'єктами спостереження* системи моніторингу можуть бути окремі точки і зони, розміри яких не перевищують десятків кілометрів (локальний моніторинг). Якщо об'єктами спостереження є локальні джерела підвищеної небезпеки, наприклад території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, хімічні заводи тощо, то такий *моніторинг* називається *імпактним*. При збільшенні масштабів спостереження до тисяч квадратних кілометрів здійснюється *регіональний моніторинг*. Спостереження за загальносвітовими процесами і явищами в біосфері Землі є предметом *глобального моніторингу*.

Система державного моніторингу довкілля країни має три рівні:

1) *локальний* — території окремих об'єктів (підприємств, міст, ділянки ландшафтів);



2) *регіональний* – у межах адміністративно-територіальних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів;

3) *національний* – територія України в цілому.

Є чимало інших підходів до класифікації систем моніторингу за різними критеріями.

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

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

### ***1.2.1. Підходи до визначення об'єктів моніторингу довкілля***

Узагальнена класифікація можливих систем 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). При цьому необхідно попередньо отримати дані про початковий (фоновий) стан всіх складових біосфери (за даними системи фонового моніторингу).

Таблиця 1.1 – Узагальнена схема класифікації систем моніторингу (Ізраель, 1984)

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

Кожна система моніторингу довілля, в залежності від її призначення, має свої об'єкти дослідження, але існує декілька загальних підходів щодо визначення цих об'єктів:

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; сільсько-господарські 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)

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

До розділу *Б* відносять 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.

В цей же розділ включені також 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 і різноманітними випромінюваннями (іонізуючими і неіонізуючими).

Розділ *В* включає спостереження за реакцією біоти на різноманітні фактори впливів і змін станів довкілля. До цих спостережень належать спостереження за відгуками (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, та 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, і локальний фоновий стан, характерний для кожного регіону.

Для оцінювання стану довкілля, з урахуванням змін антропогенного характеру, необхідно 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<sup>1</sup>. Місце моніторингу у системі екологічного менеджменту показано на рис. 1.3.

На схемі наведено умовно об'єднані енергетичні та інформаційні потоки. Елемент біосфери з рівнем стану  $B$  під дією антропогенного впливу ( $A$ ) змінює свій стан  $B \rightarrow B'$ . За допомогою системи моніторингу ( $M$ ) 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 ( $Y$  – блок прийняття рішень). На підставі цієї інформації, в залежності від рівня науково-технічних розробок ( $H$ ), економічних можливостей ( $E$ ) та з урахуванням еколого-економічних оцінок, приймаються рішення з обмеження або припинення антропогенного впливу для профілактичного «зміцнення» або послідовного «лікування» даного елемента біосфери.

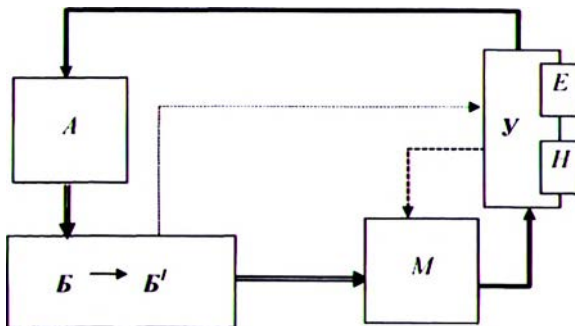


Рис. 1.3 Блок-схема системи екологічного менеджменту  
(Ізраель, 1984)

<sup>1</sup> Система екологічного менеджменту на локальному рівні формується відповідно до системи стандартів серії ДСТУ ISO 14000



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

Як відомо, комплекс антропогенних факторів (рис. 1.4) дуже різноманітний – це і забруднення природного середовища різними речовинами, і фізичний вплив, який порушує природне покриття планети, і вилучення поновлюваних і неоновлюваних ресурсів тощо. Вивчення і оцінювання негативних наслідків антропогенних збурень з метою їх попередження або зменшення збитків є винятково важливою задачею як для оптимізації економічної діяльності, так і для збереження довкілля та здоров'я населення.

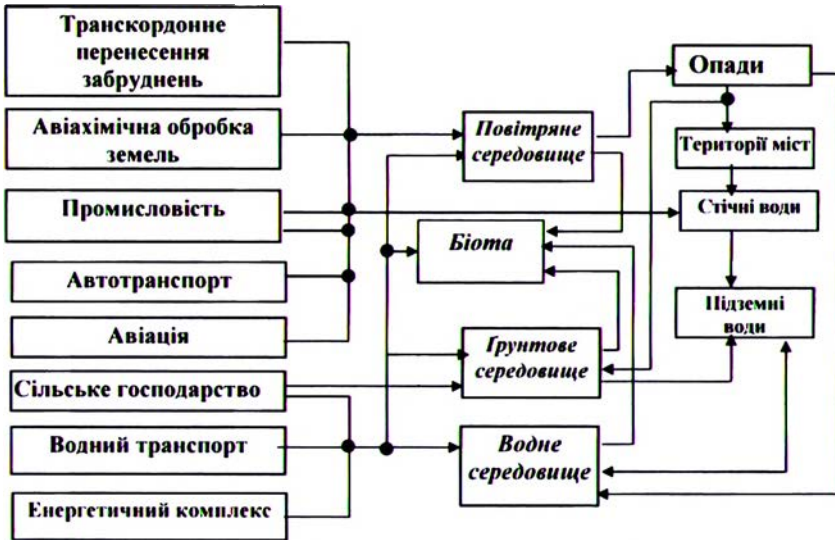


Рис. 1.4 – Блок-схема впливу основних джерел забруднення на біосферу

Найбільш складними є проблеми, пов'язані зі значними антропогенними збуреннями, які характеризуються масштабністю виявлених змін та ефектів (аж до глобального охоплення), а також значною інерційністю та гостротою негативних наслідків.