

# МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

# **МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ**

**Підручник**

Вінниця  
ВНТУ  
2010

**УДК 504.06**  
**ББК 28.081**  
**М77**

Автори:

**Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б., Сафранов Т. А.,  
Горова А. І., Прилипко В. А., Адаменко О. М., Полстасєва Л. М.,  
Картавцев О. М.**

Рекомендовано 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, завідувач кафедри  
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,  
завідуючий кафедрою загальної і морської геології Одеського  
національного університету ім. І.І. Мечникова

**Мельничук М. Д.**, доктор біологічних наук, професор, директор  
ННІ охорони природи і біотехнологій Національного аграрного  
університету України

**М77 Моніторинг** довкілля : підручник / [Боголюбов В. М.,  
Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін.] ; під ред. В. М. Боголюбова. [ 2-е  
вид., перероб. і доп.]. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 232 с.

ISBN 978-966-641-373-7

У підручнику висвітлені загальні уявлення про методичні основи організації спостережень та проведення аналізу забруднення атмосфери, поверхневих, підземних та морських вод, ґрунтового покриву та геологічного середовища. В 4-х розділах підручника викладено теоретичні і практичні аспекти моніторингу, описано особливості організації різних рівнів системи моніторингу довкілля. Вперше наведена характеристика соціально-екологічного моніторингу. Розглянуто проблеми застосування дистанційних методів зондування Землі та геоінформаційних систем і технологій в системі моніторингу довкілля.

Розрахований на студентів екологічних, гідрометеорологічних, технічних та інших спеціальностей вищих навчальних закладів України, а також на широке коло читачів, які бажають розширити свої знання у галузі моніторингу довкілля.

**УДК 504.06**  
**ББК 28.081**

**ISBN 978-966-641-373-7**

© В. М. Боголюбов, М. О. Клименко, В. Б. Мокін та ін., 2010

## Зміст

<b>Розділ 1. Загальні положення</b> .....	5
1.1. Основні поняття, класифікація систем моніторингу довкілля.....	6
1.1.1. Історичні аспекти формування поняття «моніторинг довкілля».....	6
1.1.2. Етапи формування моніторингу довкілля як системи.....	8
1.1.3. Фактори, які повинні досліджуватись в системі моніторингу... ..	9
1.2. Класифікація систем моніторингу довкілля .....	10
1.2.1. Підходи до визначення об'єктів моніторингу довкілля.....	12
1.2.2. Фактори, індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу довкілля.....	15
1.3. Державна програма моніторингу довкілля України.....	19
1.3.1. Суб'єкти державної системи моніторингу довкілля.....	23
1.3.2. Функціонування державної системи моніторингу довкілля.....	26
1.3.3. Взаємовідносини суб'єктів державної системи моніторингу довкілля.....	27
<i>Питання до семінарських занять</i> .....	29
<b>Розділ 2. Організація моніторингу за складовими довкілля</b> .....	30
2.1. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря.....	30
2.1.1. Джерела забруднення атмосферного повітря.....	34
2.1.2. Категорії, розміщення і кількість постів спостережень.....	37
2.1.3. Програма і методи спостережень.....	39
2.1.4. Періодичність і кількість спостережень.....	40
2.1.5. Принципи вибору забруднювальних речовин для контролю їх вмісту в атмосфері.....	43
2.1.6. Методи відбору проб атмосферного повітря.....	45
2.1.7. Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря.....	48
2.1.8. Проведення підфакельних спостережень.....	51
2.1.9. Збирання і обробка результатів хімічних аналізів.....	52
2.1.10. Організація безперервної реєстрації забруднень атмосферного повітря.....	53
2.2. Моніторинг поверхневих вод суші .....	54
2.2.1. Джерела і види забруднень поверхневих вод.....	54
2.2.2. Організація системи моніторингу водних середовищ.....	59
2.2.3. Пункти спостережень і контрольні створи.....	62
2.2.4. Програми спостережень.....	67
2.2.5. Методи та терміни відбору проб.....	69
2.2.6. Гідробіологічні спостереження за якістю води та донними відкладами.....	71
2.2.7. Інтегральні показники оцінки якості води .....	76
2.2.8. Моніторинг у сфері питної води та питного водопостачання... ..	80
2.3. Особливості моніторингу морських вод і вод океанів.....	82
2.3.1. Джерела і види забруднення вод океанів та морів.....	82

2.3.2. Пункти і програми спостережень за забрудненням морського середовища.....	84
2.3.3. Суб'єкти та об'єкти моніторингу морських вод в Україні.....	86
2.4. Моніторинг геологічного середовища.....	88
2.4.1 Особливості геологічного середовища.....	88
2.4.2. Показники техногенного порушення геологічного середовища.....	89
2.4.3. Загальна структура моніторингу геологічного середовища.....	93
2.4.4. Методи вивчення техногенних змін геологічного середовища.	93
2.4.5. Стадії проведення еколого-геологічних досліджень.....	94
2.5. Особливості організації моніторингу ґрунтів.....	95
2.5.1. Техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу...	97
2.5.2. Джерела і види деградації ґрунтів.....	99
2.5.3. Показники техногенного порушення і забруднення ґрунтів....	100
2.5.4. Принципи організації спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів.....	103
2.5.5.Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів	106
Питання до семінарських занять.....	110
<b>Розділ 3. Особливі види моніторингу довкілля.....</b>	<b>114</b>
3.1. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища.....	114
3.2. Особливості організації фонового моніторингу.....	118
3.3. Кліматичний моніторинг.....	120
3.4. Організація радіаційного моніторингу.....	128
3.5. Особливості біотичного моніторингу.....	132
3.6. Еколого-гігієнічний моніторинг.....	138
3.7. Моніторинг лісових екосистем.....	151
3.8. Агроекологічний моніторинг.....	154
3.9. Соціально-екологічний моніторинг.....	160
3.10. Особливості громадського екологічного моніторингу.....	164
Питання до семінарських занять.....	169
<b>Розділ 4. Інформаційні технології у системі моніторингу довкілля</b>	<b>172</b>
4.1. Основні функції та структура геоінформаційних систем.....	172
4.2. Основи дистанційного зондування Землі.....	179
4.3. Аналіз даних моніторингових досліджень.....	181
4.3.1. Математична обробка даних моніторингових досліджень.....	181
4.3.2. Аналіз даних з використанням ГІС/ДЗЗ-технологій.....	184
4.4. Регіональні системи моніторингу довкілля.....	186
Питання до семінарських занять.....	194
ГЛОСАРІЙ.....	195
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	217
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	220
ДОДАТКИ.....	227

## **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 пріоритетними є: дефіцит прісної води, зниження видового біологічного і ландшафтного різноманіття планети, парниковий ефект, озонові діри, 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 стійкого 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 стійкого 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.

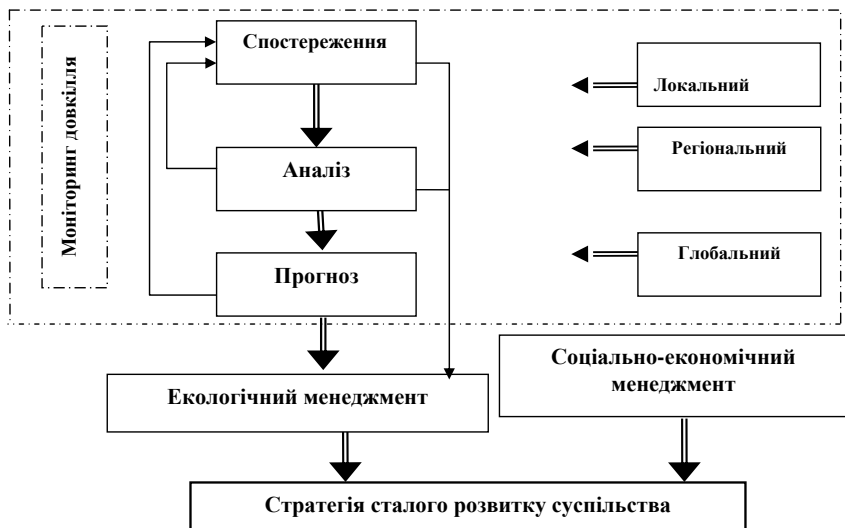


Рисунок 1.1 – Орієнтовна блок-схема реалізації концепції сталого розвитку суспільства

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 (R. Mann, 1973).

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 забруднення 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 рішень про 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).

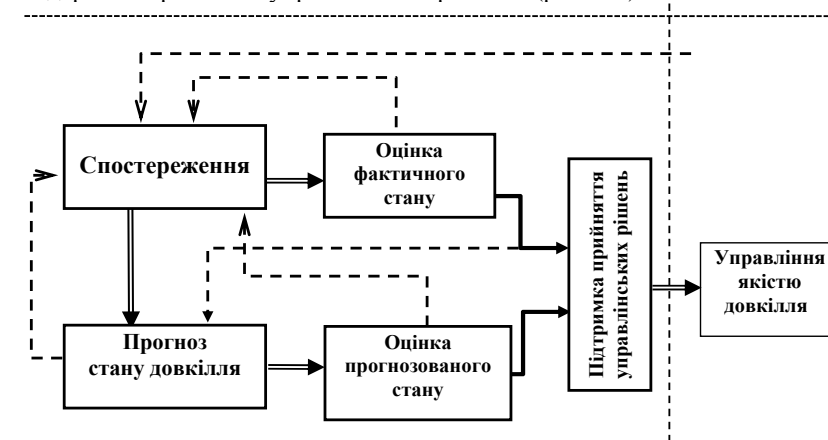


Рисунок 1.2 – Структура системи моніторингу довкілля

⇒ – прямий

---> – зворотний

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.

### *1.1.3. Фактори, які повинні досліджуватись в системі моніторингу*

Як відомо, комплекс антропогенних факторів (рис. 1.3) дуже різноманітний – це і забруднення природного середовища різними речовинами, і фізичний вплив, який порушує природне покриття планети, і вилучення поновлюваних і непоновлюваних 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.

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. Це, в першу чергу, аерозолі антропогенного походження, які впливають на зміну радіаційного балансу атмосфери. Іригаційні споруди, урбанізація та зменшення площ зелених насаджень призводять до суттєвих змін альbedo підстилаючої поверхні. Поява нафтових плівок в океані порушує енерго- та газообмін

між океаном і атмосферою. Перелік подібних проблем можна продовжувати і продовжувати.

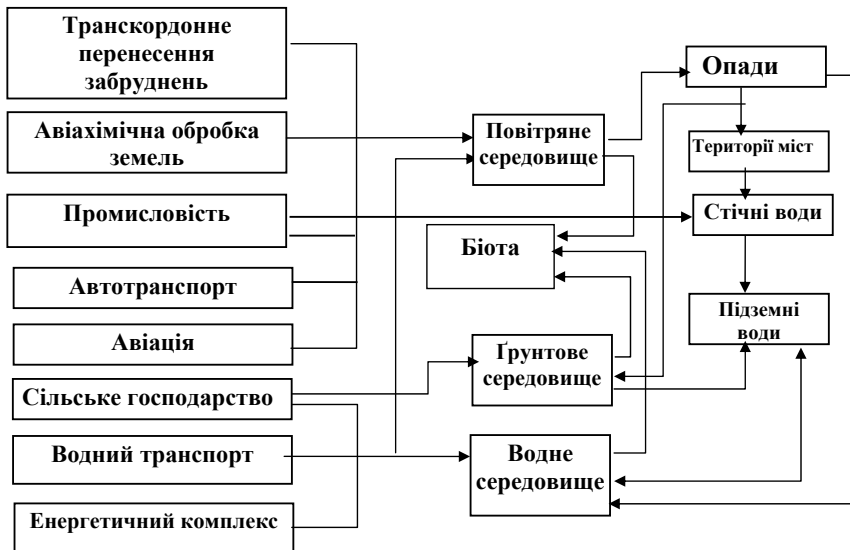


Рисунок 1.3 – Блок-схема впливу основних джерел забруднення на біосферу

## 1.2. Класифікація систем моніторингу довкілля

Постанова Кабінету Міністрів України від 23 вересня 1993 р. № 785 «Положення про державний моніторинг навколишнього середовища» (яка, однак, вже втратила чинність) визначала такі види моніторингу довкілля в Україні, 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, 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 та в її екосфері 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 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Узагальнена схема класифікації систем моніторингу

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

**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 (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).

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)*

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) у групуваннях 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

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

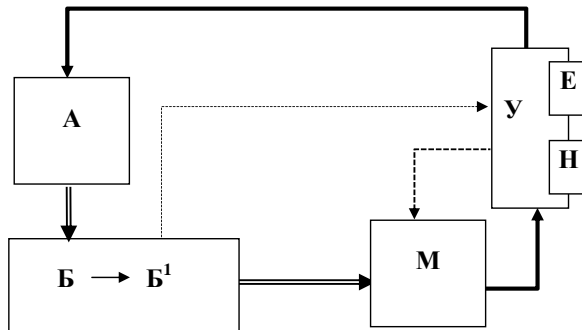


Рисунок 1.4 – Блок-схема системи екологічного менеджменту (Ізраель, 1984)

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.

1.2.2. *Фактори, 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.* – ЕЕА) виділяють п'ять типів інтегральних показників.

*Описові показники (А).* Наприклад, частка органічного ґрунту на всіх сільгоспугіддях, %.

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

*Показники ефективності (С)* – 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 ( <sup>90</sup> Sr + <sup>137</sup> Cs)	Повітря Їжа	I, P, B I, P
2	Озон  ДДТ та інші хлорорганічні сполуки Кадмій та його сполуки	- тропосфера - стратосфера Біота Їжа, вода	I B I, P I
3	Нітрати, нітрити Оксиди азоту	Питна вода, Їжа Повітря	I I
4	Ртуть та її сполуки Свинець Діоксид вуглецю	Їжа, вода Повітря, їжа Повітря	I, P I B
5	Оксид вуглецю Нафтовуглеводні	Повітря Морська вода	I P, B
6	Фториди	Свіжа вода	I
7	Азбест Арсен (миш'як)	Повітря Питна вода	I I
8	Мікротоксини Мікробіологічні зараження Реакційноспроможні забруднення	Їжа Їжа Повітря	I, P I, P I

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.

Вважається, що наявність норми за одними показниками і патологій за іншими, а також їх співвідношення можуть однозначно визначити «хворобу» біологічної системи. Оцінювання ефекту від шкідливого збурення можна звести до підбору єдиного показника стану екосистеми, який об'єднує окремі відгуки системи так званою *функцією бажаності*.

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.

### **1.3. Державна програма моніторингу довкілля України**

В основу Державної системи моніторингу довкілля України, яка формується відповідно до Постанови Кабінету Міністрів від 30 березня 1998 р., № 391<sup>1</sup>, покладено досвід гідрометеорологічних служб, а також результати аналізу існуючої інформації про забруднення природних середовищ. Наукова концепція Державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України була розроблена українськими вченими в кінці 80-х на початку 90-х років 20-го століття (Примак, 1992; Адаменко, 1993).

Здійснення моніторингу окремих об'єктів довкілля регламентується низкою постанов Кабінету Міністрів України, а саме: «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» (від 09.03.1999 р., № 343), «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» (від 20.07.1996 р., № 815), «Про затвердження Положення про моніторинг земель» (від 20.08.1993 № 661), «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення» (від 26.02.2004 р., № 51), а також розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» (від 31.12.2004 р. № 992-р) і низкою нормативно-методичних документів з питань моніторингу довкілля.

Основні завдання державної системи моніторингу довкілля:

- організація єдиної державної системи пунктів спостереження за всіма компонентами природного середовища;
- формування і налагодження автоматизованої системи збору, обробки, узагальнення і зберігання систематичної інформації про кількість та екологічний стан природних ресурсів (формування відповідних банків чи баз даних і систем управління ними);

---

<sup>1</sup> Цією постановою введено в дію “Положення про Державну систему моніторингу довкілля України” замість “Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища” від 23.09.1993, № 785.

- оцінювання природно-ресурсного потенціалу та допустимого рівня використання ресурсів;
- інвентаризація джерел забруднення і вивчення ступеня антропогенного впливу на компоненти природного середовища;
- розробка прогнозів можливих змін екологічної ситуації та «рівня здоров'я» довкілля;
- розробка управлінських рішень, спрямованих на забезпечення раціонального природокористування і сталого розвитку держави на всіх рівнях (локальному, регіональному і національному).

Для раціонального розміщення пунктів загальнодержавної служби моніторингу і визначення пріоритетних забруднювачів беруть до уваги:

- відомості загального характеру про існуючі та можливі джерела забруднення (великі міста, індустріальні райони, крупні тваринницькі комплекси, підприємства в зоні унікальних природних об'єктів тощо);
- результати спостережень минулих років за рівнями забруднень (більшою частиною експедиційних), які носять орієнтовний характер;
- дані про рівні забруднення природних середовищ в сусідніх країнах та великих містах.

Державна система моніторингу довкілля – це відкрита інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям. Державна система моніторингу довкілля України будується за ієрархічним принципом і має три організаційні рівні (рис. 1.5).

Створення і функціонування Державної системи моніторингу здійснюється на принципах:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;
- систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;
- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання екологічної інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу;
- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної екологічної інформації та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, зацікавлених міжнародних установ та світового співтовариства;
- сумісності технічного, інформаційного та програмного забезпечення її складових частин;
- оперативності доведення інформації до органів державного управління, інших зацікавлених адміністративних органів, підприємств,

- організацій, установ;
- доступності екологічної інформації населенню України та світовій спільноті.

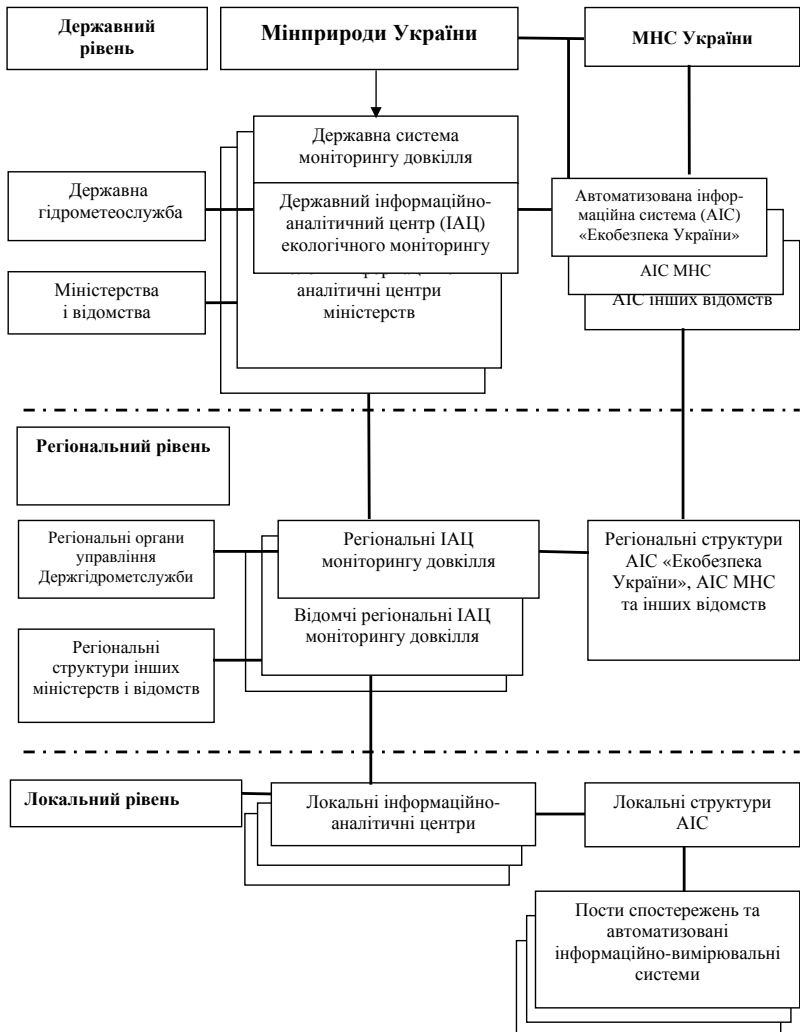


Рисунок 1.5 – Ієрархічна структура Державної системи моніторингу довкілля України

**Першим ступенем** на локальному рівні є пункти спостережень, звідки інформація передається в локальні центри збору та переробки. Для

автоматизованої системи – це локальна система, що обслуговує окремий район (місто) і складається із 2-х частин – контрольно-вимірювальних станцій та інформаційно-аналітичного центру, де отримані дані обробляються, сортуються і передаються на другий ступінь.

**Другий ступінь** – це рівень відомчих та регіональних інформаційно-аналітичних центрів. З таких центрів інформація про рівні забруднення навколишнього природного середовища передається відповідним зацікавленим організаціям різних відомств і міністерств.

**Третім ступенем** системи є державний, який включає державний інформаційно-аналітичний центр моніторингу довкілля і головні інформаційно-аналітичні центри відповідних міністерств і відомств, де збирається та обробляється інформація про забруднення природного середовища в масштабі всієї країни.

Окрім національного, регіонального і локального рівнів моніторинг довкілля організовується також в межах адміністративних підрозділів (областей, районів, міст, сіл), рекреаційних зон, або в межах галузей нафтогазового, агропромислового, лісогосподарського та інших комплексів.

Система державного моніторингу повинна бути організована так, щоб можна було забезпечити не тільки спостереження та аналіз стану довкілля, а й забезпечувати органи державного управління оперативною інформацією, прогнозами і попередженнями про можливі зміни довкілля для підтримки управлінських рішень та розробки науково обґрунтованих довгострокових та оперативних екологічних програм.

*Регіональна система моніторингу* – це система, що реалізує завдання моніторингу в межах адміністративної області. Регіональна система моніторингу має бути пов'язана із загальнодержавною системою і включати в себе елементи та інформацію локальних систем.

*Локальна система моніторингу* – система, яка функціонує в межах окремого району, міста чи об'єкта. Локальна система моніторингу має бути пов'язана із загальнодержавною та регіональною системами моніторингу.

*Відомча або корпоративна система моніторингу* – це система, що належить окремим суб'єктам моніторингу довкілля і входить складовою частиною до державної системи моніторингу. За своїм рангом відомча система моніторингу може функціонувати на державному, регіональному та локальному рівнях.

Основними завданнями суб'єктів системи моніторингу є:

- довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;
- аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;

- інформаційне обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією населення країни і міжнародних організацій.

### *1.3.1. Суб'єкти державної системи моніторингу довкілля*

В Україні функції із здійснення спостережень за станом об'єктів навколишнього природного середовища покладено на центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля (ДСМД), також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля, зобов'язані здійснювати екологічний контроль за виробничими процесами та станом промислових зон, збирати, зберігати та безоплатно надавати дані і/або узагальнену інформацію.

Моніторинг довкілля здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища (Мінприроди), Держгідрометслужбою Міністерства надзвичайних ситуацій (МНС), Міністерством охорони здоров'я (МОЗ), Міністерством аграрної політики (МАП), Держкомлісгоспом, Держводгоспом, Держкомземом, Держжитлокомунгоспом, Держгеослужбою Мінприроди та їх органами на місцях, а також підприємствами, установами та організаціями, що належать до сфери їх управління. Всі ці організації і установи є суб'єктами системи моніторингу за загальнодержавною і регіональними програмами реалізації відповідних природоохоронних заходів<sup>2</sup>.

Моніторинг довкілля здійснюють:

1. *Мінприроди* – атмосферного повітря та опадів (вміст забруднювальних речовин (далі – ЗР), у т.ч. радіонуклідів (РН), трансдонне перенесення ЗР); джерел промислових викидів в атмосферу (вміст ЗР, у т.ч. РН); поверхневих і морських вод (гідрохімічні та гідробіологічні визначення, вміст ЗР, у т.ч. радіонуклідів); підземних вод (гідрогеологічні та гідрохімічні визначення складу і властивостей, у т.ч. залишкової кількості пестицидів та агрохімікатів, оцінка ресурсів); джерел скидів стічних вод (вміст ЗР, у т.ч. РН); водних об'єктів у межах природоохоронних територій (фонова кількість ЗР, у т.ч. РН); ґрунтів різного призначення, у т.ч. на природоохоронних територіях (вміст ЗР, у т.ч. РН); геохімічного стану ландшафтів (вміст і поширення природних і техногенних хімічних елементів та сполук); радіаційної обстановки (на пунктах стаціонарної мережі); геофізичних полів (фонові та аномальні дослідження); стихійних та небезпечних природних явищ: ендегенних геологічних процесів (їх видові і просторові характеристики, активність прояву), повеней, паводків, снігових лавин, селів (у районах

---

<sup>2</sup> Див. Методичні рекомендації з підготовки регіональних та загальнодержавної програм моніторингу довкілля. – К. : Мінекоресурсів України, 2001. – 36 с.



спостережних станцій); державне еколого-геологічне картування території України для оцінювання стану геологічного середовища та його змін під впливом господарської діяльності; наземних і морських екосистем (фонова кількість ЗР, у т.ч. РН); звалищ промислових і побутових відходів (склад відходів, вміст ЗР, у т.ч. РН);

2. МНС (на територіях, підпорядкованих Адміністрації зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, а також в інших зонах радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС) – атмосферного повітря (вміст ЗР, у т.ч. РН); поверхневих і підземних вод (вміст ЗР, у т.ч. РН); наземних і водних екосистем (біоіндикаторні визначення); ґрунтів і ландшафтів (вміст ЗР, РН, просторове поширення); джерел викидів в атмосферу (вміст ЗР, обсяги викидів); джерел скидів стічних вод (вміст ЗР, обсяги скидів); об'єктів поховання радіоактивних відходів (вміст РН, радіаційна обстановка);

3. МОЗ (у місцях проживання і відпочинку населення, у т.ч. на природних територіях курортів) – атмосферного повітря (вміст шкідливих хімічних речовин); поверхневих вод суші і питної води (хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення); морських вод, мінеральних і термальних вод, лікувальних грязей, озокериту, ропи лиманів та озер (хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення); ґрунтів (вміст пестицидів, важких металів, бактеріологічні, вірусологічні визначення, наявність яєць геогельмінтів); фізичних факторів (шум, електромагнітні поля, радіація, вібрація тощо);

4. Мінагрополітики (МАП) – ґрунтів сільськогосподарського використання (агрохімічні, радіологічні та токсикологічні визначення (РЛ та ТЛ), залишкова кількість пестицидів (ЗКП), агрохімікатів і важких металів (АХ і ВМ)); сільськогосподарських рослин і продуктів з них (РЛ та ТЛ, ЗКП, АХ і ВМ); сільськогосподарських тварин і продуктів з них (зоотехнічні, РЛ та ТЛ, ЗКП, АХ і ВМ); поверхневих вод сільськогосподарського призначення (РЛ та ТЛ, ЗКП, АХ і ВМ);

5. Держкомлісгосп – ґрунтів земель лісового фонду (РЛ, ЗКП, АХ і ВМ); лісової рослинності (пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, біомаса, біорізноманіття, РЛ, вміст ЗР); мисливської фауни (видові, кількісні та просторові характеристики, РЛ);

6. Держводгосп – річок, водосховищ, каналів, зрошувальних систем і водойм у межах водогосподарських систем комплексного призначення, систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання (вміст ЗР, у т.ч. РН); водойм у зонах впливу атомних електростанцій (вміст РН); поверхневих вод у прикордонних зонах і місцях їх інтенсивного виробничо-господарського використання (вміст ЗР, у т.ч. РН); зрошуваних та осушуваних земель (глибина залягання та мінералізація ґрунтових вод, ступінь засоленості та солонцюватості ґрунтів); підтоплення сільських

населених пунктів, прибережних зон водосховищ (переформування берегів і підтоплення територій);

7. *Держкомзем* – ґрунтів і ландшафтів (вміст ЗР, прояви ерозійних та інших екзогенних процесів, просторове забруднення земель об'єктами промислового і сільськогосподарського виробництва); рослинного покриву земель (видовий склад, показники розвитку та ураження рослин); зрошуваних і осушених земель (вторинне підтоплення і засолення тощо); берегових ліній річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток, гідротехнічних споруд (динаміка змін, ушкодження земельних ресурсів);

8. *Держжитлокомунгосп*<sup>3</sup> – питної води централізованих систем водопостачання (вміст ЗР, обсяги споживання); стічних вод міської каналізаційної мережі та очисних споруд (вміст ЗР, обсяги надходження); зелених насаджень у містах і селищах міського типу (ступінь пошкодження ентомошкідниками, фітозахворюваннями тощо); підтоплення міст і селищ міського типу (небезпечне підняття рівня ґрунтових вод).

Крім цих основних суб'єктів моніторингу довкілля, традиційно виділяють ще такі:

9. *Держгідрометслужба*<sup>4</sup> – атмосферного повітря та опадів (вміст ЗР, у т.ч. РН, транскордонне перенесення шкідливих речовин); річкових, озерних, морських вод (гідрохімічні та гідробіологічні визначення, вміст ЗР, у т.ч. РН); ґрунтів (вміст ЗР, у т.ч. РН); радіаційної обстановки (на пунктах стаціонарної мережі та за результатами обстежень); стихійних та небезпечних природних явищ (повені, паводки, снігові лавини, селі тощо);

10. *Держгеослужба*<sup>5</sup> – підземних вод (гідрогелогічні та гідрохімічні визначення складу і властивостей, у т.ч. залишкової кількості пестицидів і агрохімікатів, оцінювання ресурсів); ендегенних та екзогенних процесів (видові і просторові характеристики, активність прояву); геофізичних полів (фонові та аномальні визначення); геохімічного стану ландшафтів (вміст і поширення елементів і сполук).

Всі суб'єкти державної системи моніторингу повинні забезпечувати постійне вдосконалення підпорядкованих їм мереж спостережень за станом довкілля, уніфікацію методик спостережень і лабораторних аналізів, приладів і систем контролю, створення банків даних для їх багатоцільового колективного використання за допомогою єдиної комп'ютерної мережі, яка забезпечує автономне і спільне функціонування складових цієї системи та взаємозв'язок з іншими інформаційними системами, які діють в Україні і за кордоном.

<sup>3</sup> Раніше моніторинг цих об'єктів здійснював Держкомбуд.

<sup>4</sup> Нині входить в структуру МНС України, а результати спостережень передає в єдиний банк даних Мінприроди України.

<sup>5</sup> Раніше входив до складу Держгідрометслужби, а нині – Державна геологічна служба в системі Мінприроди (колишній Держкомгеології).

### 1.3.2. Функціонування державної системи моніторингу довкілля

Система моніторингу ґрунтується на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу і функціонує на основі єдиного нормативного, організаційного, методологічного і метрологічного забезпечення, об'єднання складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи.

*Організаційна інтеграція* суб'єктів системи моніторингу на всіх рівнях здійснюється органами Мінприроди<sup>6</sup> на основі: загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, що складаються з програм відповідних рівнів, поданих суб'єктами системи моніторингу; укладених між усіма суб'єктами системи моніторингу угод про спільну діяльність під час здійснення моніторингу довкілля на відповідному рівні. До складу виконавців зазначених програм суб'єкти системи моніторингу можуть залучати підприємства, установи і організації незалежно від їх підпорядкування і форм власності.

Координацію діяльності суб'єктів державної системи моніторингу довкілля здійснює Міжвідомча комісія з питань моніторингу довкілля, утворена відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 17.11.2001р., № 1551 «Про утворення Міжвідомчої комісії з питань моніторингу довкілля».

*Методологічне забезпечення* об'єднання складових частин і компонентів державної системи моніторингу покладається на Мінприроди із залученням суб'єктів цієї системи, а також установи Національної академії наук, Української аграрної академії наук, Національного космічного агентства України (НКАУ) та Національного агентства з питань інформатизації при Президенті України і здійснюється на основі:

- єдиної науково-методичної бази щодо вимірювання параметрів і визначення показників стану довкілля, біоти і джерел антропогенного впливу на них;
- впровадження уніфікованих методів аналізу і прогнозування властивостей довкілля, комп'ютеризації процесів діяльності та інформаційної комунікації;
- загальних правил створення і ведення розподілених баз та банків даних і знань, картування і картографування екологічної інформації, стандартних технологій з використанням географічних інформаційних систем.

---

<sup>6</sup> Розпорядженням КМУ від 31 грудня 2004 р. № 992-р схвалено Концепцію Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища, яка передбачає формування міжвідомчої комісії для координації діяльності всіх суб'єктів системи моніторингу. Цією Концепцією передбачається 9 суб'єктів моніторингу (замість 10 в постанові № 391).

*Метрологічне забезпечення державної системи моніторингу також покладається на Мінприроди із залученням суб'єктів цієї системи та органів Держстандарту і здійснюється на основі:*

- єдиної науково-технічної політики щодо стандартизації, метрології та сертифікації вимірювального, комп'ютерного і комунікаційного обладнання;
- єдиної нормативно-методичної бази, що забезпечує достовірність і порівнянність вимірювань і результатів оброблення екологічної інформації в усіх складових частинах цієї системи.

Суб'єкти системи моніторингу, а також місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування, підприємства, установи і організації, незалежно від їх підпорядкування і форм власності, повинні здійснювати розроблення і узгодження з органами Мінприроди та МНС планів здійснення заходів з метою:

- організації системи спостережень за станом екологічно небезпечних об'єктів;
- запобігання екологічно небезпечній виробничій, господарській та іншій діяльності;
- захисту зареєстрованих у системі моніторингу постів (пунктів, станцій) спостережень за об'єктами довкілля від пошкодження та несанкціонованого перенесення;
- виділення в установленому порядку земельних ділянок під влаштування нових постів спостережень на підставі затверджених програм удосконалення і розвитку складових частин системи моніторингу.

Інфраструктура системи моніторингу, її складові частини, системоутворювальні та уніфіковані компоненти створюються на підставі відповідних технічних завдань і проектів, затверджених у встановленому порядку. Такі технічні завдання і проекти підлягають реєстрації в Міністерстві охорони НПС. Прийняті проектні рішення реалізуються в межах щорічних заходів загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм екологічного моніторингу довкілля.

### *1.3.3. Взаємовідносини суб'єктів державної системи моніторингу довкілля*

Взаємовідносини суб'єктів системи моніторингу ґрунтуються на:

- взаємній інформаційній підтримці рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання ресурсів та екологічної безпеки;
- координації дій для забезпечення функціонування системи екологічного моніторингу довкілля;
- ефективному використанні наявних організаційних структур, засобів спостережень та комп'ютеризації процесів діяльності;
- сприянні найбільш ефективному розв'язанню спільних завдань моніторингу довкілля та екологічної безпеки;

- відповідальності за повноту, своєчасність і достовірність інформації;
- колективному використанні інформаційних ресурсів та комунікаційних засобів;
- безкоштовному інформаційному обміні.

*Мінприроди* разом з *МНС* за погодженням з іншими суб'єктами системи моніторингу встановлює спеціальні регламенти спостереження за екологічно небезпечними об'єктами, критерії визначення і втручання у разі виникнення або загрози виникнення надзвичайних екологічних ситуацій. Центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи, організації та громадяни повинні негайно інформувати *Мінприроди*, *МНС* та їх органи на місцях про виникнення або загрозу виникнення надзвичайних екологічних ситуацій будь-якого походження.

Попередження про виникнення або загрозу виникнення небезпечних природних явищ, оцінювання їх розвитку і можливих наслідків покладається на:

- *Держгідрометслужбу МНС* – метеорологічні, гідрологічні та геліогеофізичні явища на суші і на морі;

- *Держгеослужбу Мінприроди* – екзогенні та ендегенні геологічні процеси.

Центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи, організації, громадяни, які володіють об'єктивною інформацією про виникнення або загрозу виникнення небезпечних природних явищ, повинні негайно надавати її органам *МНС* і *Мінприроди* України. Державне еколого-геологічне картування території країни та її частин здійснюють підприємства, установи та організації, що також належать до сфери управління *Держгеослужби*.

Оцінювання впливу забруднення довкілля на стан здоров'я населення покладається на *МОЗ* та його органи на місцях (зокрема, на *санітарно-епідеміологічні станції – СЕС*), які повинні своєчасно інформувати органи державної влади та органи місцевого самоврядування про негативні тенденції або кризові зміни стану здоров'я населення внаслідок погіршення екологічної обстановки.

*НКАУ* надає всім зацікавленим суб'єктам системи моніторингу архівну та поточну інформацію з дистанційного зондування Землі, а також методичну і технічну допомогу користувачам щодо інтерпретації та використання аерокосмічних даних.

Органи *Держводгоспу* надають усім зацікавленим суб'єктам системи моніторингу інформацію про державний облік використання вод та скидання стічних вод водокористувачами.

Органи *Мінагрополітики* надають усім зацікавленим суб'єктам системи моніторингу інформацію про фізичні, геохімічні та біологічні зміни якості ґрунтів сільськогосподарського призначення.

Органи *Держкомзему* надають усім зацікавленим суб'єктам системи моніторингу інформацію про стан земельного фонду, структуру землекористування, трансформацію земель, заходи щодо запобігання негативним процесам і ліквідації їх наслідків.

*Національне агентство з питань інформатизації* при Президентові України сприяє використанню в системі моніторингу сучасних комп'ютерних і комунікаційних засобів, які рекомендуються до застосування в національній інформаційній інфраструктурі.

Право володіння, користування і розпорядження інформацією, одержаною під час виконання загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, регламентується законодавством. Інформація, що зберігається в базах даних державної системи моніторингу, використовується для прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки органами державної влади та органами місцевого самоврядування. Ця інформація надається їм безкоштовно відповідно до затверджених регламентів інформаційного обслуговування користувачів системи моніторингу та її складових частин. Спеціально підготовлена інформація на запит користувачів підлягає оплаті за домовленістю, якщо інше не передбачено нормативними актами або укладеними двосторонніми угодами про безкоштовні взаємовідносини постачальників і споживачів інформації. Такі угоди підлягають реєстрації в Міністерстві охорони НПС.

*Мінприроди, МНС* та їх органи на місцях здійснюють оперативне управління інформацією, одержаною на всіх рівнях функціонування системи моніторингу.

Фінансування робіт зі створення і забезпечення постійного функціонування системи моніторингу та її складових частин здійснюється відповідно до порядку фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів, передбачених у державному та місцевих бюджетах згідно з законодавством.

## **Питання до семінарських занять**

### **Семінар № 1**

1. *Дайте визначення системи моніторингу довкілля. Коли розпочались роботи зі створення системи моніторингу на міжнародному рівні?*
2. *Назвіть основні етапи (структурні блоки) моніторингу довкілля.*
3. *Які є принципи класифікації систем моніторингу довкілля?*
4. *Які види моніторингу Ви знаєте?*
5. *Які виділяють рівні системи моніторингу довкілля?*
6. *Дайте визначення загального, кризового і фонових моніторингу.*

7. *Якою постановою затверджено положення про систему моніторингу довкілля в Україні?*
8. *Які основні фактори антропогенного впливу на довкілля Ви знаєте?*
9. *Наведіть приклад класифікації антропогенних факторів.*
10. *Які класифікації показників та індикаторів в системі моніторингу довкілля Ви знаєте?*
11. *Охарактеризуйте пріоритетні забруднювачі за класами пріоритетності.*
12. *Які Ви знаєте об'єкти системи державного моніторингу України?*
13. *Наведіть перелік суб'єктів системи державного моніторингу України та їх основних завдань щодо моніторингу довкілля.*
14. *Як забезпечується обмін інформацією між суб'єктами моніторингу?*
15. *Як забезпечується ефективна взаємодія між суб'єктами моніторингу?*
16. *Як забезпечується узгодженість нормативно-правового та методичного забезпечення між суб'єктами моніторингу?*
17. *Ким забезпечується узгодженість інструментального та інформаційного забезпечення між суб'єктами моніторингу?*

## **Розділ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЗА СКЛАДОВИМИ БІОСФЕРИ**

При організації системи моніторингу у будь-яких масштабах і з будь-якими цілями, зокрема при організації системи національного екологічного моніторингу, найбільш ефективним є створення комплексної системи моніторингу джерел забруднень, забруднювальних речовин (ЗР) та інших факторів впливу у різних складових біосфери – атмосфері, гідросфері та літосфері.

### **2.1. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря**

У життєдіяльності людини повітря є основною умовою існування. Без їжі людина може обходитись більше 4-х тижнів, без води – не більше 3-5 днів, а без повітря – не більше 5 хвилин. Окрім того, нормальна життєдіяльність людини потребує повітря відповідної чистоти, а перевищення допустимого рівня забруднень негативно впливає на її організм. Тому охорона атмосферного повітря є важливою складовою проблеми збереження і оздоровлення навколишнього природного середовища загалом.

Повітряна оболонка Землі формує атмосферу товщиною до 20 км (приблизно 80% маси повітря зосереджено в тропосфері – 9-12 км), до складу якої входять: азот – 78,08%, кисень – 20,95%, аргон – 0,93%, діоксид вуглецю – 0,03%, неон – 0,01%, а також гелій, метан, радон та

деякі інші (табл. 2.1). Усі ці гази та їх концентрації дуже важливі як для людини, так і для біосфери в цілому, зокрема, для формування клімату.

Таблиця 2.1 – Основні складові сухого чистого повітря в приземному шарі

Газ	Молекулярна маса	Відносний вміст у сухому повітрі, %	
		за об'ємом	за масою
Азот ( $N_2$ )	28,02	78,08	75,53
Кисень ( $O_2$ )	32,0	20,95	23,14
Аргон ( $Ar$ )	39,94	0,93	1,28
Вуглекислий газ ( $CO_2$ )	44,01	0,033	0,05
Неон ( $Ne$ )	20,18	0,0018	0,001
Гелій ( $He$ )	4,0	0,0005	0,00007
Криптон ( $Kr$ )	16,05	0,00015	0,00008
Ксенон ( $Xe$ )	83,7	0,0001	0,00003
Геміоксид азоту ( $N_2O$ )	44,02	0,00005	0,00008
Водень ( $H_2$ )	2,02	0,00005	0,000003
Озон ( $O_3$ )	48,0	0,00004	0,00007

Доведено, що сучасний склад атмосферного повітря сформувався завдяки діяльності живих організмів. Так, кисень – один з найбільш важливих компонентів атмосферного повітря – є продуктом життєдіяльності зелених рослин, які виділяють його, споживаючи й розщеплюючи воду та вуглекислий газ у процесі фотосинтезу. Більшість же інших живих організмів тільки споживає кисень. Вуглекислий газ надходить в атмосферу в результаті дихання живих організмів, спалювання палива, гниття та розкладання органічних речовин.

Під *моніторингом атмосферного повітря* мають на увазі інформаційно-технічну систему спостережень, оцінювання і прогнозування рівня забруднення атмосферного повітря та надання на цій основі рекомендацій щодо заходів з охорони атмосферного повітря.

Спостереження за станом атмосферного повітря та вмістом забруднювальних речовин, у тому числі радіонуклідів, здійснюють 3 суб'єкти державної системи моніторингу довкілля: МНС (зокрема, Державна гідрометеорологічна служба), Мінприроди (Державна екологічна інспекція), МОЗ (санітарно-епідеміологічна служба).

Термін *забруднення атмосфери* означає, що в повітрі присутні різноманітні гази, частинки твердих або рідких речовин, які шкідливо впливають на живі організми, погіршують умови їх проживання або наносять матеріальні збитки.

За статистичними даними близько 80% всіх ЗР, які потрапляють в атмосферу, є результатом різноманітних енергетичних процесів – від видобутку до переробки і використання енергоносіїв. При цьому, майже 90% світових потреб в енергії задовольняється за рахунок використання органічного палива, як вкопного (нафта, вугілля, газ), так і



відновлювального (дрова, солома). Щорічно спалюється більше млрд. т палива, що призводить до викидів в атмосферу близько 220 млн. т сірчаного ангідриду, 450 млн. т оксиду вуглецю, 7,5 млн. т оксидів азоту і 150 млн. т інших речовин.

Окреме місце в системі державного моніторингу стану атмосфери та викидів займає моніторинг парникових газів, на викиди яких *Київським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату* встановлюються спеціальні квоти для кожної країни, що підписала та ратифікувала цей протокол, включаючи Україну: діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), закис азоту (N<sub>2</sub>O), гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні, гексафторид сірки (SF<sub>6</sub>).

Характер тимчасової і просторової мінливості концентрації шкідливих домішок зумовлений рядом обставин, знання яких потрібне для забезпечення необхідної чистоти *атмосферного повітря* (АП). Основою для виявлення всіх факторів і закономірностей є спостереження за станом забруднення повітряного басейну. Від можливостей і якості спостережень, що проводяться, залежить ефективність всіх заходів з охорони повітря.

Необхідність організації системи спостережень за забрудненням повітряного басейну в містах й інших промислово розвинених населених пунктах зумовлена тим, що на локальному і регіональному рівнях міра забруднення атмосфери може перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи.

Спостереження за *забрудненням атмосфери* (ЗА) здійснюються в країнах СНД з початку 60-х років 20-го сторіччя.

Для отримання об'єктивної інформації про *рівень забруднення атмосфери* на базі гідрометеорологічної мережі спостережень, підрозділів МОЗ СРСР і інших відомств у 1972 р. під керівництвом *Головного управління гідрометеослужби* (ГУГМС, далі Держкомгідромету) була створена *Загальнодержавна служба спостережень і контролю за станом атмосфери* (ЗДССКА), що займалась також організацією системи моніторингу забруднення природного середовища. Пізніше Держкомгідромет був реорганізований у *Державну гідрометеорологічну службу* (Держгідрометслужбу) МНС України.

Передача Держгідрометслужбі головних функцій в організації мережі станцій спостережень за забрудненням атмосфери була зумовлена тим, що мережа моніторингових постів і гідрометеорологічна мережа формуються за схожими принципами. Окрім того, характеристики забруднення атмосфери визначаються, як правило, одночасно з необхідними для їх інтерпретації метеорологічними показниками.

Протягом 2007 року Державною гідрометеорологічною службою здійснювались спостереження за забрудненням атмосферного повітря у 53 містах України на 162 стаціонарних, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу. Крім того,

спостереження за кислотністю атмосферних опадів здійснювались на 50 метеостанціях. Спостереження за хімічним складом атмосферних опадів проводилось на 33 метеостанціях. Програма обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря включає вісім забруднювальних речовин: пил, двоокис азоту (NO<sub>2</sub>), двоокис сірки (SO<sub>2</sub>), оксид вуглецю, формальдегід (H<sub>2</sub>CO), свинець та бенз(а)пірен, а також радіоактивні речовини. Деякі станції здійснюють моніторинг за виявленням додаткових забруднювальних речовин (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

Крім того, у 2007 році фахівцями Держсанепідслужби України відібрано для проведення лабораторних досліджень 296739 проб атмосферного повітря у міських поселеннях та 43030 проб – у сільських. За результатами досліджень у 66506 пробах атмосферного повітря міських поселень та 619 сільських виявлено перевищення ГДК забруднювальних речовин (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

Важливе місце в системі моніторингу за станом атмосферного повітря займає інформація щодо транскордонного перенесення забруднювальних речовин, і такі спостереження здійснюються у мережі Державної гідрометеорологічної служби. З метою виконання зобов'язань за протоколами до Конвенції про транскордонне забруднення атмосферного повітря на великі відстані Мінприроди розпочато проект щодо створення міжнародної станції ЕМЕП в українській частині дельти Дунаю на території Дунайського біосферного заповідника.

В Україні наукові і методологічні основи організації мережі спостережень виконує УкрНДГМІ і підрозділи Міністерства охорони навколишнього природного середовища.

Основна мета моніторингу за станом атмосферного повітря полягає у забезпеченні зацікавлених державних і громадських органів, підприємств, установ й інших організацій систематичною інформацією про рівень забруднення атмосфери і про прогнози його змін під впливом господарської діяльності і метеорологічних умов.

Стандартна мережа моніторингу повинна забезпечити надходження інформації про стан атмосферного повітря, на основі якої можна вирішувати такі задачі:

- оцінювати *рівень забруднення атмосфери* (РЗА);
- вивчати вплив забруднення повітряного басейну на захворюваність населення;
- оцінювати збитки, що наносяться сільському господарству, лісам, тваринництву, будівлям і спорудам;
- планувати розміщення промислових підприємств та визначати *санітарно-захисні зони* (СЗЗ);
- уточнювати і перевіряти розрахункові методи розсіювання домішок від

джерел забруднення АП;

- оцінювати фонове забруднення атмосфери.

Для успішного вирішення всіх цих задач необхідно грамотно визначити методи вимірювань, оптимальні значення періодичності спостережень і кількості постів, а також сформувати програму роботи стандартної мережі моніторингу.

### *2.1.1. Джерела забруднення атмосферного повітря*

Забруднення АП спричиняють процеси і явища, що відбуваються як у природі, так і під час промислової та побутової діяльності людини.

Протягом 2007 року в атмосферу України надійшло 7,38 млн. т забруднювальних речовин від стаціонарних і пересувних джерел, що на 5% більше, ніж 2006 року та у 2,1 разу менше порівняно з 1990 р. Близько двох третин (65,2%) сумарних забруднень повітря припало на підприємства (стаціонарні джерела) та 34,8% – на автомобільний, залізничний, авіаційний, водний транспорт і виробничу техніку (пересувні джерела). У свою чергу, від роботи пересувних джерел забруднення у 2007 році в повітря надійшло 2,57 млн. т забруднювальних речовин, переважна частина з яких – 89% – це викиди автомобільного, 2,7 – залізничного, 0,8 – водного та 0,5% – авіаційного транспорту, 6,6% - виробничої техніки. Більше половини (61%) забруднювальних речовин потрапило в атмосферне повітря від викидів автомобілів, які перебувають у приватній власності. У відпрацьованих газах автомобільних двигунів налічується близько 100 різних компонентів, більшість з яких токсичні. Автомобілі забруднюють атмосферне повітря неметановими легкими органічними сполуками та оксидами азоту на 12%, оксидом вуглецю – на 77%. При несприятливих умовах у приземних шарах атмосфери утворюються отруйні тумани. З кожним роком кількість автотранспорту зростає і, відповідно, концентрація забруднювальних речовин у повітрі, що негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людини. У 2007 р. від промислових підприємств надійшло забруднюючих речовин загальною кількістю – 4813,3 тис. т, з яких, зокрема, метан (884,9 тис. т) та оксид азоту (6,5 тис. т) належать до парникових газів. Крім цих речовин в атмосферне повітря надійшло 184,0 млн. т вуглецю діоксиду. Серед інших викидів значну частку становить оксид вуглецю – 1404,4 тис. т, або 29,1%, діоксид та інші сполуки сірки – 1321,5 тис. т, (27,4%), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок – 696,8 тис. т (14,5%) (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

*Природне забруднення.* В атмосфері завжди міститься природний пил, який виникає внаслідок природних явищ. За походженням він буває таких видів:

- мінеральний пил (продукт вивітрювання і руйнування гірських

порід, виверження вулканів, лісових, степових та торф'яних пожеж; сіль, яка потрапляє в повітря при розбризкуванні та випаровуванні морської води та ін.);

– органічний пил, що складається з решток живих організмів, які живуть або потрапляють в атмосферу і представлені аеропланктоном (бактеріями, спорами грибів, пилом рослин) або продуктами гниття та розкладання відмерлих решток рослин і тварин);

– космічний пил (рештки згорілих метеоритів).

Природний пил виконує також і роль ядер конденсації водяної пари.

*Штучне (антропогенне) забруднення* обумовлено діяльністю людини, внаслідок чого відбуваються суттєві зміни природного складу атмосфери.

За особливостями будови і впливу на атмосферу та біосферу в цілому розрізняють:

– *механічні* ЗР (частинки піску і ґрунту, що піднімаються в повітря при пилових бурях і при виконанні сільськогосподарських технологічних процесів; викиди цементних заводів і металургійних комбінатів; попіл і сажа від згоряння вугілля; часточки гуми з автомобільних шин тощо);

– *хімічні* – пиловаті та газоподібні речовини, здатні вступати в хімічні реакції з іншими речовинами при нормальних погодно-кліматичних умовах (оксиди сірки, азоту, вуглецю; солі важких металів; радіонукліди тощо).

Основними джерелами забруднення атмосфери в Україні та більшості країн світу є:

- об'єкти теплоенергетики;
- транспорт (переважно автотранспорт);
- підприємства чорної і кольорової металургії;
- підприємства хімічної промисловості;
- підприємства агропромислового комплексу (тваринницькі комплекси, рілля і рослинництво, консервні заводи тощо);
- об'єкти видобутку і переробки природних копалин;
- підприємства машинобудування;
- будівельні майданчики.

Основні ЗР, що надходять до атмосфери при спалюванні палива, наведені в таблиці 2.2.

Транспорт (особливо автомобільний) є одним з основних джерел забруднення атмосфери. Один автомобіль, проходячи за рік 15 тис. км, потребує близько 4,0 т кисню, спалює 2-3 т палива й викидає більше 3,0 т  $CO_2$ , 0,5 т  $CO$ , 27 кг  $NO_x$  і декілька кг гумового пилу. До складу вихлопних газів входить близько 400 хімічних сполук, з яких найбільш токсичні  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $C_nH_m$ , альдегіди,  $Pb$ . У великих містах автотранспортом викидається близько 90%  $CO$ , 70%  $C_nH_m$  та 90-98%  $Pb$ . При спаленні

бензину в повітря надходить свинець, який входить до антидетонаторної домішки –  $(C_2H_5)_4Pb$  або  $(CH_3)_4Pb$ .

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика викидів забруднювальних атмосферу речовин природного і антропогенного походження

Речовина	Природного походження	Антропогенного походження
Оксид вуглецю ( $CO$ )	—	$3,5 \cdot 10^8$
Діоксид сірки ( $SO_2$ )	$1,4 \cdot 10^8$	$1,45 \cdot 10^8$
Діоксид азоту ( $NO_2$ )	$1,4 \cdot 10^9$	$(1,5 - 2,0) \cdot 10^7$
Тверді частинки	$(7,7 - 22,0) \cdot 10^{10}$	$(9,6 - 26,0) \cdot 10^{10}$
Поліхлорвінілові речовини, фреони	—	$2,0 \cdot 10^6$
Озон ( $O_3$ )	$2,0 \cdot 10^9$	—
Вуглеводні ( $C_nH_m$ )	$1,0 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^6$
Свинець ( $Pb$ )	—	$2,0 \cdot 10^5$
Ртуть ( $Hg$ )	—	$5,0 \cdot 10^3$

Джерелом викиду твердих часток в металургії є виробництво чавуну, сталі, феросплавів. Кольорова металургія є джерелом пилу і потужних газоподібних викидів  $SO_2$ , оксидів  $As$ ,  $Pb$ ,  $Sb$  і  $Cu$ .

У машинобудівному і металообробному виробництві виділяється пил, що містить оксиди  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Mg$ ,  $Al$  і ряд інших хімічних елементів. Гальванічні цехи є джерелом парів  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  або  $HF$ .

З величезної кількості ЗР, що викидаються підприємствами хімічної промисловості, найбільш токсичними є  $Cl_2$ ,  $NO_x$ ,  $H_2S$ ,  $HF$  та ін.

При видобутку і переробці мінеральної сировини атмосфера забруднюється пилом і частинками самої корисної копалини в процесі подрібнення і випалення природних і штучних матеріалів. Так, в кар'єрах Криворізького басейну утворюється 11 тис. т/рік токсичних газів (в перерахунку на  $CO$ ).

При виробництві будівельних матеріалів джерелами надходження в атмосферу твердих часток (карбонати і оксиди кальцію, шлак, цемент тощо) є цементні заводи, установки з виробництва магнезиту, печі випалення цегли, кар'єри, підприємства з випуску ізоляційних матеріалів, керамічні заводи, установки з виробництва асфальту тощо.

Серед джерел забруднення провідні позиції займають, також, підприємства агропромислового комплексу (після підприємств енергетики і транспорту). Суттєвими забруднювачами атмосферного повітря є випаровування тваринницьких ферм і птахофабрик, агропромислових комплексів з виробництва м'яса (аміак, сірковуглець та ін.) і молока, консервних заводів та інших підприємств агропромислового комплексу.

Техногенні джерела забруднення відрізняються за:

- *типом викидів*: технологічні, вентиляційні викиди;

- *місцем розташування*: високі, низькі, затінені, незатінені, наземні; розташовані нижче за будинки; знаходяться у зоні дії вітрового потоку;
- *геометричною формою*: точкові та лінійні;
- *режимом роботи*: безперервні, періодичної дії, залпові та імпульсні;
- *дальністю поширювання*: внутрішньоплощинні та позаплощинні.

Надзвичайно велике забруднення атмосфери відбувається під впливом теплоелектростанцій (ТЕС). Їх «внесок» складає 100-120 млн. т золи на рік (великі ТЕС можуть викидати до 1 тис. т на добу). Викиди ТЕС в основному складаються з твердих часток (зола, сажа), оксидів сірки (98-99%  $SO_2$  і 1-2%  $SO_3$ ) і оксидів азоту ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_4$ ). З'єднуючись з водяною парою,  $SO_3$  дає початок сірчаній кислоті, суспензії якої надзвичайно небезпечні. На процеси окислення  $SO_2$  і перетворення в  $SO_3$  каталітично впливають суспензії важких металів у повітрі – заліза, цинку, марганцю та ін. Тому ці викиди найбільш небезпечні поблизу металургійних комбінатів.

Під час аналізу стану забруднення атмосфери, як правило, намагаються комплексно враховувати вплив і викидів промисловості та енергетики, і викиди транспорту (рис. 3.1,б).

Концентрації основних ЗР істотно змінюються, також, у залежності від метеорологічних умов та рельєфу місцевості.

Основну роль у глобальному поширенні забруднень в біосфері відіграють тропосфера й стратосфера. Середня тривалість існування легких частинок ЗР в стратосфері складає 2 роки, на рівні тропопаузи – 4 місяці, у верхній тропосфері – 30 діб, в нижній тропосфері – 6-10 діб. Тривалість існування газів антропогенного генезису сягає в середньому 2-4 місяці. В першу чергу це стосується малоактивних летких синтетичних речовин і інертних газів. В результаті такої стійкості в атмосфері накопичуються значні кількості синтетичних речовин, зокрема, радіоактивні типу криптону  $^{85}Kr$  з періодом піврозпаду 10,5 року, який є продуктом викиду ядерних реакторів.

### *2.1.2. Категорії, розміщення і кількість постів спостережень*

Існуюча мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря включає стаціонарні, маршрутні і пересувні (підфакельні) пости спостережень. На постах спостережень може здійснюватись відбір проб повітря для аналізу як ручним способом, так і автоматизованим (типу системи АНКОС-АГ).

*Постом спостереження* є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами.

*Стаціонарний пост* призначений для забезпечення регулярного відбору проб повітря з метою визначення і реєстрації вмісту ЗР. Серед

стаціонарних виділяють *опорні стаціонарні пости*, які призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних (пил,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ) і найбільш поширених специфічних ЗР. До основних ЗР в Україні відносять також *формальдегід, бенз(а)пірен та свинець*.

*Маршрутний пост* призначений для регулярного відбору проб повітря в місцях, де неможливо чи недоцільно встановлювати стаціонарний пост. Такі пости використовують при необхідності більш детально вивчити стан забруднення атмосферного повітря в окремих районах, наприклад, в нових житлових районах. Це також регулярні спостереження, але за допомогою спеціально обладнаних машин, які переміщуються за певним маршрутом (їх продуктивність: біля 5000 проб на рік, 8-10 проб щодня в 4-5 точках). Порядок об'їзду маршрутних постів (заздалегідь вибраних точок на місцевості) повинен бути один і той же, щоб відбір проб в кожній точці визначався одним і тим же часом доби.

*Пересувний підфакельний пост* призначений для відбору проб під димовим (газовим) факелом з метою виявлення зони впливу конкретного джерела промислових викидів. Відбір проб здійснюється також за допомогою спеціально обладнаної автомашини. Підфакельні пости – це точки, розташовані на фіксованих відстанях від джерела. Вони переміщуються відповідно до напрямку факела джерела викидів, що обстежується.

Репрезентативність спостережень за станом атмосферного повітря в місті залежить від правильності розташування постів на території, що обстежується.

При виборі *місця розташування постів* потрібно встановити, яку інформацію очікують отримати – рівень забруднень атмосферного повітря, характерний для відповідного району міста, чи концентрацію домішок в конкретній точці, що перебуває під впливом викидів окремого промислового підприємства, автомагістралі чи іншого джерела.

*У першому випадку* пост повинен бути розташований на ділянці, яка не підлягає впливу окремо розташованих джерел викидів (завдяки перемішуванню міського повітря рівень забруднення атмосфери буде визначатись сумарним впливом всіх джерел викидів).

*У другому випадку* пост розміщується в зоні максимальних концентрацій викидів від конкретного джерела.

Пости розміщуються на відкритих майданчиках, що провітрюються з усіх боків (на асфальті, твердому ґрунті чи газоні).

Необхідність організації контролю забруднень атмосферного повітря в зоні антропогенного впливу визначається попередніми експериментами і теоретичними дослідженнями. Обстеження території проводять пересувними лабораторіями протягом 1-2 років. Метод називається рекогносцирувальним і широко використовується в Україні і за кордоном.

Таким чином, місця розташування стаціонарних і маршрутних постів спостережень вибирають на основі попередніх досліджень джерел забруднень міста і вивчення метеорологічних умов розсіювання домішок, а також розрахунків полів максимальних концентрацій домішок.

Пости необхідно встановлювати в житлових і адміністративних районах; в районах з різним типом забудови; в парках, зонах відпочинку і там, де відмічаються найбільші середні рівні, що перевищують встановлені порогові значення.

Розміщення стаціонарних постів узгоджується з місцевими органами Держгідрометслужби і підрозділів Міністерства охорони здоров'я України. Їх відкриття, закриття і перенесення здійснюються за «Настановою гідрометеорологічним станціям і постам».

Стандартна мережа пунктів повинна відповідати таким вимогам:

1) мінімальна кількість, що дозволяє отримати достовірні просторово-часові закономірності розподілу домішок в атмосфері;

2) мінімум матеріальних і трудових затрат.

У більшості міст СНД є 3-6 стаціонарних постів, в найбільших – 6-20 (в м. Києві – 16); в більшості міст Західної Європи – 1-3.

При організації мережі ЗДССКА було рекомендовано встановлювати стаціонарні пости в містах з розрахунку 1 пост на 10-20 км<sup>2</sup> у рівнинній місцевості і 1 пост – на 5-10 км<sup>2</sup> в пересіченій (табл. 2.3).

*Таблиця 2.3 – Кількість контрольно-вимірювальних постів в залежності від чисельності населення*

Чисельність населення, тис. осіб	50	50-100	100-200	200-500	500-1000	> 1 млн.
Кількість постів	1	2	3	3-5	5-10	10-20

### *2.1.3. Програма і методи спостережень*

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться за однією з чотирьох програм спостережень: повною, неповною, скороченою, добовою.

*Повна програма:* отримання інформації про разові і середньодобові концентрації щодня шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичних пристроїв або дискретно через рівні інтервали часу не менш 4 разів при обов'язковому відборі о 1-й, 7-й, 13-й, 19-й годинах за місцевим декретним часом.

*Неповна програма:* отримання інформації про разові концентрації щоденно о 7-й, 13-й, 19-й годинах місцевого декретного часу.



*Скорочена програма:* отримання інформації тільки про разові концентрації щодня о 7-й і 13-й годинах місцевого декретного часу; допускається проведення спостережень за скороченою програмою при температурі менше за 45°C і в місцях, де середньомісячні концентрації нижчі з  $1/20$  ГДК<sub>мр</sub> або нижньої межі діапазону вимірювань концентрації домішки за допомогою методу, що використовується. Допускається проведення спостережень за змінним графіком: о 7-й, 10-й, 13-й годинах у вівторок, четвер, суботу і о 16-й, 19-й, 22-й годинах в понеділок, середу, п'ятницю. Ці спостереження можуть бути використані тільки для отримання разових концентрацій.

*Добова програма:* отримання інформації про середньодобову концентрацію. Спостереження проводяться шляхом безперервного добового відбору проб або дискретно через рівні інтервали часу не менше 4 разів на добу в одну і ту ж поглинальну посудину. За добовою програмою не можна отримати разові концентрації.

Всі програми дозволяють отримати концентрації середньомісячні, середньорічні і середні за більш тривалий термін.

Одночасно з відбором проб повітря визначають такі метеорологічні параметри: *напрямок і швидкість вітру, температуру повітря, стан погоди і підстилаючої поверхні*. Для стаціонарних постів допускається зміщення всіх термінів спостережень на 1 годину в один бік. Допускається не проводити спостереження у неділю і святкові дні.

Спостереження на маршрутних постах проводяться за *повною, неповною і скороченою* програмами. Для цих постів допускається зміщення всіх термінів спостережень на 1 годину в обидва боки від стандартних термінів.

Терміни відбору проб повітря при підфакельних спостереженнях повинні забезпечити виявлення найбільших концентрацій домішок, пов'язаних з особливостями режиму викидів і метеорологічних умов розсіювання домішок, вони можуть відрізнятися від термінів на стаціонарних і маршрутних постах.

У період *несприятливих метеорологічних умов* (НМУ), що супроводжуються високим ЗА, проводять спостереження через кожні 3 години. Проби відбирають в місцях з найбільшою щільністю населення (на стаціонарних і маршрутних) або під факелом основних джерел забруднення.

#### *2.1.4. Періодичність і кількість спостережень*

Для вирішення практичних задач, пов'язаних з організацією спостережень, необхідно знати, якою мінімальною кількістю спостережень (N) можна обмежитися для отримання характеристик ЗА із заданою похибкою. Це особливо важливо, якщо характеристики ЗА потрібно отримати в короткий інтервал часу.

Використовуємо вираз довірчої імовірності середнього значення вибірки з генерального ряду. Припустимо, що процес розподілу домішки в атмосфері має нормальний розподіл (хоча це не зовсім так – розподіл асиметричний і, як правило, логарифмічно нормальний):

$$P(\bar{q} - m_x) < \frac{t\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (2.1)$$

де  $t$  – параметр Стюдента,  $m_x$  – математичне очікування для генеральної сукупності;  $\bar{q}$  і  $\sigma$  – характеристики, отримані з обмеженої вибірки, тобто оцінки середнього і середньоквадратичного відхилення.

Для отримання достовірних оцінок як метеорологічних параметрів, так і рівня забруднення атмосфери необхідно забезпечити проведення не менше 200 спостережень в різних погодних умовах і режимах викидів, а не однією серією спостережень.

У кліматології чим довший ряд спостережень, тим надійніше середнє значення. Період спостережень за рівнем забруднень атмосфери повинен бути обмежений п'ятьма роками або меншим періодом, протягом якого не відбувалося різких змін цього рівня, оскільки внаслідок впливу антропогенних факторів він може змінитися більш, ніж в 2 рази (наприклад, при введенні в експлуатацію нових підприємств, зміні технології виробництва тощо).

Таким чином, досвід показує, що максимальний період, для якого доцільно розраховувати одне середнє значення концентрації домішки з усіх результатів спостережень, не повинен перевищувати 5 років.

Критерії якості довкілля запропоновані Міністерством охорони здоров'я України після дослідів на тваринах і добровольцях-людях за визначенням безпечних рівнів впливу токсичних речовин на живі організми. ГДК в Україні, Росії та інших країнах закріплені законодавчо. Відповідність якості НПС цим стандартам контролюється відповідними органами нагляду. Таким чином, повинно виконуватися таке співвідношення між концентрацією  $q$  ЗР та її ГДК ( $\text{мг/м}^3$ ):

$$q \leq \text{ГДК}. \quad (2.2)$$

Встановлено, що в місцях відпочинку людей (рекреаційні зони) рівень забруднення атмосферного повітря не повинен перевищувати  $0,8 \text{ ГДК}$ .

Для деяких із ЗР має місце ефект сумачії. За наявності в атмосфері декількох ( $n$ ) шкідливих речовин, що мають ефект сумачії, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{q_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{q_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{q_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1. \quad (2.3)$$

Ефект сумачії виявлено, наприклад для: фенолу і діоксиду сірки; діоксиду сірки і діоксиду азоту; діоксиду сірки і сірководню; озону, діоксиду азоту і формальдегіду тощо.

У залежності від тривалості впливу розрізняють: *ГДК максимальні разові* ( $ГДК_{мр}$ ), *середні добові* ( $ГДК_{сд}$ ) і *робочої зони* ( $ГДК_{рз}$ ).

$ГДК_{мр}$  – належить 20-30-хвилинному інтервалу осереднення; встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку.

$ГДК_{сд}$  – це концентрація ЗР в повітрі, що при цілодобовому вдиханні людиною не справляє на неї прямого чи опосередкованого шкідливого впливу; належить необмеженому періоду осереднення і вводиться з метою попередження загальнотоксичної, мутагенної, канцерогенної та іншої дії.

$ГДК_{рз}$  – це рівень концентрації інгредієнта, який не повинен викликати у робітників при щоденному вдиханні протягом 8 годин (але не більш 41 години на тиждень) захворювань або призводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. Під робочою зоною розуміють шар повітря висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

Приклади  $ГДК$  деяких ЗР наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	$ГДК_{мр}$	$ГДК_{сд}$	$ГДК_{рз}$	Клас небезпеки
Діоксид азоту	0,085	0,04	5,0	2
Діоксид сірки	0,5	0,05	10,0	3
Оксид вуглецю	5,0	3,0	-	4
Пил	0,5	0,15	-	3
Аміак	0,2	0,04	20,0	4
Ртуть	-	0,0003	0,01	1

Якщо для ЗР не розроблені  $ГДК$ , то використовується такий показник, як *орієнтовно безпечний максимальний разовий рівень дії* (ОБРД) забруднення повітря або тимчасова допустима концентрація (ТДК) – терміном на 2 роки.  $ЛК_{50}$  і  $ЛК_{100}$  – летальна концентрація, що викликає при диханні загибель 50% і 100% тварин (миші протягом 2, пацюки – 4 годин, відповідно).

Виділяють чотири класи небезпеки ЗР:

1. *Надзвичайно небезпечні* – бенз(а)пірен, свинець, сполуки ртуті і хрому, гексахлоран, ціановодні, пентаоксид ванадію, ДДТ, озон та ін.
2. *Високонебезпечні* – сірчана кислота, сірководень, кофеїн, феноли, діоксид азоту, бензол, хлор, оксиди марганцю та ін.

3. Помірно небезпечні – діоксид сірки, бутиловий спирт, пил та ін.
4. Малонебезпечні речовини – оксид вуглецю, етиловий спирт, аміак, нафталін, ацетон, скипидар та ін.

Таким чином, санітарно-гігієнічні нормативи повинні забезпечувати фізіологічний оптимум для життя людини.

#### 2.1.5. Принципи вибору забруднювальних речовин для контролю їх вмісту в атмосфері

Кількість речовин, що викидаються в атмосферу внаслідок антропогенної діяльності, постійно зростає. Вже декілька десятків років ведуться вимірювання за основними домішками, рекомендованими ВОЗ для обов'язкового контролю: пил,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ . Зараз в Україні прийнятий пріоритетний список ЗР, за якими повинен здійснюватися контроль. Окрім основних, вимірюють цілий ряд інших специфічних газоподібних домішок, аерозолів і твердих часток (табл. 2.5, 2.6).

Для ранжування ЗР розроблена методика ранжування за параметром споживання повітря ( $СП_i$ ).  $СП_i$  – це об'єм повітря, необхідний для розбавлення викидів потужністю  $M_i$  до середнього рівня концентрації:

$$СП_i = \frac{M_i}{q_i}. \quad (2.4)$$

Таблиця 2.5 – Загальнопоширені забруднювальні речовини і показники, що їх визначають в атмосферному повітрі та опадах

Основні забруднювальні речовини в атмосферному повітрі	
1. Пил	6. Бенз(а)пірен
2. Діоксид сірки	7. Формальдегід
3. Оксид вуглецю	8. Радіоактивні речовини
4. Свинець та його сполуки	(за погодженим переліком)
5. Діоксид азоту	
Додаткові інгредієнти атмосферних опадів	
1. Сульфати	7. Калій
2. Хлор	8. Кальцій
3. Азот амонієвий	9. Магній
4. Нітрати	10. рН
5. Гідрокарбонати	11. Кислотність
6. Натрій	

$СП_{mi}$  – це об'єм повітря, необхідний для розбавлення викидів потужністю  $M_i$  до рівня  $ГДК_{cdi}$ :

$$СП_{mi} = \frac{M_i}{ГДК_{cdi}}. \quad (2.5)$$

Таблиця 2.6 – Забруднювальні речовини в атмосферному повітрі, моніторинг яких проводиться на регіональному (локальному) рівні

1. Аміак	6. Кислота азотна	11. Сірководень	16. Сажа
2. Анілін	7. Кислота сірчана	12. Фенол	17. Етилбензол
3. Бензол	8. Водень хлористий	13. Оксид азоту	18. Хлор
4. Озон	9. Фтористий водень	14. Ртуть та її сполуки	19. Толуол
5. Ксилол	10. Водень ціаністий	15. Сірковуглець	20. Хлоранілін
21. Залізо та його сполуки	25. Нікель та його сполуки		
22. Кадмій та його сполуки	26. Хром та його сполуки		
23. Мідь та її сполуки	27. Цинк та його сполуки		
24. Миш'як та його сполуки	28. Марганець та його сполуки		

Необхідність організації контролю вмісту в атмосфері  $i$ -ої домішки оцінюється за співвідношенням  $СП_i$  та  $СП_{mi}$ . Якщо  $СП_{mi} \geq СП_i$ , тоді  $i$ -у домішку потрібно вимірювати.

На опорних стаціонарних постах організуються спостереження за вмістом основних ЗР: пилу,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  і за специфічними речовинами, характерними для промислових викидів більшості підприємств міста.

На неопорних і маршрутних постах проводять спостереження за вмістом специфічних домішок пріоритетного списку, характерних для прилеглих джерел викидів. Спостереження за основними домішками виконують за скороченою програмою. Одна специфічна домішка контролюється на 2–3 стаціонарних постах одночасно.

Окрім речовин з пріоритетного списку, в обов'язковий перелік речовин для контролю включають ті, точні обсяги викидів яких встановити досить складно:

- 1) *розчинні сульфати* – у містах з населенням більше 100 тис. осіб;
- 2) *бенз(а)пірен* – у містах з населенням більш 100 тис. осіб та в містах з великими джерелами викидів;
- 3) *формальдегід і сполуки свинцю* – у містах з населенням більш 500 тис. осіб, оскільки ці речовини викидаються переважно автотранспортом;
- 4) *важкі метали* – у містах з підприємствами чорної і кольорової металургії;
- 5) *пестициди* – у містах, розташованих поблизу великих сільськогосподарських територій, де застосовують хімічні засоби захисту рослин.

Перелік ЗР, що підлягають контролю, переглядається щоразу при інвентаризації промислових викидів, реконструкції і появи нових підприємств, але не рідше 1 разу на 3 роки.

При підфакельних вимірюваннях спостереження за основними домішками не проводять, тому що важко виділити внесок досліджуваної речовини у РЗА цими домішками. Під факелом ведуть спостереження за

специфічними домішками, характерними для викидів даного підприємства. Програму складають таким чином, щоб вимірів концентрації даної домішки за рік на кожній заданій відстані від джерела було не менше 50.

Щорічно складається програма роботи кожного поста спостережень. У першому рядку – пріоритет кожної речовини в місті; у другому – для кожного поста відзначаються ті речовини, що вимірюються на даному пості.

#### *2.1.6. Методи відбору проб атмосферного повітря*

**Методи відбору проб.** Визначення концентрацій більшості ЗР в атмосферному повітрі виконують, як правило, лабораторними методами. Відбір проб атмосферного повітря є важливою складовою аналізу його якості і здійснюється двома основними методами, а саме: *аспіраційним і методом заповнення посудин обмеженої ємності.*

Відбір проб першим методом здійснюється шляхом аспірації певного об'єму повітря через поглинальний прилад, заповнений твердим або рідким сорбентом для вловлювання забруднювальної речовини, або через аерозольний фільтр, що затримує частинки, які містяться в повітрі.

В результаті аспірації відбувається концентрування ЗР у поглинальному розчині (наприклад, розчинення і хімічна реакція аналізованої газоподібної забруднювальної речовини) чи на твердому сорбенті (силікагель, алюмогель, подрібнене скло та ін.). Поглинальні прилади найчастіше мають U-подібну форму і виробляються з інертних матеріалів: скло, фторопласт. Для вловлювання з повітря зважених частинок (пилу, сажі) використовуються фільтри, виготовлені з паперу або з волокнистих полімерних матеріалів (поліхлорвінілу, полістиролу, ацетилцелюлози), а також мембранні і скловолокнисті. Фільтр встановлюється в металевому фільтроутримувачі з конусною насадкою.

Параметри відбору проб, такі як витрата повітря і тривалість його аспірації через поглинальний прилад, тип поглинального приладу чи фільтра встановлюються в залежності від ЗР. Для достовірного визначення концентрації ЗР витрата повітря повинна складати десятки і сотні літрів за хвилину.

Другий метод відбору проб атмосферного повітря – метод заповнення посудин обмеженої ємності – підрозділяють на:

- *вакуумний*, коли з герметично закритої посудини відкачують повітря, а потім, безпосередньо в місці відбору проби посудину відкривають;
- *метод примусового продування посудини* 10-кратним об'ємом повітря в місці відбору проби, після чого посудину герметизують;
- *спосіб витіснення* попередньо залитої в посудину інертної рідини повітрям на місці відбору проби, після чого посудину герметизують.

Як посудину використовують звичайні скляні ємності. Найчастіше ці методи використовують для визначення оксиду вуглецю або інших газоподібних домішок, тип і походження яких невідоме. Для зважених домішок застосують тільки аспіраційний метод відбору проб повітря, а для газоподібних – обидва.

Відбір проб повітря здійснюється на стаціонарних чи пересувних постах, укомплектованих пристроями для відбору проб або автоматичними газоаналізаторами для безперервного визначення концентрації ЗР, а також приладами для метеорологічних спостережень.

**Висота і тривалість відбору проб.** При визначенні приземної концентрації домішки в атмосферному повітрі відбір проб проводиться на висоті 1,5-3,5 м від поверхні землі.

Проби підрозділяються, в залежності від режиму відбору, на:

- *разові*, при тривалості відбору 20-30 хвилин;
- *середні добові*, коли відбір здійснюється *безперервно* протягом 24 годин або *дискретно* через рівні інтервали часу протягом доби (відбирають не менше 4 разових проб).

**Засоби вимірювання.** На стаціонарних постах засоби вимірювання розміщуються в комплектах лабораторіях «Пост-1» і «Пост-2»<sup>7</sup>, а на маршрутних і підфакельних постах – у лабораторії «Атмосфера- II».

Для відбору проб повітря використовують електроаспіратори ЕА-1, ЕА-2, ЕА-2С, ЕА-3 і відбірники повітря, тобто збудники прокачування повітря. ЕА-1 застосовують для відбору разових проб газоподібних ЗР; ЕА-2С – для добових проб пилу на 1 фільтр у циклічному чи безперервному режимі на «Пост-2»; ЕА-3 – для разових і добових проб великого обсягу (пилу і газових ЗР) на 1 фільтр і в один поглинальний прилад на станціях фонового моніторингу.

Відбірники повітря «Компонент» застосовують для циклічного відбору разових проб АП у поглинальні прилади з метою подальшого визначення концентрацій газоподібних домішок. Тут передбачений автоматичний відбір 32 проб по чотирьох каналах на «Пост-2».

Пристрої, які реєструють обсяг повітря, що пропускається, це: реометри, ротаметри й інші витратоміри. Електроаспіратори ЕА-1, ЕА-2, ЕА-3 складаються зі збудника витрати АП (ротаційний насос, пилосос, вихровий вентилятор), фільтроутримувача, блока аспірації з витратоміром (ротаметром з нагрівачем, що включається при негативних температурах) і пульту керування.

Повітровідбірник «Компонент» складається з вакуумного насоса і корпуса, у якому – реле часу, вакуумметр, система клапанів. Забезпечується сталість витрати АП.

У лабораторії «Пост-1» розміщується основне і допоміжне устаткування для проведення спостережень за РЗА і вимірювання

<sup>7</sup> У м. Києві станом на 2007 р. у різних районах працювало 16 стаціонарних постів типу «Пост-2».

метеопараметрів. Працює при температурі 10-35 °С, відносній вологості до 80% і атмосферному тиску – 900-1040 ГПа.

Устаткування включає: автоматичні газоаналізатори ГМК-3 (СО) і ГКП-1 (SO<sub>2</sub>), системи для проведення відбору проб і метеорологічних спостережень, щоглу для встановлення датчика вітру, систему електропостачання та освітлення.

Стіни павільйону з термоізолювального матеріалу: усередині – пластик, зовні – дюралюмінієві осередки. У спеціальній камері розташовується метеостанція М-49. З чотирьох сторін павільйону на висоті 1,5 м – люки з кришками, в які можна вставити блок для відбору проб на пил і сажу. Над кришкою на висоті 50 см розташований забірний трубопровід (з фторопласту чи скла) із захисним ковпачком для відбору газоподібних ЗР.

«Пост-2» відрізняється наявністю автоматичного повітрязабірника «Компонент» і ЕА-2С. Для вимірювання метеопараметрів у лабораторії використовується автоматичний метеорологічний комплекс.

Пересувна лабораторія «Атмосфера-П» призначена для визначення рівня забруднення атмосфери і вимірювання метеопараметрів при проведенні маршрутних і підфакельних спостережень. Це – автофургон на шасі УАЗ, у приладовому відсіку на висоті 2,6 м якого встановлені прилади й устаткування для відбору проб на газові домішки, сажу і пил; газоаналізатори, вимірювальний пульт М-49 (або М-47) і пульт управління. На даху розташовано датчик швидкості і напрямку вітру, виносну штангу для датчиків температури, вологості та анеморумбометр.

У 2005 р. ЗАТ «Украналіт» розроблено автоматичний пост спостереження за станом атмосферного повітря «Атмосфера-10» (рис. 3.1а). Є також напівавтоматичні переносні прилади-індикатори на SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S («Атмосфера-1»), Cl<sub>2</sub> і O<sub>3</sub> («Атмосфера-2»), які застосовують у випадках аварій.

**Умови відбору проб.** При відборі разових проб повітря необхідно забезпечувати умови ізокінетичності – швидкість повітря, що пропускається через фільтр, повинна дорівнювати швидкості потоку, що набігає. Вирівнювання швидкостей здійснюється за рахунок застосування конусних насадок, вибір яких залежить від швидкості вітру. Фільтроутримувач повинен бути орієнтований назустріч вітровому потоку.

При добовому відборі проб повітря в умовах високої запиленості маса пилу на фільтрі може перевищити його пилоємність (5 мг/см<sup>2</sup>).

При відборі проб при мінусових температурах повітря підігрівається до 20<sup>0</sup>С. Один раз на місяць повітряні комунікації очищають від пилу, промивають теплою мильною водою, потім чистою водою зі спиртом і просушують.

Сорбційні трубки встановлюють строго вертикально, шаром сорбенту вниз, щоб повітря проходило через шар сорбенту знизу вгору.



При відборі проб повітря на фторид водню як провідник повітря використовують тільки фторопласт. Проби повітря на  $SO_2$ ,  $H_2S$  і  $SC$  повинні бути захищені від світла.

**Організація хімічного аналізу проб.** При визначенні концентрації домішки за допомогою ручних методів відбору проб і хімічного аналізу можуть виникнути помилкові результати. *Похибки* визначення концентрацій домішки при відборі проб повітря зумовлені такими причинами:

1. Похибка при визначенні *об'єму повітря*, що пройшло через поглинальний прилад;
2. *Порушення часу відбору* проб повітря – при зменшенні часу відбору проб повітря на хвилину похибка вимірювання збільшується на 5%;
3. Заниження *швидкості аспірації* (відсмоктування пилу);
4. *Сорбція* чи часткова *десорбція* речовини, що визначається на поверхні відбірника, якщо використовують гумові шланги;
5. *Потрапляння пилу в пробу повітря*, його накопичення у відбірнику і сорбція ЗР на часточках пилу, що призводить до заниження їх концентрації;
6. Недостатня *герметизація* системи відбору повітря або неправильне приєднання поглинальних приладів, що призводить до підсмоктування повітря.

Для запобігання перерахованих вище похибок регулярно (не рідше разу на місяць) необхідно проводити *калібрування електроаспіраторів*. Будь-які відхилення від необхідного режиму відбору проб повітря заносяться до журналу і враховуються при визначенні концентрацій ЗР. Як відбірник повітря використовують трубки тільки з *інертних матеріалів* (скло, фторопласт). Систему відбору повітря варто прочищати не рідше разу на місяць. Загальна довжина гумових з'єднань у провідниках повітря не повинна перевищувати 10 мм.

Джерелами похибок є також порушення *правил транспортування* і термінів збереження відібраних проб. Відразу після відбору проб поглинальні прилади закривають заглушками. Особливо ретельно при відборі проб на  $NH_3$  і  $NO_x$ . Проби на  $SO_2$  повинні оберігатись від потрапляння світла. При  $t > 25^\circ C$  проби  $SO_2$  і  $SC$  розміщують у холодильнику чи у термосі з льодом.

#### 2.1.7. Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря

У зв'язку з тим, що метеорологічні фактори визначають умови переносу і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, то відбір проб атмосферного повітря обов'язково супроводжується спостереженнями за основними метеорологічними параметрами: напрямком і швидкістю вітру, температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском, станом погоди і підстилаючої поверхні.

Результати спостережень записуються в робочий журнал спостерігача, а оброблені результати – у книжку запису спостережень за забрудненням атмосферного повітря і метеорологічними параметрами (КЗА-1).

*Стан погоди* оцінюють візуально за характерними ознаками (табл. 2.7) і вносять в книгу КЗА-1 відповідні записи і коди.

*Стан підстилаючої поверхні* у радіусі до 100 м від місця спостереження відзначається за градаціями у словесній формі: суха запилена (грунт і асфальт); суха незапилена; волога; мокра; зелена чи пожухла трава; сніг.

*Вимірювання швидкості і напрямку вітру.* Вітер – це рух потоку повітря в горизонтальному напрямку, який виникає внаслідок нерівномірного розподілу температури і тиску на земній поверхні. Вітер характеризується такими параметрами, як швидкість і напрямок, коливання яких називають поривчастістю вітру. При швидкостях 5-8 м/с вітер вважають помірним, понад 14 м/с – сильним; 20-30 м/с – штормом, понад 30 м/с – ураганом; різке короточасне посилення вітру до 20 м/с – шквалом, а повне безвітря – штилем.

Таблиця 2.7 – Характерні ознаки стану погоди

Код	Стан погоди	Характерні ознаки
0	Ясно	Немає хмар або хмари закривають не більше 2/10 неба; сонце не закрите
1	Змінна хмарність	Хмари закривають менше 8/10 неба; сонце час від часу закривається хмарами
2	Імла	Помутніння повітря за рахунок зважених часток пилу, диму, сажі. Повітря має синюватий відтінок
3	Серпанок	Слабке помутніння атмосфери за рахунок перенасичення повітря вологою. Повітря має сіруватий відтінок; горизонтальна видимість більша за 1 км
4	Дощ	Опади у вигляді крапель
5	Мряка	Опади у вигляді дрібних крапель
6	Пилова буря	Погіршення видимості на великій території через пил, піднятий сильним вітром
7	Сніг	Опади у вигляді крижаних кристалів
8	Туман	Помутніння атмосфери при горизонтальній видимості меншій 1 км
9	Похмуро	Небо вкрите хмарами на 8/10 і більше. Сонце не просвічує

Вимірювання проводяться за допомогою метеорологічної станції М-49, а також з використанням вітромірів, анемометрів, флюгерів, вимпелів та ін. Вимірювання швидкості (м/с) і напрямку (у градусах, румбах) вітру проводяться три рази – на початку, в середині і кінці терміну спостережень (1-а, 11-а і 18-а хвилини терміну спостережень). Щоразу записують 10

значень відліку напрямку і швидкості вітру через кожні 10 сек. Потім визначають середнє значення з 10, а потім – середнє з трьох вимірів.

За відсутності вітру в журналі пишуть «штиль», а швидкість – 0. Вимірювання ведуться за допомогою вітроміру чи ручного анемометра, що кріпляться на відстані 3-4 м від КВП з навітряної сторони на висоті 2 м від землі протягом 10 хв. Напрямок визначають протягом 2 хвилин за 16 румбами. Результати вимірювань за допомогою станції М-49 вносять до журналу КЗА-1 з точністю для швидкості вітру 0,5 м/с і напрямку вітру 1°.

**Вимірювання вологості і температури повітря.** У лабораторіях типу «Пост» вимірювання температури і вологості також здійснюється за допомогою метеостанції М-49. Вимірювання виконують 3 рази наприкінці спостережень. Визначається середнє арифметичне значення, а для температури вводиться паспортна поправка. Результат записують у КЗА-1 з точністю до 0,5°С. Протягом 20 хвилин спостереження проводять тричі: на 10-й, 12-й, 14-й хвилини.

**Атмосферний тиск.** Вимірюється на станції «Пост-2» за допомогою спеціального барометра М-67 з точністю до 1 мм рт. ст.

Усі спостереження записуються в робочий журнал спостерігача, перед кожним спостереженням фіксується оцінка «вивезені» чи «не вивезені» поглинальні прилади в лабораторію. Усі операції ручного відбору проб зводять у таблиці за єдиною формою (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Послідовність операцій при відборі разових проб повітря

№ п/п	Послідовність операцій	Запланований час, хвилин		
		До початку відбору проб	Під час відбору проб	Після відбору проб
1	2	3	4	5
1	Встановити штатив з необхідними приладами	за 30-15		
2	Оцінити стан погоди, підстилаючої поверхні і характеристики факела	за 5-10		
3	Провести попереднє визначення швидкості і напрямку вітру	за 5		
4	Вибрати насадки, встановити фільтри і поглинальні прилади	за 5-1		
5	Відбір проб повітря		1-20	
6	Вимірювання атмосферного тиску		на 5-й	
7	Температура повітря перед аспіратором	за 1-2	на 10-й	через 1-2
8	Вимірювання швидкості і напрямку вітру		на 1-й, 11-й, 18-й	

*Продовження таблиці 2.8*

1	2	3	4	5
9	Вимірювання температури і вологості на М-49, психрометром		на 10-й, 12-й, 14-й, на 18-20-й	
10	Контроль за швидкістю аспірації		постійно	
11	Відключити аспіратори, герметизувати поглинальні прилади і помістити їх у шухляду для транспортування			на 1-5-й

*2.1.8. Проведення підфакельних спостережень*

*Підфакельні спостереження* – вимірювання концентрацій домішок під проекцією факела викидів із труби промислового підприємства. Місце розташування точок відбору проб змінюється в залежності від напрямку факела (напряму вітру). Радіус проведення спостережень – не менш 10-15 км. Для перевезення апаратури, джерел живлення, радіостанції необхідна автомашина. За робочу зміну на одній машині можна провести спостереження в 8-10 точках; як правило, в 4-5 точках по 2 рази на день. Відбір проб виконують на відстанях 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 і 30 км. На 0,5 км – забруднення атмосфери від низьких джерел, а на далеких – сумарне забруднення від низьких, неорганізованих і високих джерел викидів.

Вимірювання концентрації забруднювальних речовин проводять у центральних точках по осі факела та в точках ліворуч і праворуч по перпендикуляру від осі. Відстань між точками залежить від ширини факела: сектор розширюється від 50 до 300-400 м. При зміні напрямку вітру спостереження переміщуються в зону впливу факела. За наявності перешкод (водойми, відсутність доріг і т.д.) вибирають інші точки. Частіше варто проводити спостереження на відстані 10-40 середніх висот труби від джерела викиду, де існує велика імовірність появи максимуму концентрацій. Спостереження за специфічними домішками: на кожній фіксованій відстані від джерела викиду повинно бути не менше 50 вимірів кожної речовини.

Важливо правильно встановити напрям факела і вибрати точки відбору проб. Напрямок факела оцінюють візуально. Якщо димова хмара відсутня – за напрямом вітру (за кулепілотними спостереженнями) на висоті викиду, за запахом характерних забруднювальних речовин і за видимими факелами прилеглих (найближчих) джерел забруднень.

Відбір проб здійснюється на висоті 1,5 – 3,5 м від поверхні землі за методикою стаціонарного посту. Підфакельні спостереження виконують в ті ж самі терміни вимірювань, що і на стаціонарних та маршрутних постах. Щоб вивчити розподіл максимальних концентрацій у різні години доби виконують додаткові вимірювання в інші терміни.

### 2.1.9. Збирання і обробка результатів хімічних аналізів

Дані про результати регулярних спостережень забруднення атмосфери і метеорологічних параметрів надходять у відповідні підрозділи Держгідрометслужби МНС, де проходять контроль і зводяться у *таблиці забруднення атмосфери* (ТЗА). ТЗА – первинна форма збору результатів спостережень за концентрацією домішок і необхідними метеорологічними та аерологічними характеристиками.

*ТЗА-1* – результати разових спостережень за забрудненням атмосферного повітря на мережі постійно діючих стаціонарних і маршрутних постів в одному місті, а також дані метеорологічних і аерологічних спостережень.

*ТЗА-2* – результати підфакельних спостережень.

*ТЗА-3* – дані середньодобових спостережень за випаданням пилу і газоподібних домішок (визначення концентрацій).

*ТЗА-4* – дані безперервних спостережень за допомогою газоаналізаторів.

ТЗА-1 складається з основної і додаткової, яка називається ТЗА-1Д. Таблиця ТЗА-1 містить 8 сторінок (100-120 спостережень на місяць). У неї записують дані спостережень за концентрацією домішок і метеопараметрів, що відповідають термінам відбору проб на метеостанції. У ТЗА-1Д заносять дані спостережень за концентрацією та метеорологічні дані на постах СЕС і інших відомств міста, а також результати спектрального визначення в пробах вмісту металів.

Для зручності підготовки даних до машинної обробки на титульному листі ТЗА-1 записуються закодовані значення у вигляді шестизначних груп відповідно до макета кодування (табл. 2.9): гг – рік спостережень (дві останні цифри); ММ – місяць; hhh – висота метеостанції над рівнем моря (в десятках метрів, наприклад, висота 287 м кодується як 029);  $P_{\lambda}$  – довгота: 0 – східна довгота  $\geq 100^{\circ}$ ; 1 – східна довгота  $< 100^{\circ}$ ; 2 – західна довгота  $\geq 100^{\circ}$ ; 3 – західна довгота  $< 100^{\circ}$ ; фф  $\lambda\lambda\lambda$  – координати метеостанції; РР – кількість постів (якщо упродовж місяця вона змінюється, то ставиться найбільше число; РР повторюється в кожному заповненому рядку); RR – загальне кількість домішок, за якими велось спостереження (найбільша в даному місяці); K – ознака спостережень: K = 1 – пункт розташований на метеостанції або поблизу від неї; K = 2 – пункт розташований поза зоною метеостанції, результати записані в ТЗА-1Д; K = 7 – результати спектрального аналізу пилу занесені до ТЗА-1Д; S – знак координат поста, який визначають за схемою: XXXX – координати поста (будуються за схемою міста шляхом накладання сітки з кроком 1 км).

Таблиця 2.9 – Форма титульної сторінки таблиці ТЗА-1

Рік \_\_\_\_\_ Місяць \_\_\_\_\_ Місто \_\_\_\_\_ Номер міста \_\_\_\_\_  
 Область \_\_\_\_\_ Район \_\_\_\_\_  
 Висота метеостанції над рівнем моря \_\_\_\_\_

II 11 гр	MM hhh P <sub>λ</sub>	φφφ λλλ
Група I	Група II	Група III

*Відомості про пости*

Кількість постів PP	Кількість домішок RR	K	Координати		Номер поста NN	Адреса
			S	XXXX		
Група IV			Група V			

Після заповнення таблиці роблять розрахунки середніх і максимальних концентрацій за всі дні, а також за дні з опадами і без опадів, за дні зі швидкістю вітру менше 2, від 2 до 5 і більш м/с, кількість випадків перевищення ГДК.

*2.1.10. Організація безперервної реєстрації забруднень атмосферного повітря*

Оскільки за даними дискретних спостережень важко встановити зв'язок забруднення з метеорологічними характеристиками і не можна встановити добовий хід концентрації домішки, на мережі моніторингу встановлюють газоаналізатори, що подають інформацію про добовий хід концентрації за записом на діаграмній стрічці (рис. 2.1). Окрім того, дані газоаналізаторів необхідні для наукових досліджень, наприклад, для проведення спектрального аналізу.

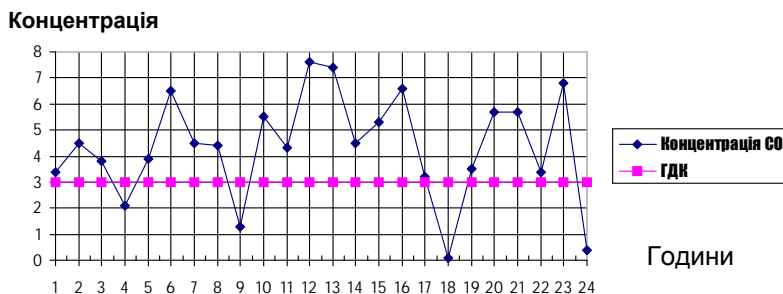


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення стрічки газоаналізатора ГМК-3

Найбільш поширені такі газоаналізатори:

ГКП-1 – кулонометричний газоаналізатор –  $SO_2$ ;

667φφ – флюоресцентний газоаналізатор –  $SO_2$ ;

*ГМК-3* – оптико-акустичний газоаналізатор – *CO*;  
*645ХЛ* і *652ХЛ* – хемілюмінесцентні газоаналізатори *NO<sub>x</sub>* і *O<sub>3</sub>* відповідно;  
*623ИИ* – іонізаційний газоаналізатор (вуглеводні).

Для забезпечення правильної обробки дані газоаналізатора записують у робочий журнал, де на титульному аркуші вказується тип газоаналізатора, заводські номери датчика і самописця, висота забору повітря (звичайно 2 м), місце і характеристика встановлення датчика, швидкість проходження діаграмної стрічки – звичайно це 60 мм на годину, стрічка довжиною 144 см.

На стрічці записується дата її закладання і зняття з самописця.

Результати обробки стрічки записуються на стрічці й у журнал. Дані безперервної реєстрації забруднення атмосфери з усіх газоаналізаторів міста за місяць зводять у таблицю ТЗА-4.

## **2.2. Моніторинг поверхневих вод суші**

В Україні налічується 63 119 річок, у тому числі великих (площа водозбору більше 50 тис. км<sup>2</sup>) – 9, середніх (від 2 до 50 тис. км<sup>2</sup>) – 81 і малих (менше 2 тис. км<sup>2</sup>) – 63 029. Загальна довжина річок становить 206,4 тис. км, з них 90% припадає на малі річки.

Основними показниками рівня водозабезпечення території є об'єм сумарного і місцевого стоку на 1 км<sup>2</sup> площі та на одного жителя (в Україні на одного жителя припадає близько 1,0 тис. м<sup>3</sup> на рік, що ставить її в один ряд з найменш забезпеченими водою країнами Європи).

В Україні з найбільш водозабезпечених є Карпатський регіон, що планується розвивати як великий курортно-туристичний комплекс. Наявність мінеральних і термальних вод, унікальних природних ландшафтів створює сприятливі умови для перетворення регіону у здравницю не тільки республіканського, але і міждержавного рівня.

Друге місце за рівнем водозабезпеченості займають райони Полісся. На цій території формується стік багатьох річок України, в тому числі таких великих, як Дніпро, Прип'ять, Десна та їх притоки. Оскільки більше, ніж 60% усього стоку Дніпра формується вище Києва, проблема раціонального і науково обгрунтованого водокористування в регіоні набуває особливо важливого значення. Порушення тут природних умов може негативно впливати на кількісні та якісні показники водних джерел. Крім того, поверхневі і підземні води зазнали значного техногенного впливу в результаті катастрофи на Чорнобильській АЕС. Все це ускладнює використання водних ресурсів у господарській діяльності, особливо в сільськогосподарській і комунальній сферах.

### *2.2.1. Джерела і види забруднень поверхневих вод*

Антропогенне забруднення гідросфери має глобальний характер і суттєво зменшує доступні експлуатаційні ресурси прісної води на планеті.

Загальний об'єм промислових, сільськогосподарських і комунально-побутових стоків сягає 1300 км<sup>3</sup>, для розбавлення яких необхідно приблизно 8,5 тис. км<sup>3</sup> води, тобто 20% повного і 60% стійкого стоку річок світу.

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році у поверхневій водні об'єкти скинуто 8 579 млн. м<sup>3</sup>, що, порівняно з 2006 роком, на 95 млн. м<sup>3</sup> більше. Найбільшими забруднювачами є: промислові підприємства – 2332 млн. м<sup>3</sup> (в основному енергетики, чорної металургії та вугільної промисловості міст Запоріжжя і Дніпропетровськ, Донецької області) та об'єкти житлово-комунального господарства – 1459 млн. м<sup>3</sup> (переважно підприємства міст Київ, Дніпропетровськ, Львів, Одеса, Кривий Ріг, Запоріжжя та Севастополь). Найбільше забруднених вод скинуто водокористувачами м. Києва – 366,2 млн. м<sup>3</sup> та таких областей: Дніпропетровської – 611,4 млн. м<sup>3</sup>, Донецької – 1438 млн. м<sup>3</sup>, Луганської – 203,5 млн. м<sup>3</sup>, Запорізької – 482,3 млн. м<sup>3</sup>, Львівської – 188,5 млн. м<sup>3</sup>, Одеської – 191,2 млн. м<sup>3</sup>.

Усі галузі господарства щодо водних ресурсів поділяються на водоспоживачів і водокористувачів.

*Водоспоживачі* забирають воду, використовують її для потреб промисловості та сільського господарства і для забезпечення побутових потреб населення, а потім повертають у водний об'єкт, але вже в іншому місці і, як правило, в меншій кількості та з іншими якісними характеристиками.

*Водокористувачі* використовують воду як середовище (водний транспорт, риболовство і т.д.) або як джерело енергії (ГЕС), але при цьому можуть змінювати *якість води* (наприклад, водний транспорт), гідрологічний режим (наприклад, ГЕС) і т.д.

Загальна маса забруднювальних гідросферу речовин складає близько 15 млрд. т на рік. До найбільш небезпечних забруднювачів належать солі важких металів, феноли, пестициди, нафтопродукти, органічні отрути, насичена бактеріями біогенна органіка, синтетичні поверхнево активні речовини, мінеральні добрива та ін.

Крім хімічного забруднення водою має місце також механічне, термічне і біологічне забруднення. В основі оцінювання небезпеки всіх видів порушень лежить загальний принцип, що базується на визначенні об'єму забруднених стоків і розмірів, які перевищують їх нормативний рівень.

*Забруднення природних вод* – це процес зміни їх фізичних, хімічних і біологічних властивостей, що може шкідливо впливати на людину та інші живі організми, а також обмежувати можливість цільового використання води. Водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо показники складу і властивостей води в них змінюються під прямим або непрямим впливом



виробничої діяльності і побутового використання населенням та стають частково або повністю непридатними для одного із видів водокористування.

Сучасний рівень забруднення поверхневих (континентальних) вод визначається комплексом антропогенних факторів-впливів:

- органічні нетоксичні забруднення (*сапробізація*);
- органічні і мінеральні токсичні забруднення (*токсикація*);
- мінеральні речовини, які стимулюють зростання водоростей, переважно сполуки фосфору *P* та азоту *N* (*евтрофікація*);
- кислі дощі (*ацидифікація*);
- радіонукліди (*нуклідизація*).

Неочищені і частково очищені стічні води призводять до зміни фізико-хімічних властивостей водних об'єктів та їх забруднення. У забруднених водних об'єктах відбуваються складні процеси, які приводять до відновлення їх природного стану. Сукупність гідродинамічних, біологічних, хімічних і фізичних процесів, які приводять до зниження концентрації забруднювальних речовин у воді, називається *самоочищенням*.

При потраплянні у водні об'єкти кількох речовин з однаковими *лімітувальними показниками шкідливості* (ЛОШ), що належать до 1 і 2 класів небезпечності, та з урахуванням домішок, які надійшли у водний об'єкт від розташованих вище джерел, сума відношень концентрацій ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) кожної речовини у водному об'єкті до відповідної ГДК не повинна перевищувати 1:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1.$$

Кількісна і якісна оцінки водних ресурсів свідчать, що Україна має обмежені можливості їх додаткового залучення в господарський обіг. Тому в перспективі розвиток галузей економіки може здійснюватись на основі розробки і впровадження науково обґрунтованої системи ведення водного господарства, оптимізації водокористування, найбільш економного та раціонального використання води, переведення промислового і сільськогосподарського виробництва на безводні та маловодні технології, проведення більш ефективної водоохоронної діяльності, реалізації заходів, спрямованих на охорону і відтворення водних ресурсів, здійснення протиінфільтраційних заходів та боротьби з непродуктивними втратами води.

Найбільш показовим мікроорганізмом забруднення води вважається кишкова паличка (*Escherichia coli*). З одного боку, вона – постійний мешканець у кишечнику людини, а з іншого – наявність у воді бактерій кишкової групи свідчить про надходження до водойми недостатньо очищених господарсько-побутових стічних вод, фекалій тощо.

Ступінь біологічного забруднення характеризується такими показниками як *колі-тітр* (найменший об'єм води, що припадає на одну кишкову паличку) та *колі-індекс* (абсолютна кількість кишкових паличок в 1 дм<sup>3</sup> води). Якщо вода очищена до значення колі-тітру 300 або колі-індексу 3, вона вважається нешкідливою і не викликає ніяких епідемічних захворювань (згідно з ГОСТ 2874-82). Окрім того, інколи використовуються додаткові санітарно-показові організми: *санпрофіти*, *протей* (мікроб гниття), *термофільні мікроорганізми* (до 80°C), *бактеріофаги*, гідробіологічні одноклітинні і багатоклітинні організми.

Еколого-токсикологічний контроль за стічними водами виконується методами біотестування з використанням 2-х видів тест-об'єктів – *Daphnia magna straus* і *Simocephalus serrulatus Koch*.

З 1 січня 2000 року в Україні діють нові санітарні правила і норми<sup>8</sup>. У новому документі, на відміну від ГОСТ 2874-82, збільшено кількість показників, що нормуються, визначення яких є необхідним для забезпечення якості питної води, нешкідливої і безпечної для здоров'я людини, а також змінений підхід до організації і проведення лабораторного контролю. Зокрема, як обов'язкові введені такі показники, як *біохімічне споживання кисню (БСК)* та *хімічне споживання кисню (ХСК)*.

*Біохімічне споживання кисню* – це показник забруднення вод органічними речовинами; показує яку кількість кисню потрібно мікроорганізмам для переробки усієї схильної до розкладання органічної речовини у неорганічні сполуки протягом декількох діб (наприклад, *ГДК* для питної води за *БСК<sub>5</sub>* означає, що протягом 5 діб *біохімічне споживання кисню* не повинно перевищувати 3 мг O<sub>2</sub> на 1 дм<sup>3</sup> води). Вміст *розчиненого кисню (РК)* – величина, обернена *БСК* (за вимогами Держстандарту питна вода повинна містити не менше 4 мг розчиненого O<sub>2</sub> на 1 дм<sup>3</sup>). На практиці поширення отримали два види цього показника: «*БСК<sub>5</sub>*» та «*БСК<sub>20</sub>*». Вважається, що показник «*БСК*» характеризує концентрацію у воді легкоокислюваних органічних речовин.

*Хімічне споживання кисню* – кількість кисню O<sub>2</sub> в мг/дм<sup>3</sup>, котра необхідна для повторного окислювання органічних речовин у пробі води, у результаті чого C, H, S, P та ін. окислюються до CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, а азот N перетворюється до рівня амонійної солі. Ці реакції ще називають біхроматним окислюванням. *ХСК* для питної води не повинне

---

<sup>8</sup> СанПін “Вода питна. Гігієнічні вимоги господарсько-питного водопостачання”. Основою для розробки цих санітарних правил і норм стали: ГОСТ 2874-82, проаналізовані міжнародні підходи до нормування окремих показників якості питної води і, частково, рекомендаційні документи ВОЗ (призначені, насамперед, для країн, що розвиваються і тільки облаштовують свої системи централізованого господарсько-питного водопостачання).

перевищувати  $15 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ . Вважається, що показник «ХСК» характеризує концентрацію у воді важкоокислюваних органічних речовин.

Різноманітні ЗР у відкриті водні об'єкти надходять зі:

- стічними водами населених пунктів, промислових і сільськогосподарських підприємств;
- дощами і талими водами в результаті змиву з поверхні часток ґрунту, добрив, отрутохімікатів, нафтопродуктів, побутового бруду та інших речовин;
- скидами водного транспорту і зі споруд на берегах водойм;
- атмосферними опадами, в яких містяться різні речовини і сполуки від викидів в атмосферу.

Окрім того, неорганізований стік опадів (ливневі і талі води) забруднюють водойми суттєвою частиною техногенних тереполутантів.

За походженням *стічні води* поділяються на декілька груп: 1) *господарсько-побутові*; 2) *промислові*; 3) *поверхневий стік* підприємств і населених пунктів; 4) *поверхневий стік* з сільськогосподарських територій; 5) *рудникові і шахтні води*. Кожна група має свій специфічний склад, в якому переважає певна група забруднювальних речовин.

Одним з найбільш поширених антропогенних впливів на екосистеми озер і водосховищ є *процес евтрофікації*, при якому прискорюється процес їх старіння. До цього процесу призводить збільшення біогенних та органічних речовин (в першу чергу тих, в яких містяться фосфор і азот), що потрапляють у водойми при змиві добрив з полів, затоплених земель, а також із комунальними стоками. При цьому відбувається швидке перетворення внесених речовин в нітрати, які самі по собі дуже небезпечні для людини. При попаданні у водойми нітрати прискорюють процеси евтрофікації, які починаються при концентрації нітратного азоту  $0,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$ . Зі збільшенням цвітіння води (збільшення кількості синьо-зелених водоростей) у воді зменшується вміст кисню. Це призводить до скорочення чисельності деяких популяцій і появи у воді токсинів.

Іншим прикладом антропогенних впливів як об'єкта екологічного моніторингу є закислення поверхневих вод (і ґрунтів) в результаті випадання кислотних дощів (при емісії  $\text{SO}_2$  в атмосферу).

При  $pH < 5,8$  у водоймах зникає більшість діатомових та зелених водоростей; представники зоопланктону (дафнії) зникають при  $pH < 6,0$ . Збільшення іонів  $\text{SO}_3^{2-}$  в опадах призводить до падіння рівня  $pH$ . Відтворення риби має значні ускладнення при  $pH < 5,5$ .

Водні екосистеми, в яких живі компоненти представлені, в основному, водоростями та найпростішими, порівняно швидко реагують на забрудненість. Ця реакція визначається або в зменшенні кількості видів, або в зміні розподілу чисельності особин по видах. При цьому можливе як зменшення, так і збільшення чисельності окремих видів (останнє буває внаслідок зменшення конкуренції). Відмічено також зменшення в річкових

та озерних екосистемах, в результаті їх забруднення, кількості молюсків та членистоногих.

Таким чином, у водних екосистемах доказом надмірної кількості *нетоксичних органічних і неорганічних речовин* може бути використаний процес *евтрофікації*, який супроводжується значним збільшенням біомаси синьо-зелених водоростей, зникненням або зменшенням кількості різних організмів через нестачу кисню і появу продуктів розкладу планктону, токсинів синьо-зелених водоростей, збільшенням гетеротрофної частини біоценозу.

У випадку *теплого забруднення водою* необхідно звертати особливу увагу на таку відповідну реакцію екосистем, як заміна діатомових співтовариств на зелені чи синьо-зелені водорості і зменшення видової різноманітності найпростіших.

У випадку надходження *токсичних речовин і радіоактивних ізотопів* необхідно звертати увагу на їх концентрацію в одноклітинних організмах, скорочення видової різноманітності та зменшення чисельності особин багатьох видів.

Таким чином, узагальнювальним біоіндикатором теплового, радіаційного, органічного та неорганічного забруднень водного середовища як токсичними, так і нетоксичними забруднювальними речовинами є *збільшення біомаси синьо-зелених водоростей, скорочення видової різноманітності та чисельності багатьох видів*.

### 2.2.2. Організація системи моніторингу водних середовищ

*Моніторинг поверхневих вод* – це система послідовних періодичних спостережень, збору та обробки інформації про стан водних об'єктів, прогнозування можливих змін якості води та розробка науково обгрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо покращення стану відкритих водних об'єктів<sup>9</sup>.

Основними завданнями моніторингу поверхневих вод є спостереження, оцінювання та прогнозування змін якості води у відкритих водних об'єктах. Система моніторингу поверхневих вод є інформаційно-аналітичною і не містить в собі елементів управління. При цьому, вона є необхідною складовою частиною державної системи управління навколишнім середовищем і регулювання його якості.

Основною метою налагодження системи спостережень за рівнем забруднення водних об'єктів є одержання достовірної інформації про природну якість води та аналіз змін якості води під дією антропогенних факторів.

Система моніторингу водних об'єктів вирішує такі завдання:

– забезпечує спостереження за рівнем забруднення водного середовища за

<sup>9</sup> Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 20.07.1996 р. № 815 „Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод”.

- хімічними, фізичними та гідробіологічними показниками;
- вивчає динаміку ЗР і виявляє умови, при яких проходять різні коливання рівнів забруднень;
  - вивчає закономірності процесів самоочищення та самовідновлення, а також накопичення ЗР у донних відкладеннях;
  - вивчає закономірності виносу речовин через гирлові створи річок у водойми.

До об'єктів державного моніторингу природних вод України відносять:

- поверхневі води, до яких належать природні водойми і водотоки (річки, струмочки), штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;
- підземні води і джерела;
- внутрішні морські води і територіальне море, морську економічну зону;
- джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скиди рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобутку корисних копалин в межах акваторій поверхневих і морських вод;
- води поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь;
- фільтрацію забруднювальних речовин з технологічних водойм і сховищ;
- масовий розвиток синьо-зелених водоростей;
- надходження забруднювальних речовин з донних відкладень (повторне забруднення) та ін.

Моніторинг стану вод суші та вмісту забруднювальних речовин у водних об'єктах здійснюють 6 суб'єктів моніторингу: МНС (Державна гідрометеорологічна служба), Мінприроди (Державна екологічна інспекція, Державна геологічна служба), МОЗ (санітарно-епідеміологічна служба), Мінагрополітики, Мінжитлокомунгосп, Держводгосп України та їх органи на місцях.

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році мережею спостережень охоплено понад 170 річок та водосховищ і більше як 20 озер – спостереження здійснюються на 3245 відомчих постах. Крім того, постійний контроль за якістю зворотних вод, що надходять у водні об'єкти, виконують комунальні та промислові підприємства, які здійснюють очищення стічних вод. Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження за гідрохімічним станом вод на 374 створах у 240 пунктах спостережень на 151 водному об'єкті. На цій мережі отримують дані з періодичністю відбору проб 4–12 разів на рік за 46 показниками і оцінюють хімічний склад, біогенні параметри та наявність зважених часток і органічних речовин, основних забруднювальних речовин та пестицидів. Державною гідрометеорологічною службою у 16 пунктах на 8 водних об'єктах проводяться спостереження за хронічною токсичністю води.

Державна екологічна інспекція має розгалужену мережу спостережень за станом поверхневих вод та контролю за скидами зворотних вод до природних водних об'єктів, яка складається з 1312 постів спостережень на всіх значущих водних об'єктах. Періодичність проведення спостережень та відбір проб на постах обумовлюється програмою спостережень і здійснюється, в основному, 4–6 разів на рік. Кількість показників, що спостерігаються, становить від 25 до 60.

Моніторинг якості води за фізичними та хімічними показниками здійснюється на 507 створах, 72 водосховищах, 164 річках, 14 зрошувальних системах, 1 лимані та 5 каналах комплексного призначення згідно з відомчим регламентом в основному з періодичністю 4–8 разів на рік.

В останні роки в рамках міжнародних угод приділяється велика увага організації та веденню транскордонного моніторингу поверхневих вод. Для басейнів річок, особливо транскордонних, розробляються та впроваджуються *плани управління річковими басейнами* (ПУРБ) з урахуванням принципів *інтегрованого управління водними ресурсами* та рекомендацій Єврокомісії, головним чином, **Водної рамкової директиви 2000/06/ЕС (ВРД)**.

У ВРД програмам організації моніторингу вод присвячено статтю 8 «Моніторинг стану поверхневих вод, стану підземних вод та охоронних зон». Для поверхневих вод програми повинні охоплювати: об'єм і рівень або витрату потоку та екологічний і хімічний стан, а також екологічний потенціал водних об'єктів. Для підземних вод такі програми повинні охоплювати моніторинг хімічного та кількісного стану. У Додатку V ВРД вказано які саме показники або групи показників якості води слід вимірювати для кожного виду водних об'єктів (окремо для поверхневих та підземних вод), дана характеристика критеріїв визначення екологічного стану вод за фізико-хімічними, гідробіологічними та гідроморфологічними показниками, причому особлива увага приділена саме гідробіологічним показникам якості води. ВРД містить комплекс директив щодо вибору частоти спостережень, щодо методик виконання вимірювань показників (фізико-хімічних та гідробіологічних), щодо забезпечення можливості коректного порівняння результатів спостережень різних країн, щодо подання результатів моніторингу та їх інтерпретації: визначення екологічного і хімічного стану та екологічного потенціалу водних об'єктів. Індикативний перелік основних речовин-забрудників окремо поданий у Додатку VIII, а пріоритетних речовин – у Додатку X ВРД.

ВРД вимагає для кожного басейну річки створити *програму контрольного моніторингу* (переважно для оцінювання довгострокових змін у водних об'єктах у непорушених умовах та змін, які виникають через широко розповсюджену антропогенну діяльність) і *програму робочого моніторингу* (переважно для об'єктів, що зазнають антропогенного тиску,

але для яких є ризик щодо виконання для них екологічних цілей, які ставляться у ВРД). У деяких випадках створюються *програми дослідницького моніторингу* (для об'єктів, де причина будь-яких перевищень невідома; для з'ясування розмірів та впливу аварійного забруднення; для об'єктів, для яких контрольний моніторинг показує, що екологічні цілі навряд чи будуть досягнуті, з метою виявлення причин такої ситуації).

Важливою особливістю ВРД є використання референційних умов водних об'єктів. Усі поверхневі водні об'єкти розбиваються на типи за рядом критеріїв. Для кожного типу встановлюються типоспецифічні референційні (початкові) гідроморфологічні, гідробіологічні та фізико-хімічні умови, які репрезентують величини відповідних гідроморфологічних, гідробіологічних та фізико-хімічних елементів якості для такого типу водного об'єкта за умови відмінного екологічного стану. Саме з такими референційними умовами і проводиться порівняння параметрів кожного реального водного об'єкта з метою визначення коефіцієнта його екологічної якості та ін.

*Коефіцієнт екологічної якості* виражає співвідношення між вимірними значеннями біологічних параметрів та референційними значеннями обраного поверхневого водного об'єкта. Коефіцієнт виражається числовою величиною від нуля до одиниці: відмінний екологічний стан відповідає значенням, близьким до одиниці, а поганий екологічний стан — значенням, близьким до нуля (ВРД, Додаток V, 1.4).

Вимоги до створення плану управління річковим басейном встановлюються статтею 13 ВРД, а структура типового плану визначається Додатком VII ВРД, де одними з основних елементів є карта мереж моніторингу та подані у формі карти результати моніторингових програм для поверхневих (екологічні та хімічні показники) і підземних вод (хімічні та кількісні показники).

Подібні плани управління річковим басейном створюються для всіх великих річок України в межах, переважно, міжнародних проектів та програм.

### *2.2.3. Пункти спостережень і контрольні створи*

Під *пунктом спостереження* за станом поверхневих вод розуміють місце на водоймі або водотоці, де систематично проводиться комплекс робіт для одержання необхідних даних про якість води.

Важливим етапом в організації спостережень за забрудненнями є вибір місця розташування пункту спостережень – застосовуються дві схеми розміщення пунктів гідрохімічних спостережень: об'єктна і територіальна.

*Об'єктна схема* застосовується для вивчення гідрохімічного режиму великих і середніх водних об'єктів і включає пункти, розташовані: на

великих і середніх річках і каналах, що мають велике господарське значення; у замикальних створах великих річок, що впадають у моря; на великих озерах і водоймах.

*Територіальна схема* застосовується для фонових спостережень, вивчення і регіонального узагальнення характеристик гідрохімічного режиму малих річок. Пункти спостережень за цією схемою намічаються у створах, що замикають порівняно малі річкові водозабори, що добре відбивають місцеві умови природних районів досліджуваної території.

Необхідною умовою є синхронність усіх видів спостережень, їх систематичність та узгодженість термінів спостережень.

Одна з головних вимог, які висуваються до розташування пункту спостережень, – репрезентативність відносно масштабів і видів забруднення стічними водами окремих галузей господарства. Систематичні спостереження за рівнем забруднень поверхневих вод проводяться на постійних та тимчасових пунктах спостережень, які розміщуються в місцях наявності або відсутності впливу господарської діяльності. При цьому обов'язково організовується:

- стаціонарна мережа пунктів спостережень за природним складом і забрудненням поверхневих вод;
- спеціалізована мережа пунктів спостережень забруднених водних об'єктів для вирішення науково-дослідних задач;
- тимчасова експедиційна мережа пунктів спостережень на об'єктах, не охоплених першими двома видами спостережень.

При організації мережі спостережень обов'язковими є такі вимоги:

- перевага повинна надаватись вивченню антропогенних впливів на поверхневі води;
- систематичність і комплексність спостережень за якістю води за фізичними, хімічними та біологічними показниками з паралельним проведенням відповідних гідрологічних вимірювань;
- узгодження термінів спостережень з характерними гідрологічними ситуаціями;
- визначення показників якості води єдиними методами на всій мережі для забезпечення можливості порівняння результатів;
- оперативність одержання інформації про якість води і стан водних об'єктів.

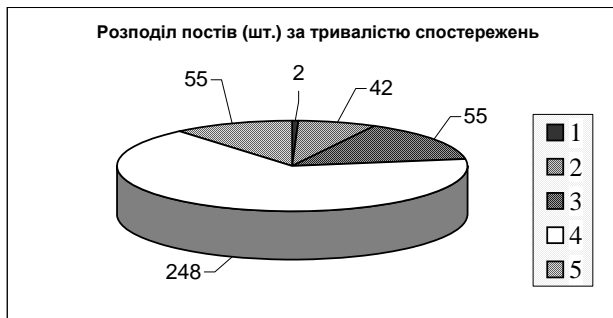
В основу рекомендацій щодо визначення місць розташування гідрологічних пунктів спостережень покладено принцип своєчасності і достовірності отримання основних характеристик (рівня води і річкового стоку). Кількість і щільність пунктів спостережень визначаються запитами економічних служб і служби прогнозів, а також природно-кліматичними факторами.

Найбільша кількість постів Держгідрометслужби має тривалість спостережень від 51 до 100 років (рис. 2.2), трохи менше постів мають



тривалість спостережень від 31 до 50 років. Отже, ряди спостережень мають достатню тривалість і можуть використовуватись для різного роду статистичних розрахунків гідрологічних характеристик та гідрохімічних показників якості води.

У 2001 р. гідрологічна мережа України нараховувала 374 пости, з яких на 339 вимірювали витрати води, а на 119 здійснювалось вивчення твердого стоку. Озерна мережа нараховує 60 постів.



1	1 – 10 років	3	31 – 50 років	5	більше 100 років
2	11 – 30 років	4	Від 51 – 100 років		

Рисунок 2.2 – Розподіл гідрологічних постів за тривалістю спостережень

У 2007 році спостереження за станом забруднення поверхневих вод за гідрохімічними показниками проводились організаціями Держгідрометслужби на 151 водному об'єкті (127 річках, 15 водосховищах, семи озерах, одному лимані та одному каналі) у 240 пунктах і 374 створах. Спостереження за якістю поверхневих вод за гідробіологічними показниками проводилися на 45 водних об'єктах (38 річках та 7 водосховищах) у 88 пунктах, на 168 створах.

В Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті НАН України та МНС України (УкрНДГМІ) в 1996-1999 рр. були виконані роботи з оптимізації мережі гідрологічних спостережень (за твердим і рідким стоком) на річках України.

Головні завдання і функції мережі гідрометеорологічних спостережень щодо забезпечення органів державної влади і управління, галузей господарства, прогностичних організацій гідрометслужби оперативною і режимною інформацією в основному виконуються.

Основним принципом організації спостережень є також їх комплексність, яка передбачає узгоджену програму робіт з гідрохімії,

гідрології, гідробіології та забезпечує спостереження якості води за фізичними, хімічними, гідробіологічними показниками.

Пункти спостережень обов'язково встановлюють на таких об'єктах:

- місця скиду стічних і дощових вод в містах, селищах та сільськогосподарських комплексах;
- місця скиду стічних вод окремих підприємств (ТЕС, АЕС тощо);
- місця скиду колекторно-дренажних вод, які відводяться зі зрошувальних або осушувальних земель;
- кінцеві створи великих та середніх річок, які впадають в моря або внутрішні водойми;
- на границях економічних районів, республік, країн, що їх перетинають транзитні річки;
- кінцеві гідрологічні створи річкових басейнів, за якими складають водогосподарські баланси;
- гирлові зони забруднених приток головної річки.

Всі пункти стаціонарної мережі спостережень поділяються на *чотири категорії* за такими критеріями:

- значення водного об'єкта як джерела питного і культурно-побутового, промислового, сільськогосподарського водопостачання;
- ступінь рибогосподарського використання водного об'єкта;
- рівень забрудненості водного об'єкта;
- розмір і об'єм водойми, розмір і водність водотоку, режим водойми та її фізико-географічні ознаки.

Пункти спостережень *першої категорії* розміщуються на водотоках і водоймах, що мають особливо важливе господарське значення, коли можливі випадки перевищення значень певних показників якості води.

Пункти спостережень *другої категорії* розміщуються на водних об'єктах, які знаходяться в районах промислових міст, селищ з централізованим водопостачанням, в місцях відпочинку населення, в місцях скиду колекторно-дренажних вод з сільськогосподарських полів, на граничних створах річок, на кінцевих створах річок.

Пункти спостережень *третьої категорії* розміщуються на водних об'єктах, що характеризуються помірним або слабким навантаженням (в районах невеликих населених пунктів та промислових підприємств).

Пункти спостережень *четвертої категорії* розміщуються на незабруднених водних об'єктах (фонових ділянках).

Пункти спостереження включають в себе один або декілька створів. Під *створом* пункту спостереження розуміється умовний поперечний переріз водойми або водотоку, в якому проводиться комплекс робіт для одержання даних про якість води. Створи спостережень розміщуються з урахуванням гідрометричних умов та морфологічних особливостей водойми або водотоку, розміщення джерел забруднення, об'єму та складу стічних вод. При спостереженні за якістю води встановлюється не менше

трьох створів: один створ вище джерела забруднення, два створи нижче джерела забруднення.

*Перший (фоновий) створ* рекомендується розміщувати на відстані 1 км вище джерела забруднення.

*Другий створ* призначений для контролю за зміною якості води водотоку поблизу випуску стічних вод, тобто в зоні забруднення. Відповідно до санітарних нормативів бажано розміщувати його на відстані 1 км вище найближчого місця водозабору. На річках, що використовуються для рибогосподарських потреб, цей створ повинен розміщуватися на відстані 0,5 км нижче за течією від місця скиду стічних вод, а на водоймах – 0,5 км в сторону найбільш вираженої течії. В містах та селищах контрольний створ розміщують на відстані 0,5-1,0 км нижче останнього колектора.

*Третій створ* розміщують таким чином, щоб дані спостережень характеризували якість води усього водного потоку, тобто він повинен знаходитись у місці достатнього змішування стічних вод з водами річки.

При організації моніторингу поверхневих вод проводять попередні обстеження, що включають вивчення стану водного об'єкта, отримання знань про водокористувачів, джерела забруднення, кількість, склад і режим скидання стічних вод. Далі складається карта-схема водного об'єкта, на якій визначають координати розташування пунктів і створів спостережень, визначають характеристики забруднювальних речовин і складається програма робіт.

Для достовірного оцінювання якості води всієї водойми організують не менше 3-х створів, по можливості рівномірно розташованих по акваторії водойми.

При організації спостережень на окремих ділянках водойми потрібно:

– на водоймі з *інтенсивним водообміном* встановити один створ вище джерела забруднення (фоновий для даного пункту), інші (не менше двох) нижче за течією від місця скидання стічних вод – на відстані 500 м і в місці досить повного (не менше за 80%) гарантованого змішування стічних вод;

– на водоймах з *уповільненим водообміном* фоновий створ розташовувати в частині водойми, де вплив забруднень мінімальний, другий створ – в місці скидання стічних вод, а інші – паралельно другому по різні сторони від нього на відстані 0,5 км від місця скидання стічних вод і безпосередньо за межами зони забруднення.

Кожен створ має декілька вертикалей та горизонталей. Місце розташування вертикалей та кількість горизонтів в кожному створі визначаються характером скидів, особливостями течії водойми, умовами дна рельєфу.

Під *вертикаллю створу* розуміють умовну відвисну лінію від поверхні води до дна водойми або водотоку, на якій виконують роботи для одержання даних про якість води. Кількість вертикалей у створі спостережень визначається шириною зони забруднення. На водотоці у випадку однорідності хімічного складу води у створі робиться тільки одна вертикаль — на стрижні водотоку, а у випадку неоднорідності — не менше трьох (на відстані 3–5 м від кожного берега та на стрижні водотоку). У водоймах робиться не менше двох вертикалей. Першу вертикаль на водоймі розміщують на відстані не більше 0,5 км від берега або від місця скидання стічних вод, останню — безпосередньо за межею зони забруднення.

Під горизонтом створу розуміють місце на вертикалі (в глибину), в якому проводять комплекс робіт для одержання даних про якість води. Кількість горизонтів на вертикалі визначається з урахуванням глибини водного об'єкта. При глибині до 5 м встановлюється один горизонт біля поверхні води (влітку на 0,2–0,3 м від поверхні, взимку біля нижньої поверхні льоду). При глибині від 5 до 10 м встановлюється два горизонти: біля поверхні і біля дна (на відстані 0,5 м від дна). При глибині більше 10 м на водотоках та більше 20 м на водоймах встановлюються три горизонти: біля поверхні, посередині та біля дна. При глибині більше 100 м встановлюються такі горизонти: біля поверхні, на глибинах 10, 20, 50, 100 м та біля дна. Крім цього, встановлюються додаткові горизонти в кожному шарі зміни щільності води.

#### *2.2.4. Програми спостережень*

Як уже згадувалось, основою моніторингу забруднення поверхневих вод є стаціонарна мережа спостережень.

Склад і об'єм гідрохімічних робіт в пунктах спостережень (перелік показників якості води, що визначаються у пробах води з водойм і водотоків) встановлюють з урахуванням цільового використання стічних вод, їх складу, вимог споживачів інформації. Вибір програми спостережень залежить від категорії пункту спостережень. Програми спостережень за гідрологічними та гідрохімічними показниками поділяються на *обов'язкову, скорочену 1, скорочену 2 і скорочену 3.*

**Обов'язкова програма.** При здійсненні обов'язкової програми виконують:

1) *гідрологічні спостереження*: витрати води ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), швидкість течії ( $\text{м}/\text{с}$ ), а також витрати на водотоках при опорних вимірюваннях або рівень води ( $\text{м}$ ) на водоймах;

2) *гідрохімічні спостереження*: візуальні спостереження, температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), кольоровість (градуси), прозорість (см), запах (бали), концентрація розчинених у воді газів — кисню, діоксиду вуглецю ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ,  $\text{мг}/\text{л}$ ); концентрація завислих речовин ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ,  $\text{мг}/\text{л}$ ), водневий показник  $pH$ ;

окислювально-відновлювальний показник  $Eh$  (мВ); концентрація головних іонів – хлоридних, сульфатних, гідрокарбонатних, кальцію, магнію, натрію, калію, суми іонів (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); хімічне споживання кисню ( $XCK$  – мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); біохімічне споживання кисню за 5 діб ( $BCK_5$  – мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); концентрація біогенних елементів – амонійних, нітритних, нітратних іонів, фосфатів, загального заліза, кремнію (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); концентрація ЗР, що широко розповсюджені, – нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), летких фенолів, пестицидів і сполук металів (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л).

**Програма скорочена 1.** За цією програмою виконують:

- 1) *гідрологічні спостереження*: витрати води (м<sup>3</sup>/с) на водотоках або рівень води (м) на водоймах;
- 2) *гідрохімічні спостереження*: візуальні спостереження, температура (°С), концентрація розчиненого кисню (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л), питома електропровідність (См/см).

**Програма скорочена 2** передбачає:

- 1) *гідрологічні спостереження*: витрати води (м<sup>3</sup>/с) на водотоках або рівень води (м) на водоймах;
- 2) *гідрохімічні спостереження*: візуальні спостереження, температура (°С), водневий показник  $pH$ , питома електропровідність (См/см), концентрація завислих речовин (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л), біохімічне споживання кисню за 5 діб (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); концентрація двох-трьох ЗР, основних для води в даному пункті (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л).

**За програмою скорочена 3** виконують:

- 1) *гідрологічні спостереження*: витрати води (м<sup>3</sup>/с), швидкість течії (м/с) при опорних вимірюваннях витрати на водотоках або рівень води (м) на водоймах;
- 2) *гідрохімічні спостереження*: візуальні спостереження, температура (°С), концентрація завислих речовин (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л), водневий показник  $pH$ ; концентрація розчиненого кисню (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); хімічне споживання кисню (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); біохімічне споживання кисню за 5 діб (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л); концентрація речовин, що забруднюють воду в даному пункті спостережень (мг/дм<sup>3</sup>, мг/л).

*Температура* водного середовища вимірюється обов'язково, оскільки ця характеристика є основним регулятором природних процесів у воді – температура впливає як на швидкість хімічних реакцій, так і на функції білків всередині і між фізіологічними системами та органами тварин.

*Водневий показник pH* визначається як від'ємний логарифм концентрації іонів водню. З його значенням пов'язаний фотосинтез у воді та багато інших фізичних процесів. Електропровідність використовується для оцінювання концентрації деяких електролітів або загальних розчинених твердих частинок.

*Розчинений кисень* є важливим показником, який грає активну роль у процесах обміну речовин у живих організмах, а також в утворенні та розчиненні вапна, гниття органічних речовин тощо.

*Концентрація органічних речовин* характеризує протікання хімічних та біологічних процесів у воді.

В пунктах *першої категорії* проводять спостереження щоденно за скороченою програмою 1 в першому створі після скидання стічних вод. Крім того, в цьому ж створі проводиться щоденний відбір проб об'ємом не менше 5 л, які зберігаються протягом 5 діб на випадок надзвичайних ситуацій (загибель риби, аварійні викиди). На цих пунктах спостереження проводиться відбір проб щодакдно за скороченою програмою 2, щомісячно – за скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму – за обов'язковою програмою.

В пунктах *другої категорії* візуальні спостереження проводять щоденно, щодакдно – за скороченою програмою 1, щомісячно – за скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму – за обов'язковою програмою.

В пунктах *третьої категорії* спостереження проводяться щомісячно за скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму - за обов'язковою програмою.

В пунктах *четвертої категорії* спостереження проводяться в основні фази водного режиму за обов'язковою програмою.

#### *2.2.5. Методи та терміни відбору проб*

Спостереження за гідрологічними та гідрохімічними показниками за обов'язковою програмою спостережень визначаються водним режимом річки. Для більшості водотоків *відбір проб* проводять *7 разів на рік*: під час повені – на підйомі, максимумі та спаді; під час літньої межені – при найменшій витраті та при проходженні дощового паводка; восени перед льодоставом та під час зимової межені. Є й інший підхід – *відбір проб проводять 4 рази на рік* (під час повені – на підйомі; під час літньої межені – при найменшій витраті; восени перед льодоставом та під час зимової межені).

Кількість проб, що відбирається для аналізу за обов'язковою програмою, може змінюватися, залежно від особливостей водного режиму окремих водотоків:

- на водотоках з *довгим паводком* (більше місяця) проби води відбирають на підйомі, максимумі, на початку та в кінці спадання паводка (*8 разів на рік*);
- на водотоках зі *стійкою літньою меженню* та слабо вираженим осіннім підйомом води кількість спостережень складає *5-6 разів на рік*;
- на *тимчасових водотоках* кількість спостережень не перевищує *3-4 на рік*;

- на водотоках у *гірських районах*, залежно від типу водотоку, кількість спостережень коливається від 4 до 11.

Одержання гідрохімічної інформації на озерах та водосховищах є деякі особливості. Спостереження за хімічним складом води водойм поділяються на *стандартні* (обов'язкові) та *спеціальні*.

*Стандартні спостереження:*

- регулярні спостереження за хімічним складом води в постійних пунктах, які визначають стан водойми в природних умовах;
- регулярні спостереження за рівнем забруднення води в контрольних пунктах, які розміщені в районах найбільш значних скидів стічних вод.

До *спеціальних* спостережень відносять гідрохімічні зйомки водойми для оцінювання розповсюдження забруднювачів, вивчення процесів самоочищення, визначення запасів речовин в об'єкті та балансових розрахунків.

Для правильного оцінювання якості води потрібно виконати такі умови:

1) правильно відібрати проби води відповідної кількості;

2) проби повинні бути репрезентативними (під *репрезентативністю* проби розуміють її відповідність поставленому завданню як за якістю та об'ємом, так і за вибраними точками та часом відбору, а також технікою відбору, попередньою обробкою, умовами зберігання та транспортування).

Проба повинна представляти водойму чи водотік і характеризувати стан води за певний проміжок часу. Поодинокі проба може бути репрезентативною для великої маси води за таких умов:

- а) відібрана водна маса є однорідною;
- б) достатня кількість точок відбору проб;
- в) достатні розміри окремих проб;
- г) стандартизовані способи відбору.

Попередня обробка, транспортування та зберігання проб повинні проводитися таким чином, щоб в складі води не проходило значних змін.

Виділяють *прості* та *змішані проби*.

*Прості* проби характеризують якість води в даному пункті відбору, відбираються в певний час у необхідному об'ємі.

*Змішані* проби об'єднують в собі декілька простих проб. Вони характеризують якість води за певний період часу або певної ділянки досліджуваного об'єкта.

Залежно від мети відбору проб вони можуть бути *разовими* та *регулярними*.

*Разовий* відбір проб застосовується у випадках, коли:

- вимірювані параметри несуттєво змінюються в часі, а також з глибиною і акваторією водойми;
- попередньо відомі закономірності зміни параметрів, що визначаються;
- є потреба лише у найбільш загальних даних про якість води у водоймі.

*Регулярний* відбір – це такий відбір проб, при якому кожна проба відбирається в часовій та просторовій взаємозалежності з іншими.

При стаціонарних спостереженнях проби води на хімічний аналіз потрібно відбирати на стрижні потоку з глибиною 0,2-0,5 м. При глибокому руслі та слабкій течії доцільніше брати проби на різних глибинах. Проби переважно відбирають емальованим відром об'ємом 10 л. З відра водою наповнюють посудини для визначення *pH*, вмісту у воді кисню, діоксиду вуглецю, фіксують розчинений у воді кисень, а також наповнюють водою пляшки для визначення *БСК<sub>5</sub>*; та для подальшого аналізу в лабораторії. Проби для визначення концентрацій нафтопродуктів, фенолів, СПАР, важких металів, пестицидів відбирають в окремі пляшки.

Для відбору проб на різній глибині використовують також спеціальні пристрої – батометри різних типів. Батометр повинен відповідати таким вимогам:

- вода, що проходить крізь нього, не повинна в ньому затримуватись;
- він повинен щільно закриватися;
- матеріал пробовідбірника повинен бути хімічно інертним.

На практиці широко використовуються горизонтальні, перекидні та автоматичні батометри. За допомогою батометра Молчанова проводять відбір проб води для визначення вмісту пестицидів. Відбір проб на значних глибинах (20-30 м) проводиться за допомогою батометра Рутнера.

Для зберігання проб використовують поліетиленовий та скляний посуд. Перед використанням посуд мийуть концентрованою кислотою та сполоскують водопровідною водою. Основні вимоги до посуду – це його міцність, стійкість до розчинення і щільність закривання.

Консервування проб проводять при відборі проб для визначення нестійких компонентів. Аналіз цих проб проводять не пізніше як через 3 дні після відбору. Проби зберігають при температурі 3–5 °С в холодильнику. Взимку при температурі нижче 0 °С відібрану пробу переносять у тепле приміщення, де проводять аналіз.

#### *2.2.6. Гідробіологічні спостереження за якістю води та донними відкладами*

У водному середовищі зосереджені складні комплекси різних хімічних сполук, вплив яких на живі організми суттєво відмінний від впливу окремих складових цих сполук. Внаслідок перетворень ЗР утворюються хімічні сполуки, що мають молекулярну стійкість, токсичність, виражений мутагенний ефект. Тому контроль тільки за фізичними і хімічними показниками, навіть за наявності екологічно обґрунтованих норм, часто виявляється недостатнім.

Спостереження за якістю поверхневих вод за гідробіологічними показниками виконують з метою одержання об'єктивних і повних даних,



накопичення яких необхідне для виявлення довготривалих змін у водних екосистемах.

Гідробіологічні показники дозволяють:

- 1) оцінювати якість поверхневих вод як середовища життя організмів, що населяють водойми, водотоки;
- 2) визначати сумарний ефект дії ЗР;
- 3) визначати специфічний хімічний склад води та його походження;
- 4) перевіряти наявність або відсутність повторного забруднення вод;
- 5) виявляти довгострокові зміни, що відбуваються у водних об'єктах;
- 6) визначати екологічний стан водних об'єктів.

Оцінкою ступеня забруднення водойм за гідробіологічними показниками є шкала сапробності.

Сапробність – це ступінь насиченості води органічними речовинами, що розкладаються. Вона встановлюється за видовим складом організмів - сапробіонтів у водних біоценозах.

При оцінюванні води за шкалою Р. Кольквіца – М. Марсона необхідно враховувати не окремі організми, а суму видів, які є характерними для даної зони: I – *полісапробна* (зона дуже сильного забруднення); II – *α-мезосапробна* і *β-мезосапробна* (зони середньої забрудненості); III – *олігосапробна* (зона чистої води).

*Полісапробні* водойми характеризуються майже повною відсутністю вільного (розчиненого) кисню, наявністю у воді білків, що не розклалися, значних кількостей  $H_2S$  і  $CO_2$ , відновлювальним характером біохімічних процесів. У таких водоймах самоочищення в основному йде за рахунок діяльності бактерій *Tyriopolycoccus ruser* і *Sphaerotilus natans*, жгутикових *Oicomonas mutabilis*, інфузорій *Paramaecium putrinum* і *Vorticella putrina*, олігохет *Tubifex tubifex*, личинок мухи *Eristalis tenax*. Кількість видів, здатних існувати у вкрай забруднених водоймах, порівняно невелика, але вони зустрічаються тут масово.

У *мезосапробних* водоймах забруднення виражене слабкіше: білків, що не розклалися, немає,  $H_2S$  і  $CO_2$  небагато,  $O_2$  присутній у помітних кількостях; однак у воді ще є слабо окислені азотисті сполуки (аміак, амінокислоти). Мезосапробні зони водойм підрозділяються на  $\alpha$  - і  $\beta$  - *мезосапробні*. У перших зустрічаються аміак, аміно- і амідокислоти, але вже є і кисень. Найбільш характерні численні бактерії, гриб *Mucor*, синьо-зелені *Oscillatoria*, *Phormidium uncinatum*, найпростіші *Chlamidomonas debrayana*, *Euglena viridis*, *Stentor coeruleus*, багато коловраток, молюск *Sphaerium corneum*, рачок *Asellus aquaticus*, личинки двокрилих *Chironomus*, *Psychoda*. Мінералізація органічної речовини в основному йде за рахунок аеробного окислювання, особливо бактеріального. Наступна,  $\beta$ -мезосапробна, підзона характеризується присутністю аміаку і продуктів його окислювання – азотної й азотистої кислот. Амінокислот немає, сірководень зустрічається в незначних кількостях, кисню у воді багато,

мінералізація йде за рахунок повного окислювання органічної речовини. Видова розмаїтість гідробіонтів цієї підзони набагато вища, ніж у попередньої, але чисельність і біомаса організмів нижча.

В *олігосапробних* водоймах  $H_2S$  відсутній,  $CO_2$  мало, кількість  $O_2$  близька до величини нормального насичення, розчинених органічних речовин практично немає. Гідробіонти *олігосапробних* вод найбільш різноманітні щодо видового складу, але кількість кожного окремого виду менше, ніж в інших зонах.

Іноді виділяють ще *катаробні* води, у яких кількість розчиненого кисню вища за нормальне насичення, а вільних  $H_2S$  і  $CO_2$  немає взагалі.

На підставі даних про видовий склад гідробіонтів, знайдених у тих чи інших водах, можна скласти уявлення про те, наскільки останні чисті чи забруднені. Тому перераховані вище організми і багато інших, характерних для зон різної сапробності, називаються біоіндикаторами ступеня забруднення водойм. Індикаторна роль гідробіонтів характеризується не тільки фактом наявності чи відсутності їх у водоймі, але і ступенем їхньої кількісної представленості.

Основними гідробіологічними показниками стану водного об'єкта є кількісний і якісний склад гідробіонтів (фіто-, зоо- і бактеріопланктон) та їх біомаса. Фітопланктон є базисом усієї трофічної піраміди, тобто його продукційно-функціональні характеристики визначають як продуктивність усіх наступних компонентів біоти, так і енергетичні показники екосистеми на вході.

*Гідробіонти* поділяються на: 1) *бентос* (мешканці дна водного об'єкта); 2) *планктон* (мешканці товщі води – від дна водойми до її поверхні); 3) *нейстон* (організми, які мешкають у поверхневій плівці води); 4) *пагон* (найпростіші, коловратки, черв'яки, моллюски, ракоподібні та ін., які зиму проводять біля льоду в стані анабіозу, а весною оживають і продовжують планктонний чи бентосний спосіб життя). Гідробіонти мають санітарно-показове значення.

Оскільки єдиного гідробіологічного показника якості води на даний час немає, то її визначають за сукупністю гідробіологічних показників: зообентосом, перифітоном, зоопланктоном, фітопланктоном.

**Зообентос** – це сукупність донних тварин, що живуть на дні або в ґрунті морських і прісних водойм. До складу зообентосу входять представники майже всіх груп водних тварин – починаючи від найпростіших і закінчуючи рибами.

Зообентос характеризує зміну водного середовища за тривалий період часу. Вивчення стану зообентосу, відібраного в різних місцях водойми, дозволяє одержати інтегральні оцінки якості води та ступінь забруднення донних відкладів.

**Перифітон** – поселення водних рослин та тварин на підводних скелях та камінні, річкових суднах, опорах та інших штучних спорудах.

Основу перифітону складають прикріплені гідробіонти, вусоногі ракоподібні, двостулкові молюски, губки, черв'яки, водорості. Перифітон використовується для оцінювання усередненої якості води водного об'єкта за довготривалий період часу. Перифітон дозволяє встановлювати факти забруднення водного об'єкта навіть в тому випадку, коли в момент спостереження вода уже повністю самоочистилася.

**Зоопланктон** – це сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями. У прісноводному зоопланктоні найбільш багаточисельні веслоногі, коловратки; в морському домінують ракоподібні, найпростіші, кишковопорожнинні (медузи), крилоногі молюски, яйця та личинки риб.

Зоопланктон є досить надійним індикатором якості води в малопроточних водоймах, озерах, водосховищах та ставках. Він використовується для одержання характеристики якості води в пунктах спостереження за відносно короткий період часу.

**Фітопланктон** – це сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води прісних та морських водойм і пасивно переносяться течіями. Морський фітопланктон складається в основному, з діатомових водоростей, перідіней і коколітофорідів; прісноводний – з діатомових, синьо-зелених та деяких груп зелених водоростей.

Фітопланктон характеризує якість водних мас, де проходив його розвиток, тому на водотоках фітопланктон використовується для одержання інформації про рівень забруднення на ділянках, які розміщені за течією вище пунктів спостережень.

Спостереження за гідробіологічним станом водотоків здійснюються на стаціонарній гідрометричній мережі за програмами, які обумовлені категорією пункту спостереження. Перелік гідробіологічних показників якості поверхневих вод визначається, головним чином, еколого-зональним типом водного об'єкта, складом та об'ємом стічних вод, їх токсичністю та вимогами споживачів води. Визначення гідробіологічних показників є обов'язковим не для всіх пунктів спостереження. Як правило, спостереження проводять за двома програмами: *скороченою та повною*.

В *пунктах I та II категорії* спостереження за гідробіологічними показниками рекомендується проводити щомісячно за скороченою програмою, щоквартально за повною програмою.

В *пунктах III категорії* спостереження проводяться щомісячно за скороченою програмою тільки у вегетаційний період та щоквартально за повною програмою.

В *пунктах IV категорії* спостереження рекомендується проводити щоквартально за повною програмою.

Перелік гідробіологічних показників якості поверхневих вод, що спостерігаються, визначається еколого-зональним типом водного об'єкта, складом і об'ємом стічних вод, їх токсичністю і вимогами споживачів

води. Це зумовлює відмінність програм для різних пунктів стаціонарної мережі (табл. 2.12). Але визначення гідробіологічних показників є обов'язковим для усіх пунктів.

З метою кількісного обліку фітопланктону відбір проб на водних об'єктах здійснюють за допомогою батометра послідовно з горизонтів 0; 1; 2,5; 5; 10; 20 м та ін. Потім проби зливають у чисте відро, перемішують і відбирають пробу 0,5 дм<sup>3</sup>, додають 0,25 дм<sup>3</sup> формаліну і консервують. У мілководдях і на малих річках зачерпують 0,5 дм<sup>3</sup> води з горизонту 0,2 м.

Таблиця 2.12 – Повна і скорочена (\*) програми спостережень за гідробіологічними показниками

Організми	Показники якості води
Зообентос	Загальна чисельність організмів (прим./м <sup>2</sup> ) Загальна біомаса (г/м <sup>2</sup> ) Загальна кількість видів *Кількість груп зі стандартним розбиранням *Кількість видів у групі *Чисельність основних груп (прим./м <sup>2</sup> ) Біомаса основних груп (г/м <sup>2</sup> ). Масові види і види-індикатори сапробності (найменування, частка в загальній чисельності, сапробність)
Перифітон	*Загальна кількість видів *Масові види, частота виявлення, сапробність Мікробіологічні показники Загальна кількість бактерій (10 <sup>6</sup> клітин/см <sup>3</sup> )
Зоопланктон	*Загальна чисельність організмів (прим./м <sup>3</sup> ) *Загальна кількість видів Загальна біомаса (мг/дм <sup>3</sup> ) Чисельність основних груп (екз/м <sup>3</sup> ) Біомаса основних груп (мг/м <sup>3</sup> ). Кількість видів у групі Масові види і види-індикатори сапробності (найменування, частка в загальній чисельності, сапробність)
Фітопланктон	*Загальна чисельність клітин (10 <sup>3</sup> клітин/см <sup>3</sup> ) *Загальна кількість видів Загальна біомаса (мг/дм <sup>3</sup> ) Чисельність основних груп (10 <sup>3</sup> клітин/см <sup>3</sup> ) Біомаса основних груп (мг/дм <sup>3</sup> ). Кількість видів у групі *Масові види і види-індикатори сапробності (найменування, частка в загальній чисельності, сапробність)

Зоопланктон відбирають планктонною сіткою («№ 77») тотальним ловом від дна до поверхні, на мілководді – сіткою при буксируванні човном чи проціджуючи через сітку не менш 30 дм<sup>3</sup> води. Осад переливають і консервують.

Відбір проб зообентосу для якісного аналізу проводиться з поверхні або товщі ґрунту, а також на доступній глибині з водною рослинністю в прибережній зоні водного об'єкта на ділянці довжиною 50 м в одну та другу сторону від створу.

Збір тварин з водних рослин проводиться сачком або скребком. Відібрана проба фіксується 4% розчином нейтралізованого формаліну (1 частина 40% розчину формаліну на 3 частини води).

Збір зообентосу з ґрунту також здійснюється за допомогою скребка. На доступній глибині зрізається шар ґрунту і переноситься у відро. Розмір проби – половина відра. Ґрунт переносять в сачок-промивач для відокремлення тварин від ґрунту. При промиванні частина ґрунту проходить крізь чарунки сітки, а залишок змивається в центральну частину мішка. Вміст мішка змивають у банку. Ґрунт з тваринами повинен складати не більше половини банки. Пробу консервують 4% розчином формаліну.

Відбір проб перифітону з поверхні дамб, мостів та інших споруд здійснюють за допомогою ножа, пінцета або ложки. Відібрані проби поміщають у банки, заливають на 2/3 водою і консервують 1 мл 40% розчину формаліну.

### *2.2.7. Інтегральні показники оцінки якості води*

Природна якість води річок і озер є тим фоном та основою, на яких проходять якісні зміни стану водного об'єкта, спричинені дією людини. Кількісне оцінювання хімічних інгредієнтів здійснюється за результатами поодиноких проб води в пунктах гідрометричних вимірювань.

Дані гідрохімічного аналізу дозволяють одержати відомості про якість води лише в пунктах відбору проб води. Для невивчених щодо гідрохімічного складу річок уявлення про природну якість води можна одержати за даними гідрохімічних характеристик «місцевого стоку», під яким розуміють хімічні інгредієнти, що утворюються в результаті розчинення неорганічних і органічних сполук товщі ґрунтів, що складають водозбори малих річок. На великих та середніх річках хімічний склад води формується в результаті змішування різних за складом вод, котрі формуються на малих річках.

Оцінюючи природну якість води, необхідно враховувати її генезис:

- в період повені або суттєвих паводків у річці переважають води, які формуються на поверхні водозабору та в ґрунтовій товщі;
- на спаді повені або великих за об'ємом паводків річкова мережа заповнюється водами ґрунтового походження;

- в період межені в русловій мережі переважають води ґрунтового походження.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що природна якість води змінюється протягом року. На основі досліджень проводять картування хімічних характеристик вод різного походження. Це дозволяє одержати дані про кількість хімічних інгредієнтів місцевого стоку невивчених річок в різні фази водності, а також про їх гідрохімічний режим.

Оскільки малі річки найбільш легко підлягають забрудненню, то для оцінювання фоновому стану якості води даної території необхідно ретельно аналізувати вихідні дані та вилучати створи із суттєво порушеним гідрохімічним режимом.

Умови, що їх необхідно дотримуватись при визначенні хімічного складу місцевого стоку малих річок:

- поверхня водозабору повинна бути однорідною за рельєфом з малими перепадами висоти;
- басейн водотоку повинен складатися з порід одного літологічного складу і не мати суттєвого притоку підземних вод, що сформовані за межами даного водозабору;
- ґрунтовий покрив водозабору повинен бути одноманітним за ступенем засоленості хлоридами, сульфатами;
- переважна рослинність повинна займати 70–75% площі водозабору;
- формування фаз водності повинно проходити одночасно на всьому водозаборі.

Карти будуються за даними середньобагаторічних значень хімічних інгредієнтів, які характерні для певної фази стоку. При аналізі мінералізації та хімічного складу вод дані про мінералізацію позначаються на карті ізолініями. Крок ізолінії залежить від діапазону коливань мінералізації та масштабу карти. В більшості випадків він приймається кратним 10 або 100 мг/дм<sup>3</sup>. Дані про хімічний склад води наносять на карту у вигляді значень вмісту аніонів і катіонів, які виражені у відсотковому еквіваленті. Межі районів визначають границями коливань значень в відсотковому еквіваленті. Переважно в один район об'єднуються значення, які відрізняються від середнього по району не більше, ніж на 10-15%.

Окрім карт для оцінювання якості природних вод використовують статистичні методи, які базуються на побудові емпіричних кривих та встановленні кореляційних залежностей між різними хімічними інгредієнтами складу води. Математичні розрахунки дозволяють за одним визначеним показником оцінювати і деякі інші.

Водні об'єкти вважають *придатними для комунально-побутового та господарсько-питного водокористування*, якщо не порушуються загальні вимоги до складу та властивостей води для відповідної категорії водокористування. При цьому для речовин, які належать до третього та четвертого класу шкідливості, виконується умова:  $C \leq ГДК$  (де  $C$  –

концентрація речовини у водному об'єкті, г/м<sup>3</sup>), а для речовин, які належать до першого та другого класу шкідливості, виконується умова:

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1,$$

де  $C_i$  та  $ГДК_i$  відповідно, концентрація і ГДК  $i$ -ої речовини першого чи другого класу шкідливості.

Водні об'єкти вважають *придатними для рибогосподарського водокористування*, якщо не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної рибогосподарської категорії, а для речовин, які належать до однакових лімітувальних ознак шкідливості (ЛОШ), виконується умова:

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1,$$

де  $C_i$  та  $ГДК_i$  – відповідно концентрація і ГДК  $i$ -ої речовини, яка належить до даної ЛОШ.

Норми якості води повинні виконуватись:

– для водотоків комунально-побутового та господарсько-питного водокористування – на ділянках від пункту водокористування до контрольного створу, який розташований на відстані не менше одного кілометра вище за течією від цього пункту;

– для водойм комунально-побутового та господарсько-питного водокористування – на акваторії в радіусі не менше одного кілометра від пункту водокористування;

– для водотоків рибогосподарського водокористування – в межах всієї рибогосподарської ділянки водотоку, починаючи з контрольного створу, який розташований не далі 500 метрів нижче за течією від місця надходження домішок;

– для водойм рибогосподарського призначення – на всій рибогосподарській ділянці, починаючи з контрольного пункту, який розташований в радіусі не більше 500 метрів від місця надходження домішки.

Екологічні нормативи якості води встановлюються для оцінювання стану водних об'єктів на основі екологічної класифікації поверхневих вод.

Найбільш поширена в Україні система екологічної класифікації якості поверхневих вод містить три класифікаційні групи: сольовий склад, еколого-санітарні показники та показники складу і біологічної дії специфічних речовин.

В залежності від значень показників якості води поверхневі води відносять до певної категорії та класу якості води. Оцінювання якості води виконується шляхом порівняння відповідних показників з показниками,

що встановлюються «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (табл. 2.13)<sup>10</sup>.

*Зоною забруднення* називають ту частину потоку, в якій при надходженні забруднювальних речовин порушуються природні біологічні і біохімічні процеси, а концентрація ЗР перевищує прийняті норми за санітарними, рибогосподарськими та іншими показниками. Ґрунти в цій зоні також забруднені.

*Зоною впливу* називають ту частину потоку, в яку надходять стічні води із зони забруднення або безпосередньо зі скиду, але внаслідок невисокої концентрації забруднювальних речовин або ж короткотривалого забруднення в ній зберігається природний характер біологічних та біохімічних процесів.

Таблиця 2.13 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші

Клас якості води	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Назви класів та категорій якості води за ступенем їх забрудненості	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні	
	Дуже чисті	Чисті	Достатньо чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні	
Трофність	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні	
	Оліготрофні, оліго-мезотрофні	Мезотрофні	Мезо-евтрофні	Евтрофні	Евполітрофні	Політрофні	Гіпертрофні	
Сапробність	Олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		Полісапробні	
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	Полісапробні	

У забруднених водних об'єктах проходить ряд фізико-хімічних та інших процесів, що ведуть до відновлення природного стану їх вод, тобто проходить самоочищення природних вод. Серед процесів самоочищення основну роль грають процеси розбавлення та трансформації

<sup>10</sup> Згідно з затвердженою Мінприроди України методикою "Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксійок О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К. : СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с."



забруднювальних речовин. Під розбавленням розуміють процес зниження концентрації забруднювальних речовин, які входять до складу стічних вод, за рахунок змішування з водою річки або водойми.

Розрахунок розбавлення стічних вод у річці або водоймі може бути використаний для оцінювання всього комплексу явищ, які визначають самоочищення, при введенні числових характеристик фізико-хімічних та біохімічних процесів.

Іноді застосовують методи розрахунку розбавлення, які базуються на використанні чисельних розв'язків рівнянь турбулентної дифузії. Але на практиці найбільше поширення отримав метод, оснований на математичній моделі Фролова-Родзиллера (*І. Д. Родзиллер, 1984*). В результаті розрахунків за цією моделлю можна одержати значення максимальної концентрації забруднювальних речовин на будь-якій відстані від місця скиду стічних вод<sup>11</sup>.

Оцінювання якості води у деякій точці виконується шляхом зіставлення максимальної концентрації забруднювальної речовини з гранично допустимою концентрацією цієї ж речовини.

#### *2.2.8. Моніторинг у сфері питної води та питного водопостачання*

Завданнями державного моніторингу у сфері питної води та питного водопостачання є збирання і систематизація даних про: джерела питного водопостачання; кількість і якість питної води, обсяги використання питної води і скидання стічних вод, споживачів питної води та підприємства питного водопостачання<sup>12</sup>. В результаті систематизації таких даних складається державна звітність за формами, затвердженими органами Держкомстату.

Якість питної води достатньо повно характеризується комплексом хімічних, фізичних та мікробіологічних показників. Державні санітарні правила і норми України (ДСанПІН)<sup>13</sup> визначають показники якості питної води, що певною мірою узгоджені з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Водневий показник характеризує концентрацію вільних іонів водню у воді і вимірюється спеціальною одиницею *pH*, яка є десятковим логарифмом концентрації іонів водню, взятої з протилежним знаком ( $pH = -\lg[H^+]$ ). Для питної води допустимим є рівень *pH* в межах 6,0-8,5.

Директива Європейського Союзу щодо питної води № 80/778/ЄС (*Drinking Water Directive*) покладена в основу водного законодавства європейських країн і регламентує 66 нормативних показників якості питної

<sup>11</sup> Процес розрахунку розбавлення стічних вод із природними регламентований інструкцією "Про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами", затвердженою наказом Мінприроди України від 15.13.1994 р., № 116.

<sup>12</sup> Закон України "Про питну воду та питне водопостачання" № 2918-14 (редакція від 20.06.2007 р.).

<sup>13</sup> Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" (ДСанПІН), затверджені МОЗ України № 383 від 23.12.1996 р.

води. Директива ЄС щодо питної води передбачає рівень *I* гранично допустимих концентрацій, який є обов'язковим для виконання, і рівень *G* як довгострокова мета.

Рівень *I* закріплений у вигляді максимально допустимої концентрації (*Maximum Admissible Concentration – MAC*) для кожного показника. Норми якості води в країнах-членах ЄС не можуть бути гіршими за рівень *MAC*. Ця директива ЄС встановлює вимоги до частоти відбору проб води, яка використовується підприємствами харчової промисловості (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 – Кількість проб для моніторингу питної води (на рік)

Щоденні об'єми води, що використовуються в зоні водопостачання, м <sup>3</sup>	Контрольний моніторинг	Аудиторський моніторинг
До 100	*	*
Від 100 до 1000	4	1
Від 1000 до 10000	4	1 +1 на кожні 3300 м <sup>3</sup> /добу
Від 10000 до 100000	+3 на кожні 1000 м <sup>3</sup> /добу	3 +1 на кожні 10000 м <sup>3</sup> /добу
Більше 100000		10 +1 на кожні 250000 м <sup>3</sup> /добу

\*Рішення щодо частоти відбору проб приймається кожною державою самостійно.

Мінжитлокомунгосп та підрозділи з питань житлово-комунального господарства Ради Міністрів АР Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій забезпечують організацію та здійснення моніторингу якості питної води централізованих систем водопостачання та стану стічних вод міської каналізаційної мережі, очисних споруд.

Санітарно-епідеміологічна служба проводить спостереження за джерелами постачання питної води та станом поверхневих вод у місцях відпочинку вздовж річок і водосховищ, у рекреаційних зонах на понад 900 постах спостережень. На сьогодні держсанепідаглядом охоплено 19139 джерел централізованого водопостачання і 97721 джерело децентралізованого водопостачання, а також санітарно-епідеміологічна служба здійснює хімічний аналіз підземних вод, які призначаються для питного споживання. До складу визначень, що спостерігаються, належать хімічні та мікробіологічні показники. Значна кількість цих показників спостерігається тільки цією службою.

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році кількість водогонів централізованого водопостачання в Україні становила 19 290, комунальних водогонів – 1 501 (із них 222 забирають воду з відкритих водойм), відомчих – 5 293 (відповідно – 81), сільських – 7 780 (113), міжрайонних комунальних і сільських – 18 (відповідно – 12). Не відповідали нормативам

ДСТУ 2874- 82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги» та контролю якості за бактеріологічними показниками в системах централізованого водопостачання за бактеріологічними показниками – 4,1% досліджених проб, на комунальних водогонах – 3%, відомчих – 4,5%, сільських – 6,5%. Проти 2000 р. загальна кількість проб води з відхиленнями від стандарту за бактеріологічними показниками зменшилась в 1,2 разу. Найбільшу частку відхилень від державного стандарту в системах централізованого водопостачання за бактеріологічними показниками відзначено у Закарпатській (8,4%), Тернопільській (6,6%), Кіровоградській (6,4%) і Вінницькій (6,0%) областях. У водоймах I категорії частка проб води з відхиленнями від гігієнічних нормативів за санітарно-хімічними показниками протягом 2000–2007 рр. становила 17 (2000 р.) – 19% (2007), за мікробіологічними – 14 (2000 р.) – 22% (2007 р.). При цьому кількість проб води, в якій виділені збудники інфекційних захворювань, за останні роки значно знизилась – з 15 (2000 р.) до 0,8% (2007 р.). Пік відхилень від нормативів досліджуваних зразків води з водойм I категорії за кількістю гельмінтів, небезпечних для людини, припав на 2004 рік (5,6%), після чого цей показник знизився до 0,2% (2007 р.) Частка проб води з відхиленням від гігієнічних нормативів 2007 року за санітарно-хімічними показниками становила 21% досліджених проб. Вода з водойм II категорії не відповідала гігієнічним нормам у 21% досліджених проб. Мікробіологічні показники при цьому відхилялися з частотою 17%.

### **2.3. Особливості моніторингу морських вод і вод океанів**

#### *2.3.1. Джерела і види забруднення океанів та морів*

Забруднювальні речовини надходять до Світового океану як природним шляхом, так і в результаті господарської діяльності людини. До джерел забруднення океанів та морів відносять: безпосередні скиди ЗР в океан (в основному, на його поверхню), наприклад, НП при перевезенні, особливо при аваріях танкерів; безпосереднє надходження ЗР при підводних розробках та при видобуванні мінеральних ресурсів; річковий стік; прямий стік із суші (терагенний стік); перенесення ЗР через атмосферу; підводні викиди нафти та газу; аварійні скиди із суден або підводних трубопроводів; випробовування зброї, особливо, ядерної.

Забруднення морських вод відбувається нерівномірно. Особливо піддаються забрудненню прибережні та шельфові області, міжматерикові та внутрішньоматерикові моря, куди виноситься потік стічних вод річками; цьому сприяє також розташування у прибережних районах суші значної частини промислових підприємств, а на низькодологах – сільськогосподарських угідь. Для районів шельфу найбільш характерне нафтове забруднення. Здатність морських вод до самоочищення від нафтового забруднення залежить від географічної широти, температури води, величини хвилювання на поверхні моря тощо. Так, при низьких

температурах розкладання нафтопродуктів, які потрапили у морську воду, відбувається повільніше.

Під забрудненням морських вод мають на увазі введення людиною прямо чи побічно речовин і енергії в морське середовище, що призводить до збитків живим ресурсам, небезпеки для здоров'я людини, створює перешкоди в морській діяльності, включаючи рибальство, а також погіршує якість морського середовища і зменшує його корисні властивості.

Список ЗР включає речовини з токсичними властивостями, нагріті води, патогенні мікроби, тверді відходи, завислі речовини, біогенні речовини і деякі інші відходи антропогенної діяльності. Найбільш актуальною стала проблема хімічного забруднення морів і океанів з точки зору біологічної небезпеки для морських організмів. Окрім перерахованих в океан потрапляють органічні сполуки, заводські відходи з високим БСК і завислі речовини.

Нафта і нафтопродукти (НП) – найбільш розповсюджені ЗР. У природних умовах до Світового океану їх надходить від 0,2 до 2 млн. т на рік. Найбільшу шкоду морським екосистемам завдають морські перевезення. Танкерами перевозиться щорічно близько 2 млрд. т нафти і НП. Під час аварій, коли розливається до 40-50 тис. т, уражаються поверхні площею близько 100 км<sup>2</sup>. Внаслідок аварій та витоків до Світового океану надходить 5-10 млн. т НП на рік, тобто набагато більше, ніж у природних умовах. Нафта і НП негативно впливають на морські біоценози, тому що їх плівки порушують обмін енергією, теплом, вологою й газами між океаном і атмосферою, а також впливають на фізико-хімічні і гідробіологічні умови, на клімат Землі, на баланс кисню в атмосфері.

Потрапляючи в морське середовище, нафта розтікається у вигляді плівки, утворює плями різної потужності. Колір плівки приблизно дає інформацію про її товщину (табл. 2.14).

Таблиця 2.14 – Характеристики нафтової плівки

Зовнішній вигляд	Товщина, мкм	Кількість нафти, дм <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>
Ледь помітна	0,038	44
Сріблястий блиск	0,076	88
Сліди забарвлення	0,152	176
Яскраво забарвлені розчини	0,305	352
Тьмяно-забарвлена	1,016	1170
Темнозабарвлена	2,032	2340

Розходження оптичних характеристик нафтових плівок і морської води дає можливість дистанційно виявляти забруднення нафтою. Для цього застосовуються пасивні й активні дистанційні методи.

Пасивні методи використовують природне випромінювання, яке відбите чи випускається системою «нафта – вода». При використанні різних видів апаратури і фільтрів найбільша контрастність спостерігається

в червоній або в блакитній видимих частинах спектра (в інтервалі 400-630 нм максимальний контраст). До недоліків пасивних методів відносять залежність від метеорологічних умов.

Активні методи використовують штучні джерела випромінювання. До них відносять методи оптичної локації (діапазон 300 – 400 і 1000 – 1200 нм) і флуоресценції плівок нафти. Швидкість переміщення нафтових плям складає 60% від швидкості течії і 2-4% від швидкості вітру.

Нафтова плівка придушує дрібні гравітаційні хвилі й у 2-3 рази зменшує параметр шорсткості водяної поверхні. На початку існування нафтових плям велике значення має процес випаровування вуглеводнів: за 12 годин випаровується до 25% легких фракцій нафти, при 15<sup>0</sup>С води всі вуглеводні до C<sub>15</sub> випаровуються за 10 діб.

### *2.3.2. Пункти і програми спостережень за забрудненням морського середовища*

Моніторинг океанічних (морських) вод складається з трьох складових: моніторинг абіотичних показників середовища, моніторинг факторів впливу і моніторинг джерел впливу.

Основний зміст спостережень полягає в регламентації скидання відходів таким чином, щоб процеси природної утилізації переважали над процесами забруднення і приводили до усунення порушень в екологічних системах.

Пункти спостережень за якістю морських вод підрозділяються на 3 категорії, які встановлюються в залежності від розташування і потужності джерел забруднення, регіональних і фізико-географічних умов. Межа контрольованих районів залежить від фізико-географічних умов з урахуванням розподілу ЗР і гідрометеорологічного режиму.

*Пункти 1-ї категорії* розташовуються в прибережних районах, що мають важливе господарське значення: зони проживання і відпочинку населення, у портах і припортових акваторіях, у місцях нересту цінних і промислових риб, місцях скидання стічних вод, у гирлах великих річок, у місцях розвідки, видобутку, розробки і транспортування корисних копалин.

*Пункти 2-ї категорії* встановлюються для дослідження сезонної і річної мінливості рівня забруднення морських вод і розташовуються в місцях, де надходження ЗР відбувається за рахунок міграційних процесів.

*Пункти 3-ї категорії* встановлюються в районах відкритого моря і призначені для дослідження річної мінливості забруднення морських вод і для розрахунку балансу ЗР. Ці пункти розташовуються в районах із найбільш низькою концентрацією ЗР.

Таким чином, спостереження за якістю води в *пунктах 1-ї категорії* проводять в місцях скиду забруднювальних речовин, в *пунктах 2-ї*

категорії – у забруднених районах морів та океанів, а в пунктах 3-ї категорії – у відносно чистих водах (фонові спостереження).

Місця розташування *вертикалей* і *горизонтів*, їхня кількість на кожному пункті визначаються розташуванням і потужністю джерел забруднення, складом, концентрацією і типом ЗР.

Спостереження здійснюють за однією із двох програм – *скороченою* або *повною* (табл. 2.15, 2.16).

Таблиця 2.15 – Програми спостережень за фізико-хімічними показниками якості морських вод

Показники	Повна програма	Скорочена програма
Нафтові вуглеводні, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
Водневий показник, один. рН	+	+
Візуальні спостереження за станом поверхні морського об'єкта	+	+
Хлоровані вуглеводні, в тому числі пестициди, мкг/дм <sup>3</sup>	+	–
Важкі метали: ртуть, свинець, кадмій, мідь, мкг/дм <sup>3</sup>	+	–
Феноли і СПАР, мкг/дм <sup>3</sup>	+	–
Додаткові ЗР, специфічні для даного району: нітритний азот, кремній, мкг/дм <sup>3</sup>	+	–
Солоність, ‰, прозорість води, м	+	–
Швидкість, м/с, та напрям вітру	+	–
Температура води і повітря, °С	+	–

При візуальних спостереженнях відзначають явища, які незвичні для даного району моря (плавучі домішки, плівки, масляні плями; розвиток та відмирання водоростей; масовий викид молюсків на берег; підвищення мутності; поява незвичного забарвлення тощо).

Таблиця 2.16 – Програми спостережень за гідробіологічними показниками якості морських вод

Показники	Повна програма	Скорочена програма
1	2	3
1. Зоопланктон:		
Загальна чисельність організмів (прим./м <sup>3</sup> )	+	+
Видовий склад, кількість і список видів	+	+
Загальна біомаса (мг/м <sup>3</sup> )	+	–
Чисельність основних груп і видів (прим./м <sup>3</sup> )	+	–
Біомаса основних груп і видів (мг/м <sup>3</sup> )	+	–
2. Фітопланктон:		
Загальна чисельність клітин (клітин/дм <sup>3</sup> )	+	+
Видовий склад, кількість та список видів	+	–

Продовження таблиці 2.16

1	2	3
Загальна біомаса (г/м <sup>3</sup> )	+	–
Кількість основних систематичних груп, кількість груп	+	–
3. Мікробні показники:		
Загальна чисельність мікроорганізмів (клітин/см <sup>3</sup> )	+	+
Концентрація сапрофітних бактерій (клітин/см <sup>3</sup> )	+	+
Концентрація хлорофілу фітопланктону (мкг/дм <sup>3</sup> )	+	+
Загальна біомаса (мг/дм <sup>3</sup> )	+	–
Кількісний розподіл індикаторних груп морської мікрофлори (сапрофітні, нафтоокислювальні, ліполітичні бактерій) (клітин/см <sup>3</sup> )	+	–
Інтенсивність фотосинтезу фітопланктону	+	–

Програма спостережень за якістю морської води за гідробіологічними показниками є доповненням програми за фізико-хімічними показниками. Ці дві програми дозволяють дати завершену оцінку якості води. У пунктах 1-ї категорії за скороченою програмою спостереження здійснюються 2 рази на місяць (1 і 3 декади), за повною – 1 раз на місяць (2 декада). У пунктах 2-ї категорії спостереження проводяться 5-6 разів на рік за повною програмою. В пунктах 3-ї категорії – спостереження проводять 2-4 рази на рік за повною програмою.

При появі нових джерел забруднення, зміні потужності, складу і форм існуючих джерел, зміні виду водокористування та інших умов категорія пункту і перелік показників, що спостерігаються, можуть змінитися.

### 2.3.3. Суб'єкти та об'єкти моніторингу морських вод в Україні

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році спостереження за станом прибережних морських вод та вмістом у них забруднювальних речовин здійснюють 3 суб'єкти моніторингу: МНС (Державна гідрометеорологічна служба), Мінприроди (Державна екологічна інспекція з охорони довкілля Північно-Західного регіону Чорного моря, Державна екологічна інспекція Азовського моря, Державна Азово-Чорноморська інспекція), МОЗ (санітарно-епідеміологічна служба). Також, моніторинг здійснюють Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ), Інститут біології південних морів НАН України (у тому числі його Одеська філія) та інші організації.

Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження за станом прибережних вод на мережі спостережень, яка складається з 97 гідрометеорологічних станцій, 9 станцій спостережень у місцях скиду стічних вод, до складу яких належать 143 пости. Крім того, спостереження здійснюють 14 науково-дослідних станцій (обсерваторій), що розташовані на прибережних територіях Чорного та Азовського морів. На існуючій

мережі проводяться вимірювання від 16 до 26 гідрохімічних параметрів у воді та донних відкладах з періодичністю від 4 до 12 разів на рік. Державна санітарно-епідеміологічна служба здійснює спостереження та моніторинг якості морської води в зонах рекреаційного та оздоровчого призначення, до складу мережі спостережень належать 78 постійних постів (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

Об'єктами контролю держінспекцій є українські та іноземні судна і морські споруди, діяльність яких відбувається у внутрішніх морських водах, територіальному морі, у морській економічній зоні України і на континентальному шельфі. Держінспекції здійснюють: контроль за виконанням суднами національних і міжнародних вимог із запобігання забруднення моря, за виконанням зобов'язань про реєстрацію в документах суден операцій зі шкідливими речовинами та їхніми сумішами; перевірку усіх фактів забруднення Чорного та Азовського морів із суден і берегових об'єктів; розрахунок розмірів відшкодування збитку; контроль за ходом робіт з ліквідації наслідків забруднення; контроль за санітарним станом акваторії, території портів і прибережної смуги Чорного моря (на 36 підприємствах морського транспорту і рибного господарства ведуться спостереження за станом атмосферного повітря, води, ґрунту, відходів виробництва, рослинного і тваринного світу); притягнення до відповідальності порушників.

У 2001 р. колишня Держінспекція охорони Чорного моря проводила постійний моніторинг забруднення Чорного моря на 128 створах (32 – Одеський, 39 – Ялтинський, 28 – Севастопольський і 29 – Керченський регіони). При формуванні системи моніторингу враховувалось антропогенне навантаження на морське середовище (скид зворотних вод, діяльність портів, судноремонтних заводів тощо). Хімічні аналізи проводились у відділі аналітичного контролю, де визначались більше 15 компонентів хімічного забруднення морських вод: *pH*, розчинений кисень, *BCK<sub>5</sub>*, завислі речовини, азот амонійний, азот нітратний, фосфати, залізо, феноли, СПАР, НП, сульфідиди, вільний хлор та ін. Основні засоби вимірювальної техніки у лабораторії спостережень: солемір (солоність), електрофотокolorиметр (азот загальний, азот амонійний, нітрити, нітрати, азот нітратний, фосфати, фосфор загальний, кремній, феноли, СПАР), іономір (*pH*), спектрофотометр, хроматограф, ваги.

У 2007 році спостереження здійснювали Державна екологічна інспекція з охорони довкілля Північно-Західного регіону Чорного моря, Державна екологічна інспекція Азовського моря, Державна Азово-Чорноморська інспекція. До повноважень інспекцій відносять щомісячні відбори проб та аналіз впливу джерел забруднення, які розташовані на узбережжі; контроль за впливом на воду у прибережній акваторії моря скидами баластних вод з кораблів; спостереження за забрудненням від



діяльності з пошуку та видобування нафти, газу і будівельних матеріалів на морському шельфі; нагляд за використанням живих ресурсів моря.

Одним із негативних впливів на морське середовище є днопоглиблювальні і гідромеханізовані роботи, які здійснювалися в територіальних водах та на шельфі Чорного моря.

Найчутливішою до антропогенного навантаження є прибережна частина Чорного та Азовського морів, особливо у зоні діяльності портів, у гирлових річкових зонах, а також у зонах впливу великих міст. Прибережну частину Чорного моря забруднюють берегові підприємства, які скидають стічні води в море. Значна частина ЗР потрапляє до моря внаслідок діяльності об'єктів комунального господарства великих міст на узбережжі – Одеси, Севастополя, Феодосії та інших.

Науковий аналіз результатів експедиційних і лабораторних досліджень вказує на те, що на більшій частині Чорного моря донні відкладення згідно з «Класифікацією ґрунтів днопоглиблення за ступенем їх забруднення для Азово-Чорноморського басейну в межах України» характеризуються як умовно-чисті або помірно забруднені ґрунти (класи І і ІІ). Лише у деяких районах моря спостерігаються ділянки, де якість донних відкладень не відповідає екологічним вимогам, а самі ґрунти характеризують як дуже забруднені (клас ІІІ).

## **2.4. Моніторинг геологічного середовища**

### *2.4.1. Особливості геологічного середовища*

Частина літосфери, а точніше земної кори, що безпосередньо виступає як мінеральна основа біосфери є одним із найважливіших компонентів *навколишнього природного середовища* (НПС), з кінця 70-х років ХХ ст. виділяється під назвою «*геологічне середовище*» (ГС). Сукупність інженерних споруд і частини ГС у зоні їх впливу, що мають фіксовані межі, називають *природно-технічною системою* (ПТС). ПТС охоплює деякий простір, що включає власне технічну систему, а також деяку частину ГС у межах зони впливу технічної системи на ГС.

До складу ГС включаються ґрунти і верхні шари гірських порід, що розглядаються як багатокомпонентні системи. Межі ГС змінюються не тільки в просторі, але й у часі, з розвитком техногенезу в цілому.

Зовнішніми складовими частинами ГС є атмосфера, поверхнева частина гідросфери (поверхневі води), поверхневі біоценози і, власне техносфера, що включає усі види інженерних споруд, комунікацій і господарських об'єктів.

Внутрішніми складовими частинами ГС є ґрунти (включаючи і техногенні ґрунти); гірські породи, що складають масиви тієї чи іншої структури; рельєф і геоморфологічні особливості території; підземні води; газоподібні наповнення гірських порід; геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища, які розвинуті на даній території.

Стосовно речовин, то особливість ГС як підсистеми полягає у тому, що, поряд із природними, поширені речовини антропогенного генезису, які є продуктами функціонування технічних систем чи речовинами об'єктів техносфери. Деякі дослідники до ГС відносять не лише гірські породи і ґрунти, але і приповерхневі води і біоту.

Слід відзначити, що родючі ґрунти є об'єктом вивчення ґрунтознавства. На відміну від ґрунтознавства, в інженерній геології «ґрунтами» називаються всі гірські породи, властивості яких вивчаються задля цілей будівництва споруд, тобто як природні основи інженерних споруд.

#### *2.4.2. Показники техногенного порушення геологічного середовища*

Верхній шар літосфери (приблизно до 10 км) активно використовується людиною для видобутку корисних копалин і називається «надрами». Технічний прогрес базується на всезростаючому використанні природних ресурсів, в тому числі мінеральних ресурсів. Із надр вилучається близько 150 млрд. т гірських порід, в тому числі понад 20 млрд. т корисних копалин. При сучасній технології видобутку і використання корисних копалин тільки 1-5% від всього об'єму вилученої з надр сировини реалізується у вигляді продуктів виробництва, а решта є відходами. Щорічно у світі утворюється близько 18 млн. т огаркових відвалів. При виробництві калійних добрив із  $KCl$  на кожну тунну отриманого сильвініту утворюється 2,5-3,0 т відходів галіту, які складаються у вигляді солевідвалів (висотою до 25-30 м) і на які відводяться значні земельні ресурси. При отриманні 1 т  $P_2O_5$  з апатитів і фосфоритів утворюється 4,25-5,5 т фосфогіпсу, який, в більшості випадків, іде у відвали; можливість його практичного використання дуже незначна (до 2%).

За кадастровим обліком в Україні на початок 2007 року налічувалось 8658 родовищ 97-ми видів корисних копалин і майже 12000 їх проявів. Одними з найбільших за обсягом є запаси вугілля, залізних, марганцевих і титаноцирконієвих руд, а також графіту, каоліну, калійних солей, сірки, вогнетривких глин, облицювального каменю. Частка їх в Україні є значимою у світовому вимірі. Ступінь освоєння (залучення в розробку) розвіданих запасів в Україні за різними видами корисних копалин коливається від 40 до 100%. Загалом 2007 року працювало більше як 2000 гірничовидобувних підприємств, а загальна кількість розроблюваних родовищ сягнула 3000. В обсягах видобутку різко домінує залізорудна сировина, флюсові вапняки, а також кам'яне вугілля. У Державному балансі запасів корисних копалин України на початок 2008 року обліковано 421 родовище питних та технічних підземних вод, 197 родовищ мінеральних вод, 2 родовища теплоенергетичних підземних вод і 1 родовище промислових підземних вод. Упродовж 2007 року розвідано і

поставлено на державний баланс 12 родовищ питних підземних вод із запасами промислових категорій 106,4 тис. м<sup>3</sup>/добу і 14 родовищ мінеральних підземних вод із запасами промислових категорій 758,6 м<sup>3</sup>/добу (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

Порушення і забруднення ГС найбільш характерні для *гірничо-видобувних підприємств*. Для зони впливу гірничого виробництва характерні *порушення* різних типів:

- *геомеханічні* (деформації порід і земної поверхні, провали, забудови);
- *гідродинамічні* (гідрологічні – поверхневі, гідрогеологічні – підземні);
- *аеродинамічні* (приземні) *порушення і забруднення*: літосферні (поверхні), гідросферні, атмосферні та біоценотичні.

Гірниче виробництво негативно впливає на стан елементів НПС:

- 1) *землі, ґрунт* (ландшафт) – деформації земної поверхні, порушення ґрунтового покриву, зменшення площі продуктивних угідь, погіршення якості ґрунтів, зміна стану поверхневих і ґрунтових вод, осідання ґрунту і хімічних сполук внаслідок викидів в атмосферу, ерозійні процеси;
- 2) *надра* – зміна напружено-деформованого стану масиву гірських порід, зниження якості і втрати корисних копалин і промислової цінності родовищ, забруднення надр, розвиток карстового процесу;
- 3) *водний басейн, води підземні* – зменшення запасів поверхневих і підземних вод, порушення гідрогеологічного режиму водного басейну;
- 4) *води поверхневі* – забруднення водного басейну стічними і дренажними водами, погіршення якості вод в результаті несприятливих змін гідрохімічних і біологічних режимів природних вод;
- 5) *повітряний басейн* – забруднення атмосфери;
- 6) *флора і фауна* – погіршення умов існування флори і фауни, міграція і скорочення чисельності диких тварин, зменшення чисельності рослин, спад урожайності сільськогосподарських культур, зниження продуктивності тваринництва, рибного і лісового господарств.

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році на території України станом на 01.01.2008 р. виявлено 326 основних осередків забруднення підземних вод. Води в зоні впливу цих осередків забруднені хлоридами, сульфатами, нітратами, аміаком, роданідами, фенолами, нафтопродуктами, марганцем, свинцем, стронцієм. У 2007 році виявлено п'ять нових основних осередків забруднення підземних вод, у тому числі: Автономна Республіка Крим – 4 осередки бактеріологічного забруднення, Черкаська область – 1 осередок хлоридного забруднення, а також 42 нових локальних осередки органічного та хімічного забруднення (Львівська область – 18, Миколаївська – 17, Одеська – 5, Тернопільська і Чернівецька області – по 1). У межах локальних осередків підземні води неогенових, палеогенових, верхньокрейдяних та протерозойських відкладів в окремих свердловинах

мають підвищений вміст нітратів (до 149,7 мг/дм<sup>3</sup>, ГДК – 45), амонію (до 13 мг/дм<sup>3</sup>, ГДК – 1), заліза (до 4,94 мг/дм<sup>3</sup>, ГДК – 0,3), загальної жорсткості (до 25,2 мг-екв/дм<sup>3</sup>). Крім того, в Україні відмічається розвиток більше ніж 20 різних видів *екзогенних геологічних процесів* та явищ, у тому числі кілька особливо небезпечних. Зсуви як небезпечний геологічний процес мають значне поширення на території України. Загальна їх кількість за станом на 01.01.2008 перевищує 23 тис. і постійно зростає. Найбільшого розвитку вони набули на узбережжі Чорного та Азовського морів, на берегах р. Дніпро, в Закарпатській, Івано-Франківській, Одеській, Полтавській, Чернівецькій та інших областях. Активізація зсувів у багатьох регіонах має руйнівний характер і завдає значних соціально-економічних та екологічних збитків. Від *підтоплення* в Україні потерпають майже 20 млн. людей, а його негативні наслідки відчуваються на 22% території країни. Дані моніторингу свідчать про тенденцію до активізації процесу в регіональному масштабі та збільшення підтоплених площ. За останніми даними, підтоплені різною мірою майже всі забудовані території. Найбільш несприятливі умови склалися у містах Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Сіверськодонецьк, Первомайськ, Харків, Херсон, Котовськ, Одеса, Вугледар, Дружківка, Слов'янськ, Маріуполь, Кременчук, Керч та інших.

Підприємствами Державної геологічної служби здійснюється спостереження та моніторинг стану підземних вод на 1148 точках спостережень. У цих точках оцінюється рівень залягання підземних вод, їх природний геохімічний склад. Проводяться визначення до 22 параметрів, у тому числі концентрації важких металів та пестицидів.

ГС в межах *урбанізованих територій* характеризується появою штучних ґрунтів, значною закритістю поверхні твердим покриттям і будівлями. Виникають особливі геофізичні та геохімічні поля, що впливають на стан ГС й умови існування живих організмів і людини.

Екологічні властивості літосфери обумовлені природою її речовинного складу, геодинамічних полів і органічно пов'язані із забезпеченням життєдіяльності живих організмів, умовами їх існування та еволюції.

Функції ГС розглядаються з позицій еволюції та життєзабезпечення біоти і, головним чином, людського суспільства. Виділяють три основні підходи до оцінювання екологічного стану територій:

- шляхом прямих кількісних оцінок компонентів ГС (геологічні породи, підземні води, ґрунти тощо) у порівнянні з ГДК, фоновими значеннями тощо;
- ранжуванням території за техногенним навантаженням (незмінені, слабо-, середньо-, сильно-, дуже сильно і катастрофічно змінені);
- за оцінкою ролі «геологічної матриці» ГС у сучасному стані екосистем.

Виділяють 4 рівні (класи) природно-антропогенних порушень: *норми, ризику, кризи, катастрофи* чи *лиха*.

*Зона екологічної норми (Н)* містить у собі території без помітного зниження продуктивності і стійкості ЕС, її відносної стабільності. Значення прямих критеріїв нижчі за ГДК чи фонові значення. Деградація земель складає менше 5% території.

*Зона екологічного ризику (Р)* містить у собі території з помітним зниженням продуктивності і стійкості ЕС, що веде до їх спонтанної деградації. Територія вимагає заходів поліпшення екологічних умов. Значення прямих критеріїв перевищують ГДК. Деградовано 5-20% земель.

*Зона екологічної кризи (К)* містить у собі території із сильним зниженням продуктивності і втратою стійкості ЕС. Можливе обмежене господарське використання території із застосуванням заходів поліпшення екологічних умов. Значення прямих критеріїв значно перевищують ГДК. Деградовано 20-50% земель.

*Зона екологічного лиха (Л)* містить у собі території з повною втратою продуктивності і стійкості ЕС, що виключають можливість її господарського використання. Значення прямих критеріїв у десятки разів перевищують ГДК. Деградовано більш 50% земель.

Зоні екологічної норми відповідають *задовільні (З)*, зоні екологічного ризику – *умовно задовільні (УЗ)*, зоні екологічної кризи – *незадовільні (НЗ)*, зоні екологічної кризи – *катастрофічні (К)* еколого-геологічні умови. Слід зазначити, що стан живих організмів залежить не тільки від еколого-геологічних умов, але й від соціально-економічних факторів.

Для оцінювання еколого-геологічних умов використовуються прямі й індикаторні критерії, що за характером оцінювання підрозділяються на ресурсну, геодинамічну, геохімічну і геофізичну групи. Прямі критерії оцінювання в рамках цих груп регламентуються нормативно-директивними документами і співвідносяться стосовно ГДК, ГДВ, ГДС, ГДН, або до фону і кларкового значення. Індикаторні критерії містять у собі: 1) у ресурсній групі – залишкові запаси з урахуванням досягнутого рівня споживання (кількість років); 2) у геодинамічній групі – площинні, об'ємні і динамічні, а також медико-санітарні, ботанічні і зоологічні; 3) у геохімічній групі – показники оцінки ступеня забруднення літосфери; 4) у геофізичній групі – критерії оцінювання радіаційного забруднення і т.д.

Отже, одним із головних завдань при обґрунтуванні критеріїв оцінювання екологічного стану ГС є проведення комплексних досліджень з вивчення міграції, накопичення, трансформації в екосистемах при переході з одного середовища в інше різних ЗР на допоміжних полігонах. Однією з найважливіших сучасних проблем оцінювання стану ГС є обґрунтування критеріїв гранично допустимих еколого-геологічних навантажень (ГДЕГН) і гранично допустимих еколого-геологічних впливів (ГДЕГВ).

Медико-геологічне ранжування територій є основою для розміщення об'єктів промислового і цивільного будівництва та визначення місць рекреації.

#### *2.4.3. Загальна структура моніторингу геологічного середовища*

*Призначенням* системи моніторингу ГС (МГС) є визначення тенденцій розвитку ГС і на основі цього – підтримка управлінських рішень з оптимізації ПТС.

Основна *мета* моніторингу ГС полягає в оперативному контролі стану та прогнозуванні змін ГС, а також у розробці природоохоронних заходів на основі результатів моніторингових досліджень.

Структурну схему МГС можна подати у вигляді 2-х основних блоків – контролю і управління, які пов'язані між собою каналами інформації, а також автоматизованої інформаційної системи (АІС) і системи інженерного захисту.

#### *2.4.4. Методи вивчення техногенних змін геологічного середовища*

В залежності від типу МГС, використовують 4 основні групи спостережень: інвентаризаційні, ретроспективні, режимні і методичні.

*Інвентаризаційні спостереження* містять в собі набір трудомістких та вартісних спостережень за об'єктами ГС, які, зазвичай, не входять до складу режимних спостережень. Ці спостереження за окремий період можуть проводитись з черговістю 1 раз на рік (або на 2-3 роки і більше) за найбільш консервативними елементами ГС, а також при визначенні фонових значень параметрів ГС на територіях, які не порушені техногенними навантаженнями.

*Ретроспективні спостереження* спрямовані на виявлення тенденцій розвитку ГС, або його компонентів, встановлення закономірностей їх змін. Ретроспективні спостереження складають основу для вирішення прогнозних задач в МГС. За терміном і періодичністю проведення мають бути різними в залежності від того, наскільки інтенсивні зміни елементів ГС.

*Режимні стаціонарні спостереження* – це спостереження за динамікою процесів (явищ) на стаціонарних ділянках, точках, пунктах з метою виявлення їх закономірностей і обумовленості. Вони відображають тимчасові (річні, сезонні, місячні, добові і т. ін.) коливання параметрів ГС. Мережа режимних спостережень (наприклад, інженерно-геологічних і гідрогеологічних), які мають деякі риси автономності, повинна органічно вписуватися в загальну структуру МГС.

*Методичні спостереження* спрямовані на вдосконалення методів МГС, або створення нових методів. Вони часто проводяться до ретроспективних і режимних спостережень. Особливо значна їх роль на початковій стадії організації мережі МГС.

Для кожної мережі спостережень при цьому розробляється *програма спостережень*. За аналогією зі спостереженнями за іншими природними середовищами при розробці програми спостережень необхідно відповідати на питання: що, де, чим (як), з якою частотою і періодичністю проводити спостереження?

Мережі спостережень у межах ГС формуються у тривимірному просторі і, в залежності від масштабу досліджень або рангу ГС, мають бути детальними, локальними, регіональними і національними. Розрізняють *точку спостереження* (точку відбору проби ґрунту, свердловину, джерело і т. ін.) та *пункт спостереження* (гідрогеологічний, інженерно-геологічний, геофізичний і т. ін.), *полігон спостережень*, який забезпечує групу спостережень, наприклад, гідрогеологічних). *Полігони детальних спостережень* призначені для вирішення задач збору попередньої інформації на ділянках, типові умови яких відповідають опорному полігону. *Опорний полігон* відповідає локальному рівню досліджень на типовій (опорній) ділянці району з однотипним ГС. Різновиди опорних полігонів - *фонові полігони*, які призначені для збору інформації про ГС на територіях, які не порушені техногенними процесами. Сукупність опорних полігонів утворює *полігон регіональних досліджень*. Окрім того, можуть утворюватися *спеціальні полігони*, які призначені для спостережень за станом ГС на екологічно небезпечних об'єктах (наприклад, в районах існуючих АЕС), а також *дослідно-методичні полігони і полігони для наукових досліджень*.

Серед дистанційних методів спостережень в системі МГС використовуються *аерокосмічні методи* (телевізійна, інфрачервона, радіолокаційна і фотозйомка і т. ін.). Окрім того, широко використовуються геофізичні методи (сейсмоакустичне зондування, електричне зондування, термометрія і т. д.).

#### 2.4.5. Стадії проведення еколого-геологічних досліджень

Еколого-геологічні дослідження (ЕДГ) складаються з підготовчих, польових, аналітичних і камеральних робіт. Особливістю їх є необхідність комплексного вивчення ГС шляхом проведення геологічних, геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних, ландшафтних та інших досліджень, а також аналізу матеріалів аерокосмічних зйомок. Це дозволяє в сукупності оцінити стан ГС, спрямованість процесу техногенезу і еколого-геологічної ситуації на території, яку ми вивчаємо.

*Основні завдання ЕДГ:*

- вивчення та картування площ з різним ступенем техногенного впливу;
- оцінювання стану ГС і впливу природних процесів, які протікають у ньому, на екологічну ситуацію;

- оцінювання сукупності природних і техногенних чинників ГС, яка визначає функціонування геолого-техногенних систем та їхні екологічні параметри;
- оперативне інформування державних і природоохоронних органів, громадських організацій про екологічно небезпечні обстановки та несприятливий розвиток геологічних процесів;
- розробка рекомендацій з обмеження та попередження несприятливих і небезпечних геологічних та техногенних процесів.

*Основні об'єкти вивчення ЕГД:*

- гірські породи, ґрунтово-рослинні утворення зони аерації, донні відклади;
- ендегенні і екзогенні геологічні процеси, які впливають на формування ГС;
- об'єкти ГТС (територіально-промислові, паливно-енергетичні комплекси, промислово-міські агломерації).

*Кінцева мета ЕГД:*

- оцінювання стану і прогнозування змін ГС та екологічних параметрів;
- обґрунтування комплексу заходів з раціонального використання та охорони геологічного середовища, обмеження його негативних змін і підвищення стійкості геолого-техногенних систем.

Перспективним напрямком при вдосконаленні методів еколого-геологічного картографування є аерокосмічні (дистанційні) дослідження, які дозволяють створити оперативні моделі сучасного стану геологічного середовища. Аналіз методичних підходів до складання карт екологічного змісту показує, що основним принципом створення подібних моделей є відображення природних і техногенних чинників динаміки навколишнього середовища.

## **2.5. Особливості організації моніторингу ґрунтів**

*Ґрунт* – це особливе органо-мінеральне природне утворення, яке виникло як внаслідок впливу живих організмів на мінеральний субстрат і розкладу мертвих організмів, так і за рахунок впливу природних вод і атмосферного повітря на поверхневі горизонти гірських порід у різних умовах клімату і рельєфу в гравітаційному полі Землі.

З іншого боку, ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунті протікає відносно повільно. Як наслідок цього, високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду у зовнішнє середовище. Окрім того, можлива поступова зміна хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів.

Найбільш інтенсивним шляхом переносу забруднень, які потрапляють на ґрунт, може бути перенесення з атмосферним повітрям у



випадку потрапляння забруднень з ґрунту в атмосферу через випаровування або разом з пилом. Іншим відносно швидким шляхом розповсюдження забруднювачів є змив їх стічними водами. Але далеко не всі ці механізми переносу грають суттєву роль у забрудненні ґрунтів. Під впливом фізико-хімічних факторів і, головним чином, в результаті діяльності мікроорганізмів, відбувається розкладання забруднювальних речовин органічного складу. У ряді випадків (забруднення ґрунтів бенз(а)піреном, пестицидами та іншими речовинами) можливе навіть встановлення рівноваги між надходженням на ґрунт та їх розкладанням у ґрунті.

Спостереження за станом земель і ґрунтів та вмістом у них забруднювальних речовин здійснюють 6 суб'єктів моніторингу: МНС (Державна гідрометеорологічна служба), Мінприроди (Державна екологічна інспекція), МОЗ (санітарно-епідеміологічна служба), Мінагрополітики, Держкомлісгосп, Держкомзем України.

Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження та моніторинг забруднення ґрунтів сільськогосподарських земель пестицидами на 35 ділянках у 18 областях та важкими металами у 20 населених пунктах. Проби відбираються один раз у п'ять років, проби на важкі метали у містах Костянтинівка та Маріуполь відбираються щороку.

Державна екологічна інспекція здійснює відбір проб більш ніж на 600 промислових майданчиках у межах країни та визначення забруднень за 27 показниками.

Санітарно-епідеміологічна служба здійснює контроль та моніторинг стану ґрунтів на територіях, де можливі наслідки негативного впливу на здоров'я населення. Найбільше охоплені території вирощування сільськогосподарської продукції, території в місцях застосування пестицидів, ґрунти у зоні житлових масивів, дитячих майданчиків та закладів. Досліджуються проби ґрунту в місцях зберігання токсичних відходів на території підприємств та поза нею у місцях їх складування або захоронення. У 2007 році Держсанепідслужбою України досліджено на санітарно-хімічні показники 27 207 проб, з них не відповідають нормативам 1 639 (6%), у тому числі на пестициди – 7 650 проб ґрунту, з яких 2,4% (185) не відповідають санітарним нормативам (у місцях виробництва продукції рослинництва – 1,7%, на території промислових підприємств – 1,1; в місцях застосування пестицидів та міндобрив – 4,8; місцях зберігання токсичних відходів на території промпідприємств – 8,8; житловій зоні, у т.ч. на території дитячих закладів і на дитячих майданчиках – 0,4%). Також ґрунт досліджено на бактеріологічні показники (18 772 проби) та гельмінти (144 980 проб), з яких не відповідало нормативам, відповідно, 9,2% (1721) і 2,9% (4275).

Мінагрополітики здійснює спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання. Мережа, на якій ведуться

спостереження та моніторинг ґрунтів підрозділами Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів, складається з 1003 ділянок. Здійснюються радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів.

Держкомліспгосп здійснює спостереження за ґрунтами лісових масивів та впливом на них прилеглих промислових зон, у тому числі наявності важких металів у ґрунтах та рослинному покриві.

Держкомзем здійснює спостереження за проявами ерозійних та інших екзогенних процесів, просторового забруднення земель об'єктами промислового та сільськогосподарського виробництва, за зрошуваними і осушуваними землями, а також за динамікою змін земельних ресурсів берегових ліній водних об'єктів (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

### *2.5.1. Техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу*

В Національному науковому центрі «Інститут ґрутознавства та агрохімії ім. О. М. Соколовського» НААН України (ІНЦІГА, м. Харків) під керівництвом академіка НААН України В. В. Медведєва розроблена концепція та техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу в Україні. Його необхідність визначається чотирма основними факторами:

- винятковою важливістю підтримання ґрунтів у стані, за якого вони зберігають здатність до регуляції циклів біофільних елементів;
- важливістю контролю і запобігання порушенню процесів ґрунтоутворення, що виявляються в дегуміфікації, переущільненості, ерозії, підкисленні, підтопленні, засоленні тощо;
- важливістю суттєвого підвищення родючості ґрунтів, збільшення віддачі від меліорації та хімізації, поліпшення якості сільськогосподарської продукції;
- неможливістю адекватного оцінювання сучасного стану ґрунтового покриву за наявної інформації через застарілі дані, «усіченість», орієнтованість лише на вузького споживача і неузгодженість методик.

*Елементи ґрунтового моніторингу були в Україні й раніше. Так, Державним інститутом з землевпорядкування «Укрземпроект» було проведено систематичне обстеження ґрунтів України в період 1956-1961 рр. в рамках 1-го туру широкомасштабного ґрунтового обстеження. В період 1975-1990 рр. проведено 2-й тур широкомасштабного ґрунтового обстеження ґрунтів України (який не було завершено – обстежено 80% площ). Порівняння результатів цих двох турів дало змогу виявити небажані тенденції у зміні ґрунтового покриву:*

- посилюється вплив ерозійних процесів на ґрунтовий покрив, за 20-23-

річний період між турами площі еродованих орних ґрунтів зросли на 25%;

- *тривають процеси дегуміфікації ґрунтів*, вміст гумусу в ґрунті в середньому по Україні зменшився на 0,3%;
- *відбулось значне ущільнення ґрунтів* через систематичні втрати гумусу і постійний вплив на ґрунт ходових систем і ґрунтообробних машин;
- *декальцинація ґрунтів, поява та збільшення гідролітичної кислотності* на чорноземах типових та звичайних, причиною яких стало внесення високих доз мінеральних добрив;
- *затоплення великих площ заплавних земель* в результаті будівництва каскаду водосховищ на Дніпрі, що також призвело до підйому підґрунтових вод і підтоплення територій, віддалених від водосховищ.

До 2000 року підрозділами «Сільгоспхімії» проведено *чотири тури агрохімічних обстежень*, які дали змогу виявити тенденції у зміні гумусного стану ґрунтів, реакції ґрунтового середовища, забезпеченості ґрунтів доступними фосфатами та обмінним калієм в окремих господарствах, областях і в цілому по Україні.

Елементи *ґрунтового моніторингу* виконувались також гідрологічно-меліоративними експедиціями Мінмеліоводгоспу СРСР, а зараз відповідними службами Мінагрополітики (моніторинг ґрунтів меліоративного фону, іригаційної ерозії), гідрометеостанціями, Укргеологією, а нині Держгеослужбою, установами академій наук України, Національним космічним агенством України (дистанційне зондування) тощо. Проте ці роботи і досі виконуються безсистемно та відірвано одна від одної.

Зараз в *Україні* служба ґрунтового моніторингу формується в межах державної системи моніторингу довкілля. До її завдань входить періодичний контроль динаміки основних ґрунтоутворювальних процесів – фізичних, хімічних, біологічних та інших у природних умовах і при накладанні антропогенного навантаження.

*Об'єктами ґрунтового моніторингу* виступають основні типи, підтипи, фони, види і різновиди ґрунтів, які підбираються у межах ґрунтової провінції і максимально відображають різноманітність ґрунтового покриву, усі рівні антропогенного навантаження.

*Постійними пунктами контролю* вибрано природні об'єкти (ліси, заповідники), еталонні об'єкти високого рівня сільськогосподарського використання ґрунтів (*держсортдільниці*, варіанти стаціонарних дослідів, поля господарств, де впроваджена ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства), звичайні господарства.

Стан ґрунтів достовірно діагностується за наявності інформації про зміни структури ґрунтового покриву, трансформації земельних угідь,

оцінки темпів зміни основних показників (гумусу, рН, повітряного та поживного режимів, *ємності* катіонного обміну, фізичного, водного, забрудненості, біологічної активності), оцінки інтенсивності ерозії, показників меліоративного стану (якості зрошувальних вод, рівня мінералізації підґрунтових вод, засоленості ґрунтів зони аерації, вторинного осолонцювання, оцінки темпів спрацювання осушених торфовищ, трансформації органічної речовини, вторинного озалізнєння) і, нарешті, оцінки ефективності родючості ґрунтів.

Спостереження ведуться наземними (стандартними методами і приладами) та дистанційними засобами (дистанційне зондування). Відпрацювання кореляційних зв'язків між наземними і дистанційними методами здійснюється на спеціальних полігонах. В ННЦІГА розроблено програму спеціальних досліджень, спрямованих на методичне забезпечення дистанційного ґрунтового моніторингу. Відповідно до цієї програми створюються і опробовуються методи дистанційного визначення ґрунтових характеристик, а також відповідна знімальна апаратура і засоби оперативного дешифрування інформації.

#### 2.5.2. Джерела і види деградації ґрунтів

Якщо під впливом природних факторів не порушується рівновага й хід звичних геологічних процесів, то під впливом антропогенних факторів відбуваються негативні процеси, які призводять до деградації та виснаження ґрунтів, вилучення їх з сільськогосподарського користування.

*Деградація ґрунтів* – сукупність процесів, обумовлених діяльністю людини, які зменшують їх родючість. Розрізняють фізичні, хімічні та біологічні види деградації. Причинами деградації ґрунтів є: ерозія, порушення правил агротехніки, знищення лісів, надмірне використання засобів хімізації, кислотні опади тощо.

*Опустелювання* – у широкому розумінні це процес погіршення і зниження продуктивності територій, який відбувається в будь-яких кліматичних умовах, а його інтенсивність залежить від зниження водного і підвищення теплового режиму. Важливою причиною опустелювання є антропогенний вплив без урахування взаємозв'язку природних компонентів (рельєфу, ґрунту, рослинного і тваринного світів), що формують біологічну продуктивність території і її стійкість до впливу зовнішніх чинників.

*Засолєння* спричиняє повному або частковому вилученню ґрунтів з активного сільськогосподарського використання або зменшення їх продуктивності. Основна причина – непомірний, безсистемний полив при відсутності дренажу. Повторне засолення: неглибоко залягаючі мінералізовані ґрунтові води, підіймаючись капілярами ґрунту і випаровуючись, залишають солі біля поверхні; при надмірному поливі відбувається підйом ґрунтових вод, заболочування і засолення ґрунту

солями, розчиненими в цих водах. За даними ФАО, не менш як 50% площ всіх зрошуваних земель у світі засолено.

Відбувається відчуження земель на будівництво шляхів, промислових підприємств, житла, комунікацій, розширення міст (понад 60 млн. га). Для зменшення вилучення земель для несільськогосподарських цілей необхідно: розробити науково обґрунтовані норми земельних площ для будівництва і встановити суворий контроль за їх дотриманням; використовувати землі, непридатні для сільського господарства; прокладати комунікації під землею та ін.

Щорічно у ґрунтах України знижується вміст гумусу (на 1,5-1,8 т/га на рік), що збільшує ущільнення ґрунтів і знижує їх водомісткість в 15-20 разів. Дегуміфікація пов'язана зі зменшенням кількості і погіршенням якості органіки, що надходить в ґрунт. Для запобігання дегуміфікації необхідно вносити 8-12 т/га перегною на рік, заорювати поживні залишки в ґрунт, застосовувати мульчування поверхні соломою, використовувати мінеральні добрива тощо. Оптимальним вважається вміст гумусу у верхніх горизонтах чорноземів 5-7%.

### 2.5.3. Показники техногенного порушення і забруднення ґрунтового шару

Погіршення властивостей ґрунтів є одним з найбільш важливих факторів формування зон (класів) екологічного стану ґрунтів *Н, Р, К і Л* (табл. 2.18) і характеризується *ґрунтовими критеріями*.

Таблиця 2.18 – Оцінка стану ґрунтів в залежності від їх змін природно-техногенними геологічними процесами

Показники	Класи (зони) екологічного стану			
	З (Н)	УЗ (Р)	НЗ (К)	К (Л)
1	2	3	4	5
Родючість ґрунтів, % від потенційної можливості	> 85	85-65	65-25	< 25
Вміст гумусу, % від початкового	> 90	90-70	70-30	< 30
Вміст легкорозчинних солей, % від маси	< 0,6	0,6-1,0	1,0-3,0	> 3
Вміст токсичних солей, % від маси	< 0,3	0,3-0,4	0,4-0,6	> 0,6
Площа вторинно засолених ґрунтів, %	< 5	5-20	20-50	> 50
Вміст пестицидів у ґрунті, од. ГДК	< 0,5	0,5-1,0	1-3	> 5
Вміст ЗР, од. ГДК	< 1	1-3	3-10	> 10
Залишковий вміст нафти і нафтопродуктів у ґрунті, % від маси	< 1	1-5	5-10	> 10

## Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5
Ступінь змитості ґрунтових горизонтів	відсутні	змиті горизонти А <sub>1</sub> або 0,5 горизонту А	змиті горизонти А, В і частина АВ	змиті горизонти А і В
Глибина змитості ґрунтових горизонтів, % ґрунтового профілю	< 10	10-30	30-50	> 50
Площа підґрунтових порід, % від загальної площі	< 5	5-10	10-25	> 25
Площа дефляції, %	< 5	10-20	20-40	> 40

Найбільш інформативними є *ґрунтово-ерозійні критерії*, які прямо пов'язані як із природними геологічними процесами, так і з антропогенними факторами. Ці критерії дають найбільш повне уявлення про динаміку процесів деградації ґрунтового покриву. За ступенем небезпеки хімічні речовини, які забруднюють ґрунтовий покрив, підрозділяються на 3 класи (ГОСТ 17.4.1.02-83): *1 – високонебезпечні, 2 – задовільно небезпечні, 3 – малонебезпечні* (табл. 2.19).

Таблиця 2.19 — Критерії класів небезпечності хімічних речовин в ґрунтах

Показник	Норма для класів небезпеки		
	1-го класу	2-го класу	3-го класу
1. Токсичність, ДЛ <sub>50</sub> , мг/кг	< 200	200-1000	> 1000
2. Персистентність в ґрунті, міс.	> 12	6-12	< 6
2. ГДК в ґрунті, мг/кг	< 0,2	0,2-0,5	> 0,5
4. Міграція	мігрують	слабко мігрують	не мігрують
5. Персистентність в рослинах, міс.	> 3	1-3	< 1
6. Вплив на харчову цінність сільськогосподарської продукції	сильний	помірний	немає

Відзначені показники розглядаються як критерії оцінювання забруднення ґрунтів і гірських порід неорганічними й органічними речовинами. Загальне оцінювання ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за критеріями, які виділяють *слабко-, середньо- і сильно* забруднені ґрунти.

У *слабкозабруднених ґрунтах* вміст ЗР не перевищує ГДК або фонове значення. У *середньозабруднених* – перевищення ГДК (фону) незначне і не призводить до істотних змін властивостей ґрунтів. У *сильно забруднених ґрунтах* вміст ЗР у кілька разів перевищує ГДК (фон), що істотно позначається як на властивостях ґрунтів, так і на якості сільськогосподарської продукції.

Іноді проводять оцінювання за ступенем забруднення окремими ЗР (ВМ, нафтою і нафтопродуктами, бенз(а)піреном тощо). Для вилучення

техногенної складової використовуються дані з незабруднених територій або територій з викопними ґрунтами, що не зазнали антропогенного впливу.

Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація нафтопродуктів (НП) у них досягає такої величини, при якій починаються негативні екологічні зміни в НПС: порушується екологічна рівновага в ґрунті, гине ґрунтова біота, падає продуктивність чи настає загибель рослин, відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, падає їх родючість, створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод. Небезпечним рівнем забруднення ґрунту вважається рівень, що перевищує межу потенціалу самоочищення.

У деяких країнах прийнято вважати верхнім безпечним рівнем (*H*) вміст НП у ґрунті 1 – 3 г/кг; початок серйозної екологічної шкоди (*K*) – при вмісті 20 г/кг і вище.

З огляду на фізико-географічні умови України (а також характер землекористування), що впливають на процеси самоочищення при забрудненні природного середовища НП, для практики проведення робіт з детоксикації НП у ґрунті доцільно прийняти такі ступені градації забруднення ґрунтів НП (з урахуванням кларку):

- *незабруднені ґрунти* – до 1,5 г/кг;
- *слабке* забруднення – від 1,5 до 5 г/кг;
- *середнє* забруднення – від 5 до 13 г/кг;
- *сильне* забруднення – від 13 до 25 г/кг;
- *дуже сильне* забруднення – більше 25 г/кг.

Слабке забруднення може бути ліквідоване в процесі самоочищення ґрунту в найближчі 2-3 роки, середнє – протягом 4-5 років. Початком серйозної екологічної шкоди є забруднення ґрунту НП у концентраціях, що перевищують 13 г/кг, при цих концентраціях починається міграція НП у підґрунтові води, істотно порушується екологічна рівновага в ґрунтовому біоценозі. Вважається, що концентрації, менші 5 г/кг, відповідають зоні *екологічної норми (H)*, 5-13 г/кг – *ризик* (*P*), 13-15 г/кг – *кризи (K)* і більше 25 г/кг – *зоні лиха (L)*.

Слід зазначити, що ступінь забруднення ґрунтового покриву НП не завжди відбивається на їх транслокації (відповідно і на якості сільськогосподарської продукції), що, очевидно, пов'язано з гідрофобністю більшості вуглеводних і неуглеводних фракцій.

Необхідно диференціювати ЗР ґрунтів за класом небезпеки згідно з ДСТУ 17.4.1.02-83 (табл. 2.20). Для оцінювання фонових значень показників ґрунтів необхідне виявлення ділянок, де ґрунтовий покрив ще не був під впливом сільськогосподарської діяльності.

Таблиця 2.20 — Загальна оцінка ступеня забруднення компонентів літосфери з виділенням класів екологічного стану

Показник	Класи (зони) екологічного стану			
	<i>З (Н)</i>	<i>УЗ (Р)</i>	<i>НЗ (К)</i>	<i>К (Л)</i>
Концентрація всіх елементів і сполук	фонові чи < 1ГДК	Компоненти 2 і 3-го класів небезпеки в межах 1-5 ГДК; 1 класу – на рівні 1 ГДК	Компоненти 2 і 3 класів небезпеки в межах 5-10 ГДК; 1 класу – 1-5 ГДК	Компоненти 2 і 3-го класів небезпеки > 10 ГДК; 1 класу – > 5 ГДК

Одним із методів оцінювання техногенної «непорушності» ґрунтів і порід зони аерації є характер розподілу <sup>137</sup>Cs. Цей ізотоп цезію сорбується ґрунтом у верхньому шарі (до 5 см), якщо даний ґрунт є «цілина»; якщо ж ґрунт оброблявся, то розподіл <sup>137</sup>Cs по всьому профілю буде практично рівномірним. Оцінки на основі ГДК мають ряд недоліків:

- 1) не враховуються ефекти накопичення ЗР у результаті переходу з одного середовища в інше, при переміщенні у трофічному ланцюзі, а також процеси трансформації при міграції;
- 2) як правило, санітарно-гігієнічні норми застосовуються у разі, коли вторинні природні процеси не є визначальними, що обмежує можливості їх використання;
- 3) ці підходи орієнтовані на напівлетальні дози і граничні концентрації; залежності «доза – час – ефект», на підставі яких розробляються ГДК, близькі між собою в діапазоні високих доз і істотно відрізняються в діапазоні низьких доз;
- 4) ГДК встановлюються в експериментах переважно на пацюках і мишах, які найбільш стійкі до токсикантів, а тому можливість екстраполяції їх на організм людини дещо сумнівна.

#### 2.5.4. Принципи організації спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів

Нормативи вмісту хімічних речовин в ґрунті з урахуванням шкідливого впливу цих речовин на здоров'я людини вперше стали розробляти ще в СРСР. Розв'язання цієї задачі ускладнюється тим, що основна кількість хімічних речовин з ґрунту надходить в організм людини не прямим шляхом, а харчовими ланцюжками: ґрунт-рослина-людина, ґрунт-рослина-тварина-людина, ґрунт-вода-людина, ґрунт-атмосферне повітря-людина.

Хімічні елементи, що не вловлюються при спектральному аналізі, можуть бути визначені атомно-абсорбційним методом. Цим методом визначаються також рухомі форми металів. Атомно-абсорбційний метод дозволяє визначати до 70 елементів в концентраціях на рівні 0,1-0,01 мкг/мл, що допускає аналіз без попереднього концентрування. З



допомогою атомно-абсорбційного методу можна визначати *Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, As, Se*.

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів (ЗГ) вже виявляються на регіональному і навіть глобальному рівнях. Тому розробка програм спостережень за рівнем хімічного ЗГ, тобто система спостережень і оцінок стану ґрунтів внаслідок антропогенного забруднення, є вельми актуальною.

*Задачі спостережень за станом ґрунтів містять:*

- 1) реєстрацію сучасного рівня хімічного ЗГ, виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін ЗГ в залежності від розташування і технологічних параметрів джерел забруднення;
- 2) оцінювання можливих наслідків ЗГ і прогнозування тенденцій зміни хімічного складу ґрунтів у найближчому майбутньому;
- 3) обґрунтування складу і характеру заходів з регулювання можливих негативних наслідків в результаті ЗГ і заходів, спрямованих на докорінне поліпшення стану вже забруднених ґрунтів;
- 4) забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень ЗГ.

Виходячи з цих задач, можна виділити такі види спостережень:

- *режимні або систематичні* спостереження;
- *комплексні* спостереження, які включають дослідження процесів міграції ЗР в системах: повітря-ґрунт, ґрунт-рослина, ґрунт-вода і ґрунт-донні відкладення;
- *вивчення вертикальної міграції* ЗР;
- *спостереження за рівнем ЗГ у певних пунктах.*

*Основними задачами ґрунтового моніторингу є:*

- вчасне виявлення несприятливих змін властивостей ґрунтового покриву при різних видах його використання;
- сезонний контроль стану ґрунтового покриву (динаміка змін) під сільськогосподарськими культурами для видачі своєчасних рекомендацій;
- оцінювання середньорічних втрат ґрунтів (швидкості втрат ґрунтового покриву в результаті дощової, вітрової й іригаційної ерозії);
- виявлення районів з дефіцитним балансом біогенних елементів, виявлення й оцінювання швидкості втрат гумусу, азоту і фосфору;
- контроль за зміною кислотності і лужності ґрунтів, особливо в районах із внесенням високих доз мінеральних добрив та поблизу великих промислових центрів – джерел підкислення атмосферних опадів;
- контроль за сольовим режимом процесів зрощування ґрунтів, що удобрюються;
- контроль за забрудненням ґрунтів важкими металами;
- контроль за локальним забрудненням ґрунтів ВМ в зоні впливу промислових підприємств і транспортних магістралей, а також забруднення пестицидами в районах їх постійного використання;

- довгостроковий і сезонний (за фазами розвитку рослин) контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно-фізичними властивостями ґрунтів і вмістом у них елементів живлення рослин;
- оцінювання ймовірної зміни властивостей ґрунтів при проектуванні гідробудівництва, меліорації, упровадженні нових систем землеробства, добрив і т. д.;
- контроль за розмірами і правильністю відчуження орнопридатних земель для промислових і комунальних цілей.

При організації моніторингу ґрунтів необхідно враховувати особливості гідромеліоративного будівництва, до яких відносять:

- великі освоювані площі територій при порівняно малій глибині (потужності) техногенного меліоративного профілю;
- тісну залежність ґрунтово-меліоративних умов території від інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов;
- практично повну відсутність можливості вибору геологічних умов на територіях, де проводиться меліорація.

При меліоративному освоєнні земель відбуваються три основні групи змін ґрунтового середовища:

- зміни, пов'язані з регулюванням і перерозподілом річкового стоку для гідромеліорації (у результаті осушення природних водойм, затоплення і підтоплення територій, переробки берегів при створенні водойми, акумуляції іригаційних опадів, зміни гідростатичного напору в товщах порід, розвитку явищ напору підземних вод і т.д.);
- зміни, пов'язані з веденням власне зрошувального землеробства (водно-сольового балансу порід зони аерації, режиму і запасів підземних вод під зрошуваними полями, підтопленням і заболочуванням територій, вторинним засоленням ґрунтів і т.д.);
- зміни, що супроводжують гідромеліорацію, і пов'язані з нею побічно.

В Україні моніторинг ґрунтів регламентується постановами КМ України від 20 серпня 1993 р. № 661 «Положення про моніторинг земель» і від 30 березня 1998 р. № 391 «Положення про моніторинг довкілля».

**Загальні вимоги до відбору проб ґрунтів.** Відбір проб здійснюється згідно з ГОСТ 28168-89 ґрунти. Відбір зразків. Такі методи відбору проб ґрунту застосовують при загальному та локальному забрудненнях, біля підприємств-забруднювачів, поблизу автомобільних трас тощо.

При загальному забрудненні ґрунтів досліджувані ділянки для відбору зразків ґрунту вибирають за координатною сіткою, вказуючи номер і координати. При локальному забрудненні ґрунтів для визначення досліджуваних ділянок використовують систему концентричних кіл, розташованих на диференційованих відстанях від джерела забруднення, вказуючи номери кіл і азимут місця відбору зразків.

При дослідженні забруднень ґрунтів проби відбирають пошарово з глибин 0–5, 0–20, 21–40, 41–60 см залежно від мети дослідження. Крім

того визначають розмір досліджуваної ділянки, кількість і вид проб.

Максимально допустимі розміри ділянок: в Поліссі – 8 га, лісостеповій зоні – 25 га, в степовій – 40 га. У середньому розмір ділянки дорівнює 25 га. Для визначення в ґрунтах хімічних речовин, а також їх токсичності та мутагенності, розмір ділянки коливається від 1 до 5 га, де відбирають не менше однієї об'єднаної проби, маса якої повинна бути не менше 400 г.

#### *2.5.5. Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів*

**Забруднення ґрунтів пестицидами.** Дослідження забруднення ґрунтів проводяться на постійних і тимчасових пунктах. Постійні пункти створюються на період не менший за 5 років. Чисельність постійних пунктів залежить від кількості і розмірів господарств. До постійних пунктів відносять території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів і лісгоспів. Для оцінювання фонового забруднення ґрунту вибираються ділянки, віддалені від сільськогосподарського виробництва, промислових виробництв, в «буферній зоні» заповідників.

На тимчасових пунктах спостереження ведуться протягом одного вегетаційного періоду або року.

Зазвичай у господарстві обстежується 8-10 полів під основними культурами. У області щорічно треба обстежити не менше двох господарств. *Проби відбираються 2 рази на рік: навесні після сівби, восени після збирання урожаю.* Для встановлення динаміки або міграції пестицидів у системі ґрунт-рослина спостереження проводяться не рідше 6 разів на рік (фонової перед посівом, 2-4 рази під час вегетації, 1-2 рази після збирання урожаю).

Для оцінювання майданного забруднення ґрунту пестицидами складається проба ґрунту, в яку входять 25-30 проб (виїмок), відібраних в полі по діагоналі тростяним ґрунтовим буром, який занурюється на глибину орного шару (0-20 см). Ґрунт, що потрапив в пробу з підорного шару, видаляється. Маса проби становить 15-20 г. Відбір проби можна проводити за допомогою лопати. Якщо обстеження провадяться в садах, то кожна проба відбирається на відстані 1 м від стовбура дерева. Проби повинні бути близькі за кольором, структурою, механічним складом.

При вивченні вертикальної міграції пестицидів закладаються ґрунтові розрізи, розміри яких залежать від товщини ґрунтів. Ґрунтовий шурф перетинає всю серію ґрунтових горизонтів. Розміри шурфу становлять приблизно 0,8×1,5×2,0 м. Коротка стінка шурфу (лицьова або робоча) на момент опису повинна бути звернена до сонця.

Перед взяттям проб проводиться коротке описання місця розташування розрізу і ґрунтових горизонтів (вогість, колір, механічний

склад, структура, новоутворення, включення кореневих систем, сліди діяльності тварин, мерзлота). Проби беруться на лицьовій стороні шурфу, починаючи з нижніх горизонтів. З кожного генетичного горизонту ґрунту береться один зразок товщиною 10 см.

Площа поля, що характеризується однією пробною, неоднакова для різних категорій місцевості (в степових районах це 10-20 га, в зрошуваній зоні - 2-3 га, в гірських районах – 0,5-3 га).

Проби-виїмки зсипаються в крафт-папір, ретельно перемішуються і квартуються 3-4 рази, знову перемішуються і діляться на 6-9 частин, з центра яких береться однакова кількість ґрунту в мішечок або крафт-папір. Маса отриманого початкового зразка становить 400-500 г. Зразок забезпечується етикеткою і реєструється в польовому журналі: порядковий номер зразка, місце відбору, рельєф, вид сільськогосподарського угіддя або господарської діяльності, площа поля, дата відбору, хто відбирав.

Початкові проби повинні аналізуватися в природно-вологодому стані. Якщо аналіз протягом дня не може бути зроблений за будь-яких причин, то проби висушуються до повітряно-сухого стану в захищеному від сонця місці. Методом квартування береться в лабораторії проба масою 0,2 кг. З неї видаляється коріння, камені, чужорідні включення. Проба розтирається у фарфоровій ступці, просівається крізь сито з діаметром отвору 0,5 мм, після чого з неї беруться наважки для хімічного аналізу по 10-50 г.

Особливо ретельно здійснюється моніторинг стану ґрунтів біля потенційно небезпечних об'єктів, у т. ч. біля місць видалення відходів як промислового, так і побутового походження.

У 2007 році в промисловому комплексі України функціонувало близько 1,5 тис. об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше, ніж 350 тис. т небезпечних хімічних речовин. Найбільш потенційно небезпечними є об'єкти, де виробляються вибухові речовини та здійснюється утилізація непридатних боєприпасів, нафто- і газопереробні заводи, виробництва неорганічних речовин, склади з непридатними пестицидами, отрутохімікатами. Найбільша кількість хімічно небезпечних об'єктів розміщена в Донецькій, Харківській, Дніпропетровській та Луганській областях. Утворення відходів I – III класів небезпеки на підприємствах України, згідно з даними статистичної звітності (форма № 1 – небезпечні відходи, 2007 р.), становило 2585 тис. т. Порівняно з 2006 роком їх обсяг збільшився на 214,3 тис. т, або на 9%. Основна частина утворених відходів (2,14 млн. т, або 83% від загального обсягу) належить до III класу небезпеки. Відходи II класу небезпеки становили 430,7 тис. т. і I класу – 12,8 тис. тонн. Відходи I класу небезпеки в основному утворюються на території Чернігівської (6,9 тис. т.), Харківської (1,2 тис. т.), Херсонської (1,1 тис. т.), Житомирської (1,0 тис. т.) та Луганської (0,7 тис. т.) областей. До цієї категорії насамперед належать відходи гальванічних виробництв, з підвищеним

вмістом важких металів, нафтошлами, непридатні пестициди, відпрацьовані емульсії та мастильно-охолоджувальні рідини, феноли тощо. Більше як 95% небезпечних відходів зберігається на території шести областей України, зокрема на Запорізьку область припадає 39%, а на Донецьку – 31%. Понад 90% відходів I класу розміщено у сховищах організованого складування та на території підприємств Донецької, Івано-Франківської, Кіровоградської, Луганської, Харківської та Чернігівської областей. За даними Мінжитлокомунгоспу в Україні у 2007 році обсяг накопичення побутових відходів перевищував 3 млрд.м<sup>3</sup>. Вони розміщені на 4,5 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 7,6 тис. га. Лише 2,5% твердих побутових відходів спалюється на двох діючих сміттєспалювальних заводах (у Києві та Дніпропетровську) (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

**Забруднення ґрунтів важкими металами.** Перед здійсненням програми спостережень необхідно провести планування робіт: визначити кількість точок відбору проб, скласти схему їх територіального розміщення, намітити маршрути, послідовність обробки площ, встановити терміни виконання завдання, перевірити наявність і якість топографічного матеріалу і тематичних карт, зібрати відомості про джерела забруднення.

Спостереження за рівнем забруднення важкими металами носять експедиційний характер. Час їх проведення не має значення, але краще їх здійснювати влітку в період збирання основних сільгоспкультур. Повторні спостереження здійснюються через 5-10 років. При виборі ділянок спостережень використовується топографічна карта, в центрі якої розташовується місто, селище або промисловий центр (рис. 2.3).

З геометричного центра проводяться кола радіусом 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30; 50 км в масштабі карти, тобто окреслюється зона можливого забруднення ґрунтів важкими металами. Протяжність зони забруднення ґрунтів визначається розою вітрів, характером викидів в атмосферу, висотою труби, рельєфом, рослинністю і т. д. Значна кількість аерозолів і газів, що містять ВМ, залишається в атмосфері і переноситься на великі відстані. На підготовлений план місцевості наноситься роза вітрів (по 8-16 румбах). Вектор, що відповідає найбільшій повторюваності вітрів, відкладають у підвітряний бік на відстань 25-30 км. У напрямі радіусів з найбільшим забрудненням будуються сектори шириною 200-300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1-3 км. У місцях перетину осей секторів з колами розташовуються *ключові ділянки*, на них – мережа опорних розрізів, пункти і майданчики взяття проб. Ключова ділянка має розмір 1-10 га і більше з типовими фізико-географічними умовами (ґрунт, рельєф, рослинність) для даної місцевості (за розою вітрів).

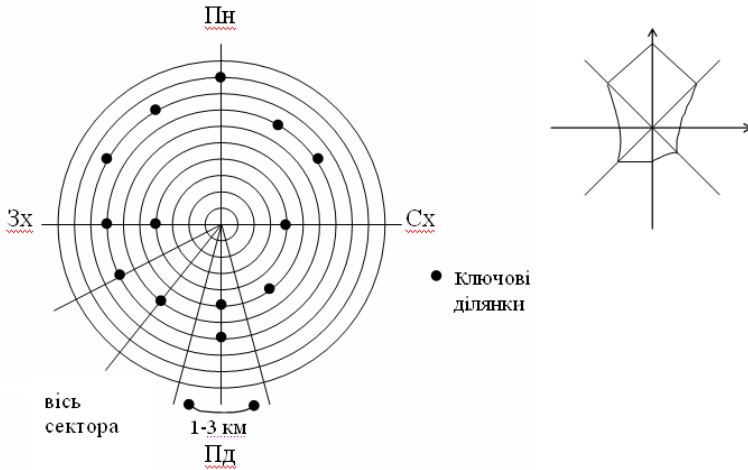


Рисунок 2.3 – Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства

Якщо роза вітрів виражена нечітко, тоді ключові ділянки розташовуються в усіх напрямках рівномірно. Якщо міграція ВМ пов'язана з водними потоками, то напрям променів треба погоджувати з вектором водної міграції. Загальна кількість ділянок дорівнює 15-20.

Спочатку проводиться рекогносцироване обстеження місцевості маршрутним шляхом. При невеликих площах воно робиться детально, для чого 1-2 рази перетинається ділянка.

Внаслідок рекогносцировки виявляються основні ландшафтні особливості території, загальні закономірності просторових змін ґрунтового покриву й ін. Збираються відомості про клімат і мікроклімат, про погодні умови останніх років, про захворювання, пов'язані з підвищеним змістом ВМ в екосистемі.

При оцінюванні забруднення території ВМ простежують шляхи повітряного і водного забруднення ґрунтів. Більш детально обстеження треба провести на ключових ділянках, уздовж потоків, що переважають.

Необхідно провести порівняння змін рівня забруднення, що відбуваються зі збільшенням або зменшенням впливу того або іншого фактора, і викликаних цими змінами закономірних змін ступеня забруднення ґрунтів ВМ у просторі. Ці закономірності найбільш чітко можна виявити на ґрунтово-геоморфологічних профілях, які перетинають територію вздовж потоків, що переважають.

*Ґрунтово-геоморфологічний профіль* – це заздалегідь вибрана вузька смуга земної поверхні, на якій встановлено кореляцію міри забруднення

ґрунтів з одним або декількома екологічними факторами. Ґрунтово-геоморфологічні профілі закладаються по векторах рози вітрів, як доповнення до ключових ділянок.

Техногенні викиди, що надходять в ґрунт через атмосферу, зосереджуються, в основному, у верхніх шарах ґрунту (2-5 см). Нижні горизонти забруднюються внаслідок обробки ґрунтів (оранка, культивування, боронування), а також дифузійного і конвективного перенесення через ґрунтові тріщини, ходи тварин і рослин. На ріллі пробу треба відбирати в шарі 0-10 і 10-20 см, на цілині і старому перелозі – 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40 см. Об'єднана проба складається методом конверта, аналогічно операціям відбору проб ґрунту на пестициди. Пробу ґрунту відправляють на аналіз в лабораторію, додаючи талон, що містить відомості про сам ґрунт і умови відбору: порядковий номер зразка, число, місяць, річка відбору, назва або номер пункту, відстань від джерела забруднення або зовнішнього кордону міста, напрям від джерела по 16 румбах, крутість схилу і його експозиція, частина схилу (верхня, середня або нижня третина), основні точки і лінії рельєфу, де закладається майданчик; вершини, улоговини, вододіли, заплави; глибина залягання ґрунтових вод (визначається за глибиною колодязів); рослинність і її стан (задовільний, добрий, незадовільний); стан і якість обробки поверхні ґрунту. Проби і супровідні талони в лабораторії зберігаються протягом 1,5-2 років.

З метою встановлення інтенсивності надходження ВМ в ґрунт щорічно проводиться відбір проб снігу. Об'єднаний зразок снігу з площі 1 га складається з 20-40 точкових проб. Проба береться ранньою весною до початку підсніжного стікання талої води.

Відбір проб ґрунту в містах проводиться по сітці квадратів такого масштабу, який забезпечить би частоту відбору проб ґрунту не менше як 5-6 зразків на 100 га (1 км<sup>2</sup>). Відбір проб здійснюється методом конверта зі стороною 5-10 м з глибини 20 см на газонах, в садах, парках, скверах, дворах. При цьому необхідно враховувати планування міста, гіпсометрію, висоту забудови, розподіл атмосферних опадів, зливого стоку, розташування автомагістралей і промислових підприємств та інші фактори.

## **Питання для семінарських занять**

### **Семінар № 2**

- 1. Охарактеризуйте основні джерела забруднення атмосферного повітря в Україні.*
- 2. Назвіть природні і антропогенні джерела метану, CO і CO<sub>2</sub>.*
- 3. Які існують програми та терміни спостережень за рівнем забруднення атмосфери?*

4. Як визначити перелік забруднювальних речовин, обов'язкових для контролю в атмосфері?
5. У чому полягає сутність проведення безперервних спостережень ЗА?
6. Які дії передбачає процес обстеження стану ЗА?
7. Як складають таблиці ЗА для автоматизованої обробки результатів спостережень за якістю атмосфери?
8. Як визначити період та мінімальну кількість спостережень ЗА?
9. Які існують категорії постів ЗА?
10. Які існують допустимі концентрації забруднювальних речовин для атмосфери? Що таке ефект сумациї речовин?
11. Як проводиться відбір проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу?
12. У чому полягає сутність метеорологічних спостережень на пунктах вимірювання концентрацій інгредієнтів?
13. Як проводять підфакельні спостереження?
14. Як виконуються епізодичні обстеження ЗА?
15. Що характеризують класи небезпеки ЗР атмосфери?
16. Яка потрібна кількість постів спостережень та їх розміщення?
17. Чим забезпечується комплексне обстеження атмосферного повітря?

### **Семінар № 3**

1. Назвіть основні види господарської діяльності, які впливають на якісні та кількісні показники водних ресурсів України.
2. Назвіть комплекс антропогенних факторів-впливів, що визначає сучасний рівень забруднення поверхневих вод суші. Які види забруднення гідросфери Ви знаєте?
3. Який антропогенний вплив на водне середовище вважається найнебезпечнішим? Назвіть основні джерела надходження хімічних забруднень у поверхневі води.
4. Що є основними завданнями моніторингу поверхневих вод? Що містять спостереження за водними об'єктами?
5. Які вимоги до моніторингу вод висуває Водна рамкова директива ЄС (ВРД)? Які програми моніторингу вод повинні бути сформовані за ВРД?
6. Як можна визначити термін «якість води»? Які існують види забруднення природних вод? Як організована система спостережень та контролю за станом поверхневих вод суші?
7. Які основні процеси та фактори забруднення й самоочищення водотоків і водойм? Які речовини сприяють інтенсивному розвитку синьо-зелених водоростей?
8. Що таке пункт і створ спостережень, вертикаль і горизонталь створу спостережень та які є підходи до їх вибору і розташування? Для чого потрібні створи, вертикалі і горизонталі на пунктах



*спостережень?*

- 9. Назвіть класи та категорії, за якими оцінюють якість поверхневих вод. Які існують категорії пунктів?*
- 10. Чим визначається вибір програми спостережень у пунктах стаціонарної мережі моніторингу поверхневих вод?*
- 11. Як часто проводять спостереження за різними програмами у пунктах стаціонарної мережі моніторингу поверхневих вод?*
- 12. Назвіть інгредієнти і показники якості води, що спостерігаються у пунктах стаціонарної мережі моніторингу.*
- 13. Як проводять гідробіологічні спостереження за якістю вод та донних відкладень? Як оцінити рівень біологічного забруднення вод?*
- 14. У чому сутність БСК та ХСК? Що таке сапробність природних вод?*
- 15. Що входить в систему інтегральних показників якості води?*
- 16. Які існують програми моніторингу поверхневих вод і чим вони відрізняються?*
- 17. Назвіть основні показники якості питної води. Чим відрізняються показники якості питної води в Україні від вимог ЄС?*
- 18. Які рівні ГДК передбачає Директива ЄС по питній воді?*
- 19. Які вимоги встановлює Директива ЄС по питній воді до проведення моніторингу питної води?*

#### **Семінар № 4**

- 1. Які основні джерела забруднення океанів та морів?*
- 2. Який сучасний стан забруднення Світового океану?*
- 3. Перелічить найбільш розповсюджені токсичні речовини, які забруднюють Світовий океан.*
- 4. Які особливості забруднення морського середовища нафтопродуктами та іншими органічними речовинами?*
- 5. Які є категорії пунктів спостережень за забрудненнями морів та океанів?*
- 6. Які основні вимоги до організації мережі моніторингу морів і океанів?*
- 7. Які є програми спостережень за фізико-хімічними показниками якості морських вод?*
- 8. За якими показниками проводять гідробіологічні спостереження за якістю морських вод?*
- 9. За якими програмами і скільки разів на рік проводять спостереження у пунктах стаціонарної мережі моніторингу морських вод?*
- 10. Які суб'єкти та об'єкти моніторингу морських вод в Україні?*
- 11. Яка екологічна ситуація у Чорноморсько-Азовському басейні?*
- 12. Які особливості забруднення пригирлових зон?*

#### **Семінар № 5**

- 1. Що таке геологічне середовище (ГС)?*

2. Які основні форми та показники техногенного порушення і забруднення ГС?
3. Що є показниками природно-антропогенних порушень ГС?
4. Вкажіть основні, логічно пов'язані, системні блоки моніторингу ГС.
5. Які негативні процеси в ГС відбуваються під впливом антропогенних факторів?
6. В чому суть спостережень за станом геологічного середовища?
7. Що впливає на швидкі зміни стану ГС?
8. За якими показниками достовірно діагностується стан ГС?
9. Охарактеризуйте основні методи вивчення техногенних змін геологічного середовища.
10. Що є об'єктом еколого-геологічного дослідження і картування?

### **Семінар № 6**

1. Що таке ґрунт, ґрунтове середовище? Які показники оцінки еколого-геологічного стану території?
2. Назвіть об'єкти та суб'єкти моніторингу геологічного середовища.
3. Охарактеризуйте систему моніторингу ґрунтів України. Які антропогенні причини деградації ґрунтів?
4. Які загальні вимоги до відбору проб ґрунтів?
5. Які зміни ґрунтового середовища відбуваються при меліоративному освоєнні земель?
6. Назвіть кількість спостережень за пестицидним забрудненням ґрунтів. Скільки проб складають сумарну пробу ґрунту для оцінювання площинного забруднення ґрунту пестицидами?
7. На який період створюються постійні пункти спостережень при дослідженні забруднення ґрунтів пестицидами?
8. Яким методом проводиться відбір зразків ґрунту при вивченні вертикальної міграції пестицидів?
9. Назвіть пестициди у порядку збільшення їх терміну життя. За якою програмою проводять моніторинг ґрунтів на залишки пестицидів?
10. Які спеціальні карти складаються при дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами?
11. Де розташовані пункти спостережень та контролю за забрудненням ґрунтів ВМ? У якому шарі треба проводити відбір проб ґрунту на оранці?
12. Дайте визначення гранично допустимої концентрації речовини у ґрунті?
13. Чому дорівнює сторона «конверта» при відборі проб ґрунту у містах? В яких шарах ґрунту відбирають проби?
14. Які є програми спостережень за забрудненням ґрунтів ВМ?
15. Що таке ґрунтово-геоморфологічний профіль і в яких шарах ґрунту зосереджуються техногенні викиди?

16. Дайте характеристику ступенів градації забруднення ґрунтів нафтопродуктами з урахуванням кларку.
17. На яку відстань від джерела забруднення поширюються спостереження за забрудненням ґрунтів ВМ?
18. За яким принципом формується карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства?

### **Розділ 3. ОСОБЛИВІ ВИДИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

#### **3.1. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища**

У 1972 році на Стокгольмській конференції ООН з навколишнього середовища було запропоновано створити Службу Землі, одним з головних компонентів якої було запропоновано Глобальну Систему Моніторингу Навколишнього Середовища (ГСМоНС). Основними завданнями ГСМоНС визначено дослідження антропогенних змін стану природного середовища, які можуть нанести прямі і непрямі збитки людству, а також своєчасне попередження про можливі природні катастрофи.

*Глобальний моніторинг* – це система спостережень за планетарними процесами і явищами, які проходять у біосфері, з метою оцінювання та прогнозування глобальних проблем охорони навколишнього природного середовища.

Важливим етапом у виробленні концепції ГСМоНС була Міжурядова нарада з моніторингу в Найробі (1974 р.), де було сформульовано сім основних задач програми.

1. Організація розширеної системи попереджень про загрозу здоров'ю.
2. Оцінювання глобального забруднення атмосфери і його впливу на зміни клімату.
3. Оцінювання кількості й розподіл забруднення біологічних систем і харчових ланцюгів.
4. Оцінювання критичних проблем, що виникають внаслідок сільськогосподарської діяльності й землекористування.
5. Оцінювання реакції наземних екосистем на вплив навколишнього середовища.
6. Оцінювання забруднення океану й вплив забруднень на морські екосистеми.
7. Створення вдосконаленої системи попереджень про стихійні лиха в міжнародному масштабі.

Сформульовані задачі програми ГСМоНС передбачають роботу в різних напрямках. В багатьох випадках мова йшла не про організацію нових служб, а про максимальне використання вже існуючих систем, їх підтримку та розвиток, ефективне використання інформації.

Глобальна система моніторингу органічно переплітається з національними системами – вона значною мірою об'єднує фонові станції

національних систем. Біосферні заповідники розглядаються як складова частина ГСМоНС. Головні цілі функціонування ГСМоНС:

- сприяння вивченню біогеохімічних циклів;
- встановлення контрольного рівня ЗР антропогенного походження;
- визначення глобального поширення і тенденцій зміни рівнів забруднення довкілля хімічними речовинами антропогенного походження;
- встановлення фонових рівнів для критичних параметрів екосистем, з якими можна порівнювати дані, отримані в районах імпактних забруднень;
- визначення рівнів окремих критичних забруднень у середовищі та їх розподіл у просторі та в часі;
- вивчення розмірів та швидкості потоків ЗР, їх перетворень і сполук;
- забезпечення можливості порівняння методів спостережень та аналізу за зміною навколишнього природного середовища (НПС) між країнами;
- забезпечення на глобальному і регіональному рівнях інформацією, яка необхідна для прийняття управлінських рішень.

Фоновий моніторинг здійснюється з метою фіксації фонового стану навколишнього середовища, ці показники необхідні для подальшого оцінювання рівня антропогенної дії.

Програми спостережень формуються за принципом вибору пріоритетних забруднювальних речовин та інтегральних характеристик. Визначення пріоритетів при організації систем моніторингу залежить від мети та певних завдань: на територіальному рівні перевага надається промисловим містам, джерелам питної води, місцям нересту риб; що ж до середовища спостережень пріоритетним виступає атмосферне повітря та вода прісних водойм та водотоків.

Основні результати, отримані в рамках системи глобального моніторингу:

1. У сфері глобального оцінювання деградації ґрунту складаються карти деградації, виділяються зони ризику, відмічаються зони опустелювання, досліджується стан пасовищ тощо;
2. Організовано систему моніторингу покриву тропічного лісу (в Азії і Латинській Америці).
3. У сфері моніторингу водних ресурсів організовано дослідження водного балансу, виділено різні гідрологічні регіони;
4. У сфері моніторингу фонового стану біосфери проводяться спостереження у 226 біосферних заповідниках 62 країн світу;
5. У сфері моніторингу можливих змін клімату проводяться спостереження за концентрацією CO<sub>2</sub>, мутністю атмосфери, озоносфери і льодовиків світу;

6. У сфері моніторингу живих морських ресурсів контролюється вилов риби і оцінюються її запаси, моніторинг забруднення Світового океану;

7. У сфері моніторингу стану наземних екосистем виділені еталонні екосистеми;

8. У сфері моніторингу атмосферного повітря контролюються зміни концентрацій хімічних елементів у повітрі.

Моніторинг здійснюється на таких станціях:

1) базові станції (для глобального моніторингу дуже низьких фонових концентрацій, найбільш важливих складових атмосфери);

2) регіональні станції (для моніторингу довготривалих змін складу атмосферного повітря, викликаних людською діяльністю);

3) регіональні станції з розширеними програмами.

Спостереження проводять за мінімальними та за розширеними програмами. Мінімальна програма на базових станціях містить вимірювання мутності атмосфери, провідності повітря, вмісту CO<sub>2</sub> у повітрі та хімії опадів. На регіональних станціях ця програма містить спостереження за мутністю атмосфери та хімією опадів. Розширена програма містить додаткові спостереження за діоксидом сірки, сірководнем, вмістом загального озону, чадного газу і всіх сполук азоту, важких металів.

У глобальних кругообігах найважливішу роль відіграє Світовий океан. Він функціонує як великий резервуар біогенних компонентів і є значною часткою продуктивності біосфери. Для характеристики продуктивності Світового океану використовують такі параметри, як біомаса фітопланктону, первинна продукція фітопланктону, концентрація хлорофілу «а». Для аналізу використовується супутникова оптична апаратура типу сканерів, приладів для вимірювання флуоресценції і т. п. Супутникові спостереження звичайно супроводжуються контрольними судновими і буйковими спостереженнями.

Особливості географічного розподілу ЕС, визначення їхніх границь, масштабів і темпів антропогенного впливу також досліджують за допомогою супутникових дистанційних методів. Важливою підсистемою моніторингу є вивчення ролі лісів у формуванні біогеохімічних кругообігів – їхнього впливу на формування опадів, на енергетичний баланс, клімат, роль як джерела або стоку вуглекислого газу і т. п.

При вивченні біологічних процесів на суші ключова роль відводиться дослідженню специфіки енергетичного балансу різних природних ЕС: пустель, лісів, саван, сільськогосподарських районів й ін.

Глобальні процеси є об'єктом пильної уваги індустріально розвинених країн і міжнародного співробітництва. У рамках загальної угоди між країнами «вісімки» (Великобританія, Італія, Канада, США, Франція, Німеччина, Японія, Росія) створено *Міжнародний комітет із природно-ресурсних супутників* (IEOSC). У рамках Комісії підписано

декларацію про спільні дії із запобігання потепління клімату. Передбачається знизити енергоємність продукції, що випускається, підвищити ККД устаткування на теплових станціях, збільшити частку використання поновлюваних джерел енергії.

Прикладом програми глобального моніторингу може бути система *Environmental Observance System* (EOS) у США. Програма розрахована на тривалу перспективу – 15 років, з початком у 1995 р. Вона має міждисциплінарний характер і працює на основі даних 3 супутників, що обслуговуються персоналом постійної орбітальної системи. У комплект апаратури входить близько 40 приладів: відеоспектрометри, радіометри, лідарні зонди, радіовисотоміри та ін. EOS запланована як всеосяжна інформаційна система, аналіз даних якої дозволить зрозуміти функціонування Землі як природного комплексу «атмосфера-гідросфера-кріосфера-біосфера», дозволить виявити межі його мінливості, оцінити напрямки майбутньої еволюції.

Таким чином, задачі моніторингу довкілля у глобальному масштабі є багатокритеріальними. Однією з головних задач є визначення величини *допустимого впливу на біосферу*, тобто такого впливу, який не призводить до погіршення стану біосфери з жодного з розглянутих параметрів.

Основними напрямками глобального моніторингу прийнято вважати моніторинг таких процесів:

- 1) незначних змін, що повсюдно виявляються, наприклад, глобальних змін клімату внаслідок забруднення атмосфери;
- 2) ефектів, пов'язаних з поширенням ЗР на великі відстані;
- 3) антропогенних впливів, що характеризуються значною інерційністю ефектів, а також кумулятивним ефектом (наприклад, дія пестицидів).

Організацію спостережень здійснюють з урахуванням системного підходу, який в системі ГСМоНС одержав назву «всебічний аналіз НПС». При такому підході допускається квазіоднорідність забруднень у межах різних територіально-економічних районів.

*Пріоритетні фактори, що їх враховують при організації ГСМоНС:*

- 1) інформація про джерела забруднення (з урахуванням регіонів);
- 2) характеристика ЗР (токсичність, здатність до осадження і т. д.);
- 3) гідрометеорологічні дані;
- 4) результати попередніх спостережень за станом середовища;
- 5) дані про рівні забруднення природних середовищ у суміжних країнах;
- 6) дані про трансграничні перенесення домішок.

Отже, система глобального моніторингу є інформаційною основою системи управління природоохоронною діяльністю. Оскільки компоненти природного середовища – атмосфера, гідросфера, літосфера, біота – тісно пов'язані між собою, інформація повинна бути комплексною.

### 3.2. Особливості організації фонового моніторингу

Найбільш складним завданням на даний час є вивчення екологічних змін і організація екологічного моніторингу на фоновому рівні, який включає в себе спостереження в зонах, віддалених від будь-яких локальних джерел. Організація екологічного моніторингу на фоновому рівні розпочалась в країні зі створення такої системи на базі біосферних заповідників, на яких здійснюється вивчення, контроль і прогнозування антропогенних змін стану біосфери. У біосферних заповідниках пропонувалось проводити всебічні дослідження як зовнішніх факторів середовища, так і внутрішніх процесів і явищ, які відбуваються в екосистемах.

Основним завданням фонового моніторингу є фіксація й встановлення показників, що характеризують природний фон, а також його глобальні й регіональні зміни в процесі розвитку біосфери. Фоновий глобальний стан біосфери вивчається на фонових станціях, які базуються на біосферних заповідниках. В Україні – це Асканія-Нова (площа 33307,6 га), Чорноморський біосферний заповідник (площа 100809 га), Карпатський (площа 57880 га), Дунайський (площа 46402,9 га). Фоновий стан середовища в минулому, до початку впливу людини, можна дослідити за даними аналізу кілець загиблих або старих дерев, проб льодовиків, донних відкладів (історичний моніторинг).

Програма фонового екологічного моніторингу на базі біосферних заповідників містить такі розділи.

1. Моніторинг забруднень та інших факторів впливу на довкілля.
2. Моніторинг відгуків біоти на антропогенний вплив, в першу чергу, фонових рівнів забруднення.
3. Спостереження за зміною функціональних і структурних характеристик еталонних природних екосистем та їх антропогенних модифікацій.

Програма фонового моніторингу поділяється на біотичну й абіотичну частини. Спостереження за гідрометеорологічними факторами віднесені до абіотичної частини фонового моніторингу. Організація спостережень за цією частиною повинна проводитись так, щоб отримані результати давали достатню інформацію про концентрацію різних домішок в навколишньому середовищі, про міграційні процеси й кругообіг цих речовин, їх накопичення й трансформацію.

При виборі речовин для включення в програму вимірювань у біосферних заповідниках повинні братись до уваги такі критерії:

- 1) розповсюдженість речовин, їх стійкість і мобільність у навколишньому середовищі;
- 2) здатність до дії на біологічні та геофізичні системи.

Деякі ЗР, які потрапляють в НПС, можуть змінити природну геохімічну рівновагу. Для оцінювання зміни природного кругообігу речовин, що викликана антропогенною діяльністю, використовуються:

1) *коефіцієнт технофільності*, який визначається відношенням щорічного видобутку даного хімічного елемента до його загального вмісту в літосфері;

2) *коефіцієнт геохімічної рівноваги*, який показує відношення сумарних викидів будь-якої речовини до його загального вмісту в літосфері.

Дослідження показують, що досить часто виникають порушення геохімічної рівноваги таких елементів, як ртуть, кадмій та свинець. Перелік хімічних речовин, які підлягають вивченню на фонових станціях і в біосферних заповідниках, зведено в таблиці 3.1.

До складу гідрометеорологічних і геофізичних характеристик повинні входити дані про швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск і температуру, вологість і кількість опадів, інтенсивність сонячної радіації, включаючи ультрафіолетове випромінювання, витрата й рівень води, температура води, вологість і тепловий баланс ґрунту. До складу біологічних спостережень входить оцінка стану біоти (визначення *коефіцієнта розмноження*), прогнозування відповідних реакцій біоти (встановлення залежності чутливості біоти до антропогенного забруднення в системі доза-реакція).

Таблиця 3.1 – Перелік хімічних речовин, які підлягають вивченню на фонових станціях і у біосферних заповідниках

Назва хімічних речовин, які підлягають вивченню	Середовище				
	Атмосфера	Опади	Гідросфера	Ґрунти	Біота
Завислі речовини	+				
Двоокис сірки	+				
Озон	+				
Окис вуглецю	+				
Оксиди азоту	+				
Вуглеводи	+				
Бенз(а)пірен	+	+	+	+	+
Хлорорганічні сполуки (ДДТ, ін.)	+	+	+	+	+
Важкі метали (Pb, Hg, Cd..)	+	+	+	+	+
Двоокис вуглецю	+				
Фреони	+				
Біогенні елементи		+	+	+	+
Аніони і катіони.		+			
Радіонукліди		+			



Фоновий моніторинг включає різні програми спостережень і польових досліджень, а також методи математичного моделювання та прогнозування.

### **3.3. Кліматичний моніторинг та його завдання**

*Кліматичний моніторинг* – це система спостережень, оцінювання й прогнозування зміни клімату. Для вивчення змін і коливань клімату необхідні дані про стан кліматичної системи «атмосфера-океан-поверхня суші (з річками й озерами)-літосфера-біота» і взаємодію елементів цієї системи за тривалий час. Для з'ясування антропогенних змін і коливань клімату необхідно вивчити природну зміну клімату. Збирання даних про клімат минулого також можна віднести до кліматичного моніторингу – для цього необхідно утворити систему збирання й вивчення копалин про можливі коливання і зміни клімату за останні сторіччя, тисячоліття (аналіз кілець деревини, донних відкладів). Все це дозволить вивчити вплив змін кліматичної системи на клімат в минулому.

Для того, щоб вивчити антропогенні зміни клімату, необхідно вивчити вплив змін характеристик підстилаючої поверхні за рахунок антропогенного впливу (будівництво великих гідротехнічних споруд, зміна площ лісових насаджень, будівництво міст). Необхідно знати антропогенні зміни складу та оптичних властивостей атмосфери (за рахунок викиду аерозольних часток і різноманітних газових домішок), а також можливий вплив інтенсивних теплових викидів.

Природні й антропогенні зміни клімату можуть впливати на стан біосфери, викликати різні екологічні зміни нормального функціонування окремих популяцій рослин і тварин, а також досить суттєво впливати на діяльність людини та її здоров'я.

Аналіз, оцінювання сучасного клімату, прогнозування його можливих змін і коливань потребують великої кількості даних, ставлять завдання всебічного аналізу стану НПС і моделювання клімату. Таким чином, найбільш важливими завданнями кліматичного моніторингу є такі:

1. Збирання даних про стан кліматичної системи;
2. Аналіз і оцінювання природних та антропогенних змін і коливань клімату (включаючи порівняння клімату минулого з теперішнім);
3. Зміна стану кліматичної системи взагалі;
4. Виділення антропогенних ефектів в змінах клімату;
5. Виявлення природних та антропогенних факторів, що впливають на зміну клімату;
6. Виявлення критичних елементів біосфери, вплив на які може призвести до кліматичних змін.

Кліматичний моніторинг включає в себе геофізичний та біологічний моніторинги. Розглядаються як фактори дії, так і джерела забруднення. Цей моніторинг вирішує практичні завдання та наукові прогнози.

Кліматичний моніторинг здійснюється за допомогою метеорологічних служб, які складаються з наземних та супутникових підсистем. Широке коло питань кліматичного моніторингу та питань про можливі зміни й коливання клімату групують за такими основними розділами:

1. Вимірювання основних метеорологічних параметрів, вивчення та аналіз атмосферних явищ і процесів, які характеризують зміни погоди;
2. Моніторинг стану кліматичної системи (реакція кліматичної системи та її елементів на будь-які природні та антропогенні зміни);
3. Моніторинг внутрішніх та зовнішніх факторів (особливо антропогенних факторів), які впливають на клімат; моніторинг джерел цих забруднень;
4. Моніторинг можливих фізичних і екологічних змін в НС в результаті кліматичних змін і коливань.

**Спостереження за основними кліматичними показниками.** Всі основні кліматичні дані та інформацію, яка необхідна для аналізу змін клімату, згруповані в чотири розділи.

*До першого розділу* відносять: вимірювання температури повітря, атмосферного тиску, вологості повітря, швидкості та напрямку вітру, інтенсивності опадів. Ці дані отримують національні метеорологічні служби з відповідних станцій. В цей розділ необхідно включити отримання гідрологічних даних, даних про сніговий покрив, вологість ґрунту, глибину промерзання ґрунту та деяких інших. Всі ці дані отримують як на метеорологічних, так і на гідрологічних станціях і постах.

На даний час у світі функціонує 40 000 кліматологічних і 140 000 дощомірних станцій. Вони розміщені на земній кулі досить нерівномірно, на деяких материках їх явно недостатньо. Міжнародний обмін основними погодними даними є головним завданням Всесвітньої служби погоди (ВСП) і Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО).

*Всесвітня служба погоди* складається з глобальної системи спостережень, глобальної системи телезв'язку і глобальної системи обробки даних. Система призначена для збереження й надання накопиченої інформації. Глобальна система спостережень складається з наземної й супутникової підсистем.

*Наземна підсистема* базується на опорній синоптичній мережі. Інформацію цієї підсистеми складають також дані з кораблів та літаків, метеорологічних радіолокаторів, різних систем зондування атмосфери.

*Супутникова підсистема* складається з двох частин: супутники, розташовані на навколополярних орбітах, і геостаціонарні метеорологічні супутники. На станціях отримують інформацію із супутників, яка містить дані про вертикальні профілі температури й вологості, про температуру

поверхні моря, поверхні суші та верхнього шару хмар, про сніговий покрив, радіаційний баланс.

Дані глобальної системи метеорологічних спостережень використовують в першу чергу для прогнозування погоди, а також для підготовки кліматичної інформації.

До наземної підсистеми спостережень слід віднести станції з вимірювання сонячної радіації, фонового забруднення атмосфери, а також вимірювання змін характеристик атмосфери, що спричиняють помітний вплив на клімат. До таких характеристик атмосфери відносять концентрації CO<sub>2</sub>, озону O<sub>3</sub> та різноманітних газоподібних домішок. Аерозольні частки природного та антропогенного походження, електромагнітне випромінювання, теплове забруднення можуть розглядатися як фактори, які впливають на клімат або кліматичну систему.

Аналіз показує, що стан озонового шару за 2007 р. порівняно з 2006 р. дещо поліпшився: середньорічне відхилення значень ЗВО від кліматичної норми становило мінус 0,56  $\sigma$  ( 2006 р. – мінус 0,62  $\sigma$ , 2005 р. – мінус 0,58  $\sigma$ , 2004 р. – мінус 0,39  $\sigma$ ) (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

**Другий розділ кліматичного моніторингу** – це моніторинг стану кліматичної системи. Він охоплює всю біосферу таким чином, щоб була можливість виділити саме ті ефекти, які безпосередньо стосуються антропогенних змін клімату. Сюди відносять моніторинг кліматоутворювальних факторів, а також величин, які характеризують реакцію кліматичної системи та її елементів на різні дії, головним чином, антропогенні. Необхідним є отримання даних про стан підстилаючої поверхні, яка характеризує альbedo поверхні, моніторинг енерго- і масообміну між атмосферою та підстилаючою поверхнею, вивчення водного балансу в широкому масштабі та його вплив на зміну клімату. Всі ці фактори є кліматоутворювальними, а зміна їх свідчить про реакцію елементів кліматичної системи на вплив.

Моніторинг стану океану забезпечується вимірюванням температури поверхні і верхнього шару океану, вмісту солі та хімічного складу води, хвилювання та течій на різних глибинах. Для отримання даних про взаємодію атмосфери та океану проводяться регулярні морські кліматологічні вимірювання температури повітря й моря, краплі роси, видимості, напрямку та сили вітру, атмосферного тиску.

**Третій розділ** об'єднує моніторинг факторів, що впливають на стан кліматичної системи й клімату, та джерел факторів впливу. Вказані фактори можна поділити на зовнішні та внутрішні, а джерела внутрішніх факторів – на природні та антропогенні. До *зовнішніх факторів* впливу віднесені фактори, обумовлені впливом Сонця і космічним випромінюванням. Інтенсивність зовнішніх факторів впливу залежить від сонячної активності, параметрів орбіти Землі, швидкості обертання Землі.

Ефекти впливу визначаються інтенсивністю факторів впливу, властивостями та складом атмосфери Землі, властивостями земної поверхні (альbedo земної поверхні).

До *внутрішніх факторів*, які впливають на клімат і кліматичну систему, віднесені теплові викиди та викиди різних речовин в біосферу або перерозподіл їх між різними середовищами – природні (виверження вулканів) та антропогенні. Ці фактори призводять до зміни властивостей кліматичної системи – змінюється альbedo підстилаючої поверхні й атмосфери, тепло- та газообмін підстилаючої поверхні з атмосферою.

Теплові викиди призводять до нагрівання атмосфери. Проводяться спостереження за температурою повітря в передмістях великого міста і в самому місті. Ці спостереження показали, що температура коливається в межах  $0,5^0$ - $1,0^0$ C. Це зумовлено впливом великого міста за рахунок теплових викидів та зміни альbedo.

При вимірюванні змін складу атмосфери й вивченні можливого впливу цих змін на клімат особливо увагу необхідно приділити спостереженням за вмістом і змінами концентрацій  $CO_2$  в атмосфері, за процесами обміну  $CO_2$  з океаном та наземною біотою. Збільшення вмісту  $CO_2$  і ряду інших газових домішок зараз вважається найбільш важливим антропогенним фактором, здатним вплинути на клімат в найближчий час. Тому повинна бути приділена особлива увага вимірюванню концентрації  $CO_2$  в атмосфері, вивченню балансу вуглецю в біосфері, обміну  $CO_2$  з глибинними шарами океану, впливу нафтової плівки на газообмін між океаном та атмосферою тощо.

Підвищення вмісту стратосферних аерозолів приводить до оберненого ефекту – можливого похолодання через відбиття частини падаючого сонячного випромінювання. Вміст аерозольних часток в атмосфері може змінюватись як з природних причин (виверження вулканів, піщані бурі), так і в зв'язку з антропогенною діяльністю (викиди промислових підприємств).

До *четвертого розділу* кліматичного моніторингу належить моніторинг наслідків кліматичних змін і коливань. Зміни і коливання клімату можуть суттєво вплинути на стан біосфери і, в зв'язку з цим, на господарську діяльність людини. Зміни, які виникли в елементах кліматичної системи, екологічні наслідки змін клімату є чутливими показниками самого фактора змін (або коливань клімату).

Найбільш чутливими до змін клімату є елементи біосфери, які розташовані в полярних широтах, в засушливих місцях, екосистеми пустельних зон, екосистеми, розташовані високо в горах, льодовики гір.

Такі характеристики змін в біосфері називають непрямими показниками змін клімату. До непрямих показників відносять: зміни рівня моря, озера, зміни розташування берегової лінії, зміни річкових шарів донних відкладень озер, зміни снігової лінії та ін. Сюди ж можна віднести і

ряд екологічних ознак: зміна характеру рослинності, врожайності різних культур, морської мікрофлори та мікрофауни, зміна популяцій комах, характеру розповсюдження хвороб тварин і рослин (в першу чергу, в зонах з найбільшою чутливістю до змін клімату).

Названі дані необхідні для проведення всебічного аналізу стану НС і моделювання клімату. Всебічний аналіз стану природного середовища й моделювання клімату дозволяє виділити критичні фактори впливу і найбільш чутливі елементи біосфери, що забезпечить оптимізацію системи кліматичного моніторингу.

**Пріоритетність і точність вимірювань.** Пріоритетність у виборі величин і факторів при організації кліматичного моніторингу та точність вимірювань визначаються конкретними завданнями, для яких необхідна отримувана інформація. Ця інформація може використовуватись для розв'язання питань, пов'язаних з різними напрямками людської діяльності, для моделювання клімату, для виявлення змін клімату, що відбуваються.

Вибір величин, необхідних для вирішення різних завдань, вимоги до точності цих вимірювань повинні визначатись для кожного напрямку діяльності людини з врахуванням її специфіки, технічного рівня і місцевих особливостей. Ця робота проводиться національними метеорологічними службами. Вибір величин і визначення серед них пріоритетності є важливим завданням для моделювання клімату.

Перелік величин, необхідних для моделювання клімату: радіаційний баланс системи Земля-атмосфера, хмарність, температура поверхні океану, поширеність снігового покриву та морського льоду, альbedo земної поверхні, опади, вологість ґрунту та стік з основних річкових басейнів, температура поверхні ґрунту та льоду, газові складники атмосфери й частки (водяна пара, озон, CO<sub>2</sub>, аерозолі), мутність атмосфери, рівень моря.

Для визначення можливих змін клімату повинні бути вибрані як прямі, так і непрямі показники зміни стану найбільш чутливих до змін клімату елементів біосфери. До показників зміни клімату відносять такі: середня температура повітря, границі морського льоду в полярних областях та їх поширеність, рівень внутрішніх морів та озер, опади, вологість ґрунту.

Найбільш складним є завдання виділення антропогенної складової можливих кліматичних змін, а також пошук причин таких змін, джерел, які найсильніше впливають на зміну факторів.

Найвагомими антропогенними причинами зміни клімату є такі:

- збільшення вмісту в атмосфері CO<sub>2</sub> та інших газових домішок, які поглинають випромінювання та впливають на озоносферу Землі;
- додаткове надходження антропогенного тепла;
- викид в атмосферу часток речовин, які формують шари стратосферних та тропосферних аерозолів.

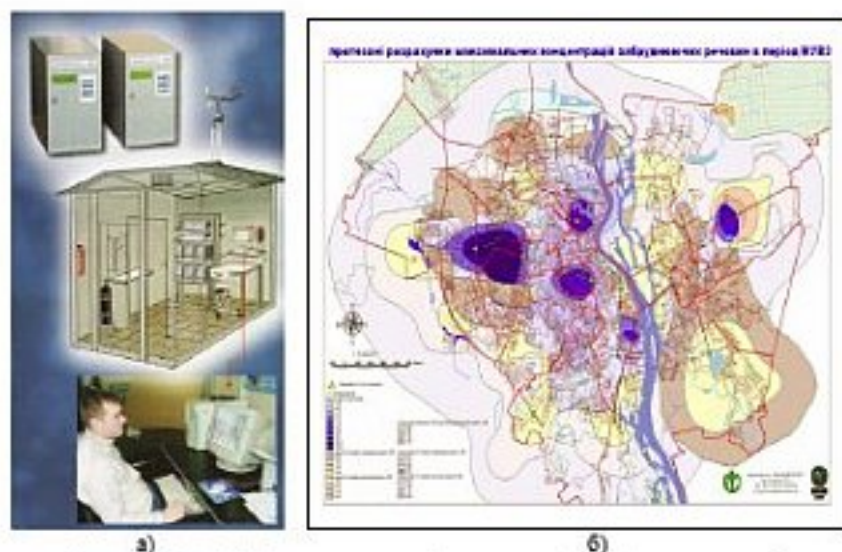


Рисунок 3.1 – Моніторинг атмосферного повітря: а) автоматичний стаціонарний пост спостережень стану атмосферного повітря "Атмосфера-10" (ЗАТ "Украаналіт", м. Київ); б) прогнозування забруднення атмосферного повітря у м. Києві (ДУ ОНПІС у м. Києві, Еколого-медичне НВП "ЕКОМЕДСЕРВІС", 1995-2000 рр.)

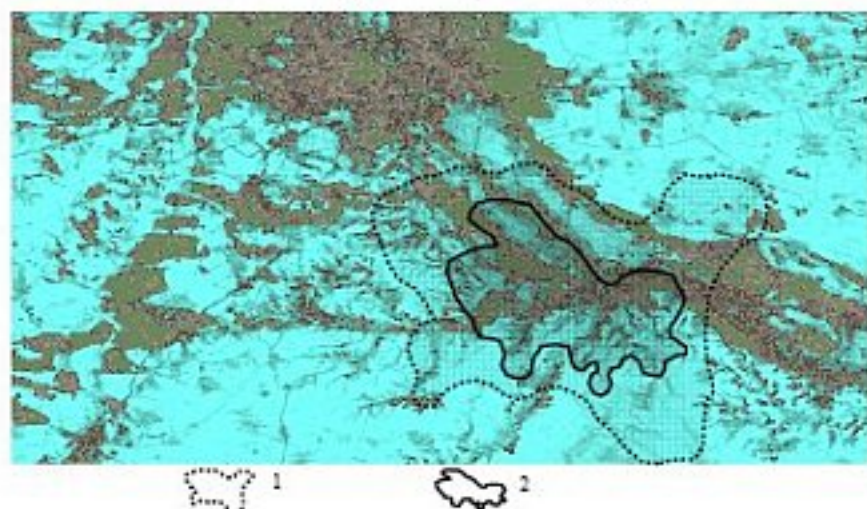


Рисунок 3.2 – Визначення ареалів помірного (1) і сильного (2) забруднення снігового покриву техногенним пилом з викидів Трипільської ТЕС за даними дистанційного зондування Землі (Красоєвський Г.Я., 2005)

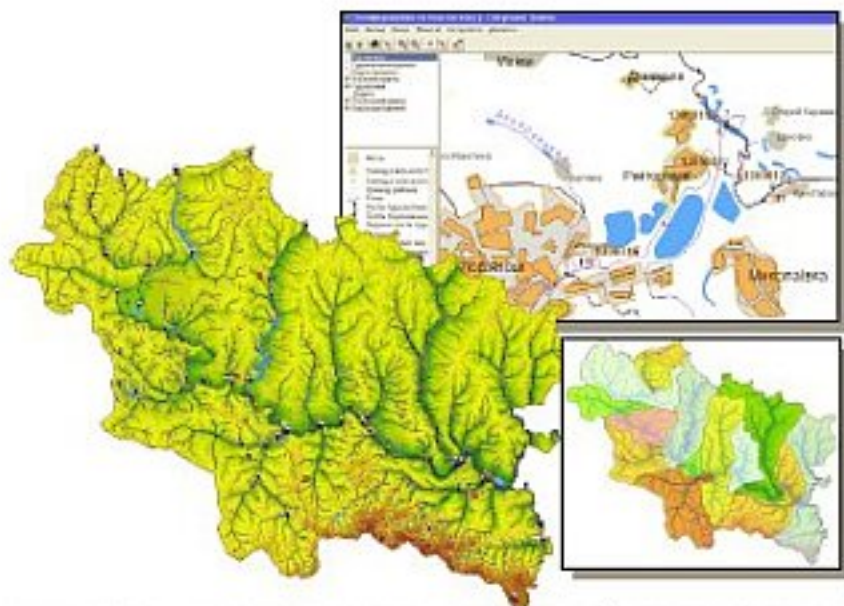


Рисунок 3.3 – Автоматизована система підтримки прийняття управлінських рішень для басейну річки Сіверський Донець з використанням геоінформаційних технологій (TASIS, Держводгосп, Мінприроди, Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2007-2008 рр.)

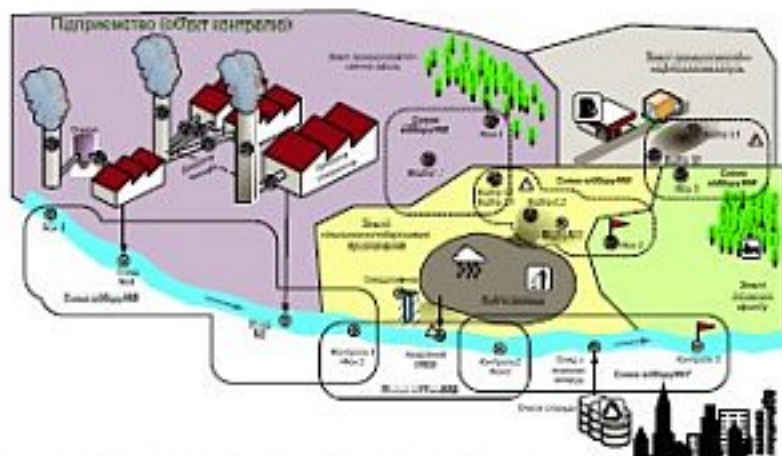


Рисунок 3.4 – Основні типові схеми вибору проб під час екологічного контролю стану забруднених довідків (АСУ "Екоінспектор", Держекоінспекція Мінприроди, ВНТУ, 2005-2010 рр.)

Для виявлення антропогенних змін клімату необхідно виділити елементи, що найбільше відчують антропогенний вплив: деякі компоненти радіаційного балансу, прозорість атмосфери, вміст в атмосфері різних газових домішок та ін.

Для виявлення антропогенних ефектів необхідні спостереження високої точності. Сформульовані вимоги ставлять завдання спостережень і вимірювань великої кількості величин. Якщо така система почне функціонувати, то вона дасть можливість зібрати велику кількість даних.

В зв'язку з цим буде необхідною суттєва фільтрація одержуваних даних; на більш ранній стадії необхідна фільтрація (шляхом визначення пріоритетності) вимог до системи спостережень та точності вимірювань.

**Супутниковий кліматичний моніторинг.** Зараз з супутників можливе вимірювання більшої кількості метеорологічних показників і основних характеристик кліматичної системи. Іноді ці вимірювання ще важко здійснювати, але деякі спостереження із супутників проводяться вже більш успішно, ніж за допомогою наземних засобів.

З урахуванням можливостей існуючих супутникових систем та доцільності організації тих чи інших вимірювань для отримання більш точної інформації про клімат Землі та стан кліматичної системи виділимо такі напрямки функціонування супутникових систем.

1. Вимірювання метеорологічних параметрів та отримання інших даних, в місцях, де є наземні станції.
2. Вимірювання метеорологічних параметрів у важкодоступних районах.
3. Вимірювання величин і факторів, важкодоступних або не підлягаючих визначенню з поверхні землі.
4. Використання супутників для оперативної передачі даних.

На даний час з супутників проводяться вимірювання температури й вологості повітря на різних висотах, температури поверхні океану, зон, покритих рослинністю на суші та планктоном в океані, вологості ґрунту, зон та інтенсивності опадів, основних компонентів радіаційного балансу тощо.

За даними супутників можна оцінити зміни рослинного покриву через вирубку лісів, опустелювання, зміни характеру сільсько-господарських культур, що дає можливість зробити висновок про причини зміни альbedo земної поверхні.

Найбільш важливими і пріоритетними з точки зору забезпечення виконання поставлених завдань супутникового моніторингу є:

- отримання основних кліматичних даних;
- визначення характеристик кліматичної системи і факторів впливу на неї;
- виділення антропогенних дій та ефектів кліматичних змін.

Найактуальнішим завданням є організація такої системи моніторингу, за допомогою якої стало б можливим надійне виділення



антропогенних та інших ефектів і впливів, пов'язаних з найбільшим впливом на клімат та його зміни.

#### **3.4. Організація радіаційного моніторингу**

*Радіаційний або радіоекологічний моніторинг* – це інформаційно-технічна система спостережень, оцінювання та прогнозування радіаційного стану біосфери.

Основними і потенційними джерелами радіоактивного забруднення у мирний час є атомні електростанції, підприємства з виробництва ядерного палива, склади ядерної зброї, підприємства з переробки та зберігання ядерних відходів, місця захоронення відходів тощо.

Зараз в Україні працюють 14 ядерних реакторів. Окрім того, значна частина енергетичних реакторів в Польщі, Чехії, Румунії, Росії та Білорусі знаходиться в межах можливої транскордонної дії аварійної ситуації. В медицині, промисловості, наукових закладах використовуються десятки тисяч радіоактивних джерел. Величезна кількість (близько  $10^{15}$  Бк) радіонуклідів знаходиться в об'єкті «Укриття» Чорнобильської зони відчуження.

Незважаючи на великі зусилля з підвищення безпеки експлуатації ядерних об'єктів, всі вони є джерелами ядерної небезпеки і потенційними джерелами радіаційного забруднення навколишнього середовища.

Спостереження за радіоекологічним станом об'єктів навколишнього природного середовища та вмістом у них радіонуклідів здійснюють такі суб'єкти моніторингу: МНС (зокрема, Державна гідрометеорологічна служба), Мінагрополітики і Держводгосп України.

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році Державна гідрометеорологічна служба здійснювала спостереження за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря шляхом щоденних замірів доз гамма-радіаційної експозиції (ГРЕ) у 180 пунктах спостережень, осідання радіоактивних частинок з атмосфери та вмісту радіоактивного аерозолу в повітрі в 66 пунктах. Показники радіоактивного забруднення поверхневих вод визначались на 15 створах 8 водних об'єктів. Поблизу атомних електростанцій Державна гідрометеорологічна служба здійснювала заміри радіоактивного забруднення поверхневих вод цезієм-137 у 19 пунктах та забруднення ґрунтів у 29 пунктах, крім того в цих зонах спостереження ведуться на 10 автоматизованих пунктах. У межах 30-кілометрової зони навколо Чорнобильської АЕС (зони відчуження) здійснювались спостереження за концентрацією радіонуклідів у 13 пунктах та на 2 виробничих майданчиках; концентрацією радіонуклідів в атмосферних опадах на 29 пунктах та концентрацією так званих «гарячих» частинок у повітрі на 9 пунктах.

Міжнародна радіоекологічна лабораторія Чорнобильського центру атомної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології у Славутичі здійснює моніторинг впливу радіації на біоту в зоні відчуження. Підрозділи Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів Мінагрополітики проводять контроль у місцях концентрації радіоактивних речовин у ґрунтах на 1003 ділянках та рослинницької продукції харчового призначення, що вирощується на відповідних сільгоспугіддях.

Державним комітетом України по водному господарству здійснюється контроль вмісту радіонуклідів у поверхневих водах на 268 створах у рамках радіаційного моніторингу вод водогосподарськими організаціями.

Слід зазначити, що в Мінприроди функціонує державна автоматизована система раннього попередження про радіаційну аварію та радіоекологічного контролю в зонах впливу Запорізької, Рівненської, Хмельницької АЕС та Харківського спецкомбінату Гамма-1, центр збору та опрацювання інформації якої знаходиться в Українському науководослідному інституті екологічних проблем у м. Харків.

Основними забруднювальними факторами при радіаційному забрудненні (наприклад, в результаті аварії на АЕС) є радіоактивне випромінювання (в перші години після виникнення аварійної ситуації) та внутрішнє опромінення від радіонуклідів, що потрапляють в організм з продуктами харчування та водою.

Головними задачами при створенні методів комплексного радіоекологічного моніторингу є такі:

1. Розробка методів відбору проб повітря і води, вимірювання питомих  $\alpha$ -,  $\beta$ - та  $\gamma$ -активностей та процедур відповідного оцінювання доз;
2. Розробка методів гама-спектрометрії та відповідного оцінювання доз;
3. Розробка стратегії і техніки відбору проб, вимірювання питомої активності та моделювання змін очікуваної колективної дози.

Зараз існує велика кількість різноманітного обладнання для відбору і вимірювання параметрів проб повітря. Але поки що немає загальновизнаної методики, яка б задовольняла всі вимоги післяаварійного радіаційного моніторингу. Зокрема, немає техніки, яка б дозволяла проводити роздільні вимірювання хімічних норм радіоїоду. Потребують суттєвого удосконалення методики хімічного відокремлення та вимірювання чистих альфа- та бета-випромінювачів у аварійних умовах.

Існує широкий спектр обладнання для проведення гамма-спектрометрії, але це обладнання призначено для вимірювання природних та довготривалих радіонуклідів. У випадку короткотермінових оцінок

потужність експозиційної дози може бути дуже високою і досягати 1мЗв/год<sup>14</sup>.

В таких полях германієві детектори не працюють через високі імпульсні навантаження, а спектрометри на базі натрієвих детекторів не мають достатнього енергетичного забезпечення, необхідного для спектрометрії свіжих радіоактивних опадів.

Для більшості населення України, яке проживає на забруднених територіях, основним джерелом ефективної колективної дози є *продукти харчування*. Наприклад, 70-90% надходжень <sup>137</sup>Cs пов'язано із вживанням молока.

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

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

В Україні в рамках технічної допомоги Європейського Союзу «ТАСІС» з 1994-го року створюється система радіоекологічного моніторингу «ГАММА». Реалізація першої стадії цього проекту передбачає створення мережі трьох центрів радіоекологічного моніторингу на територіях навколо Рівненської, Запорізької та Інчалінської (Білорусь) АЕС.

Основними завданнями системи «ГАММА» є:

- виявлення значних перевищень радіаційного фону на підконтрольних територіях;
- оповіщення відповідальних осіб про такі перевищення і забезпечення цих осіб інформацією, необхідною для проведення захисних заходів.

Система ГАММА-1 є одним з етапів впровадження системи «ГАММА» на території України і включає в себе національний інформаційно-кризовий центр (ІКЦ), розташований в Міністерстві охорони

<sup>14</sup>Одиниці еквівалентної дози – *зіверт* : 1Зв = 1Дж/кг; 1Зв = 100 бер.

Одиниці поглинутої дози: 1Гр = 1Дж/кг; 1рад = 10<sup>-2</sup> Гр.

Одиниці експозиційної дози: 1 Кл/кг; позасистемна одиниця – *рентген*:

1Р = 2,58·10<sup>-4</sup> Кл/кг. Доза в 1 Р відповідає утворенню 2,08·10<sup>9</sup> пар іонів в 1 см<sup>3</sup> повітря при 0 °С та 760 мм рт. ст.

навколишнього природного середовища, і два локальних центри (в містах Рівне та Запоріжжя). Окрім того, до складу цієї системи входять:

- 27 постів контролю потужності дози гамма-випромінювання, встановлених у зоні Рівненської АЕС;
- 11 постів контролю потужності доз гамма-випромінювання, встановлених у зоні Запорізької АЕС;
- 1 пост автоматичного контролю альфа-бета-активності аерозолів, розміщений на відстані 5 км від Рівненської АЕС;
- 1 автоматичний пост контролю гамма-активності води на Рівненській АЕС;
- 2 автоматичних пости метеоконтролю (на Рівненській та Запорізькій АЕС).

Головними завданнями радіоекологічного моніторингу є такі:

1. Спостереження і контроль за станом забрудненої радіонуклідами зони, її окремих, особливо небезпечних частин, і заходами щодо зниження їхньої небезпеки;
2. Спостереження за станом об'єктів природного середовища за тими самими параметрами, що характеризують радіоекологічну ситуацію як у забрудненій зоні, так і за її межами;
3. Виявлення тенденцій зміни стану природного середовища в зв'язку з функціонуванням екологічно небезпечних об'єктів і при реалізації заходів, що проводяться на забруднених територіях;
4. Виявлення тенденцій зміни стану здоров'я населення, що проживає на забруднених радіонуклідами територіях;
5. Інформаційне забезпечення прогнозування радіоекологічної ситуації в забрудненій зоні й в Україні в цілому.

Радіоекологічний моніторинг здійснюється за такими напрямками:

1. Моніторинг ландшафтно-геологічного середовища з метою одержання базової інформації для оцінювання і прогнозування загальної радіоекологічної обстановки на забруднених радіонуклідами територіях і їхнього впливу на екологічний стан прилеглих територій;
2. Моніторинг поверхневих і підземних водних систем;
3. Моніторинг природоохоронних заходів і споруд;
4. Моніторинг локальних джерел радіонуклідного забруднення: об'єкт «Укриття», ставок-охолоджувач, пункти захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ) і пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ), ЧАЕС та її інфраструктура тощо;
5. Моніторинг агробіоценозів і агроландшафтів;
6. Медичний і санітарно-гігієнічний моніторинг.

За час, що пройшов після катастрофи на ЧАЕС, в усіх перерахованих напрямках виконані значні обсяги досліджень. Необхідно лише відзначити, що ці роботи, дуже важливі за своєю суттю, виконувалися роз'єднано, що донедавна не дозволяло здійснювати комплексний радіоекологічний

моніторинг забруднених радіонуклідами територій, давати інтегровану оцінку і прогноз радіоекологічної ситуації.

*Методи радіоекологічного моніторингу сільськогосподарських територій.* Методика Українського НДІ сільськогосподарської радіології визначає послідовність отримання первинної базової інформації, яка необхідна для оцінювання радіаційної ситуації на землях, що зазнали радіоактивного забруднення.

Обстеження території землекористування складається з двох етапів.

**1-й етап.** Проведення гамма-зйомки, яка дозволяє точно визначити оптимальні місця для пробовідбору. *Гамма-зйомка* здійснюється за допомогою сертифікованих приладів СРП-68-01 на відстані 1 м над поверхнею ґрунту. Перед зйомкою необхідно зібрати і проаналізувати всю доступну інформацію про територію і визначити стратегію виконання робіт з уточнення радіаційного стану.

**2-й етап.** Відбір проб ґрунту в місцях з однорідним гамма-фоном. Після завершення першого етапу обстежень приступають до відбору проб ґрунту з метою оцінювання поверхневого радіоактивного забруднення. В умовах однорідного фону, коли різниця між окремими вимірюваннями не перевищує 30%, в межах сівозміни відбирається одна проба. Один змішаний зразок складається з індивідуальних проб ґрунту, відібраних з 2-х чи 3-х полів сівозміни, якщо забруднення на цій площі рівномірне. В межах конкретного поля місця відбору проб розташовують по можливості рівномірно з урахуванням мікроландшафтних особливостей.

Визначення щільності забруднення території плутонієм проводять на цільових ділянках стандартним кільцем діаметром 140 і висотою 50 мм, яке після цього упаковують так само, як і проби ґрунту, відібрані буром.

Аналогічними методами за стандартними методиками відбираються також проби води, повітря та біомаси. Результати радіологічного обстеження використовують також з метою попереднього оцінювання і прогнозування можливостей отримання продукції рослинництва і тваринництва з вмістом радіонуклідів, що не перевищує допустимі рівні.

### **3.5. Особливості біотичного моніторингу**

Останнім часом все більшого значення набуває наявність інформації про стан і рівні забруднення не тільки складових довілля, але й стан біоти, тобто всіх живих організмів біосфери. При цьому важливо знати характер та інтенсивність відповідних реакцій біологічних об'єктів на антропогенні впливи. Одним з найбільш оперативних методів отримання такої інформації є методи біотичного моніторингу, зокрема, за допомогою певних видів рослин, тобто методами *біоіндикації та біотестування*.

**Основні принципи проведення біотичного моніторингу атмосферного повітря і ґрунтів за допомогою рослин.** Відомо, що вищі і

нижчі рослини можуть використовуватися як біоіндикатори забруднення в двох випадках:

а) якщо вони *накопичують* у своїх тканинах ЗР у набагато більш високих концентраціях, ніж відповідні концентрації в геологічному середовищі;

б) якщо їхня *чутливість* до впливу визначених ЗР різко відрізняється від чутливості інших рослин.

У випадку впливу високої концентрації ЗР протягом короткого періоду часу можливе сильне (*гостре*) ушкодження рослини. У результаті загибелі тканини (некрозу) її колір змінюється від металево-сірого до коричневого, а в процесі старіння вона може знебарвлюватися і вигорати.

*Хронічне* ушкодження рослин виникає при впливі низьких концентрацій ЗР протягом тривалого періоду часу. До ознак хронічного ушкодження відносять бронзове фарбування листів, хлороз і їхнє передчасне старіння.

У природі часто зустрічається як хронічне, так і гостре ушкодження тієї ж самої рослини. Ознаки ушкоджень рослин виявлені й описані у рослин, які вирощені у природних умовах при відомих концентраціях ЗР. Потім ці ознаки були підтверджені в лабораторних умовах на рослинах, що піддавалися дії тих самих ЗР.

*Рослина-індикатор* – це така рослина, у якої ознаки ушкодження з'являються при впливі на неї фітотоксичної концентрації однієї ЗР чи суміші ЗР.

Для моніторингу важлива не тільки якісна, але і кількісна оцінка. Тому метою біомоніторингу є перетворення рослини-індикатора в рослину-монітор. Індикаторами можуть бути ті рослини, що акумулюють у тканинах забруднювальну речовину або продукти метаболізму (обміну речовин), які отримані в результаті взаємодії рослини і ЗР.

*Основні забруднювальні речовини, що діють на рослину через повітря.* Ушкодження рослин-індикаторів різними ЗР систематизовані в таблиці 3.2.

До *фотохімічних оксидантів* (речовин, для початку реакції спонтанного утворення і взаємодії яких необхідне сонячне світло) відносять: озон, пероксид ацетилнітрат (ПАН) і оксиди азоту ( $NO_2$ ,  $NO$ ,  $N_2O$  і т. ін.). Озон потрапляє в рослини через устячка в процесі звичайного газообміну між рослинами і навколишнім середовищем. Ушкодження добре помітні на старих листах, головним чином, на верхній поверхні листа. Загальна ознака ушкодження озоном – плямистість.

*ПАН* також проникає в листи через устячка, у результаті чого на внутрішній стороні листів виникають водянисті плями, що потім стають глясовими, срібlistими чи бронзовими.

*Оксиди азоту ( $NO_x$ ).* Для сильного ушкодження рослини оксидами азоту необхідна більш висока концентрація  $NO_x$ ; часто його вмісту у

повітрі не досить для гострого uszkodження. Низькі концентрації  $NO_x$  навіть стимулюють зростання рослин, а їхня зелень стає більш темною.

Діоксид сірки ( $SO_2$ ) потрапляє в рослину й окислюється до високотоксичного сульфїту  $SO_3$ , а потім повільно – в менш токсичний сульфат  $SO_4$ . У результаті дії  $SO_2$  на широколистові рослини їхні листки знебарвлюються між жилками (ефект «ялинки»).

Таблиця 3.2 – Ушкодження рослин від різних шкідливих речовин

ЗР	Ушкодження	Рослина-індикатор
$O_3$	Плями металевого кольору; рудувато-білі плями; жовто-червоні кінчики голок; хлороз	Шпинат, картопля, тютюн, виноград, огірок, цибуля, хвойні, ясен, квасоля, іпомея
ПАН	Водянисті, потім глясові, сріблясті, бронзові плями; хлоротичні смуги на листах	Салат, квасоля, петунія, злакові, узколистні трави
$NO_x$	Уповільнення росту і нагромадження сухої речовини Знебарвлення країв листів	Молоді томати, барвінок
$SO_2$	Біфасціальне знебарвлення між жилками, ефект «ялинки»	Ожина, малина, виноград, овес, береза вишнева, коношина, ясен американський, ревінь, капуста, шпинат, тютюн, яблуня, персик
$SO_4^{2-}$	Червоно-бурий колір, хлороз	Сосна, ялина
$NO_2 + SO_2$	Зниження врожайності злаків і пасовищних трав	Овес, соєві боби, тютюн
$O_3 + SO_2$	Хлороз	Люцерна, капуста, квасоля, соя, шпинат, тютюн, томати
Фториди	Хлороз уздовж жилок або листів; гострий некроз по краях листів і деформація; обпалені верхівки	Гладіолус, тюльпан, ірис, лілія, хвойні
$NH_3$	Тьмяно-зелені, бурі, чорні листи, глянець на нижній стороні листа	Яблуня
B	Крайовий і міжжилавий некроз, плямистість листів, чашоподібна форма і деформація листів	Горіх сірий, жимолость, клен, шовковиця, дикий виноград
$Cl_2$	Знебарвлення листів по краях від чорного до білого, міжжилавий некроз ( $SO_2$ ), цяточки ( $O_3$ )	Гірчиця, соняшник Хвойні
Етилен, пропилен	Сповільнює зростання; погіршення цвітіння, плодоносіння, «скручує» листи	Орхідеї, томати, хризантеми (у теплицях)
HCl	Міжжилавий і крайовий хлороз, некроз	Слива

Другорядні ЗР: фториди (джерело – плавильні заводи та інші підприємства подібного профілю), аміак (джерело – аварії на виробництві, втрати з трубопроводів), бор (джерело – виробництво скловолокна, печей і

рефрижераторів), хлор (джерело – целюлозно-паперове виробництво, при використанні як окислювача, аварії при транспортуванні), етилен і пропілен (містяться у вихлопах автотранспорту, є природним рослинним гормоном, що утворюється при uszkodженні рослин іншими ЗР), соляна кислота.

*Тверді частки і важкі метали.* Вони можуть осідати на рослини, засмічувати і проникати в устячка, негативно впливати на запилення квітів, розмір і стан листів через вплив на *pH* ґрунту, впливати на склад лісових насаджень. Найчастіше ВМ зустрічаються у вигляді твердих часток, адсорбованих на інших частках, або у вигляді солей. З атмосфери вони осідають на рослини чи ґрунт. ВМ, що осідають на поверхні ґрунту, мають тенденцію накопичуватися в її верхніх шарах. Концентрація ВМ у ґрунті залежить від вмісту в ній глини й органічної речовини. У цілому ж ВМ стійкі до вилуджування і розпаду. При тривалому впливі концентрація їх збільшується і може стати токсичною.

*Свинець* найбільш розповсюджений ВМ, який часто зустрічається в повітрі і ґрунті. Природне джерело надходження свинцю – вивітрювання гірських порід. При плавленні 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг *Pb*. Гумусовий шар ґрунту добре адсорбує *Pb*, який потім накопичується в ґрунті і локалізується в пухирцях диктисом, відкладається в клітинній оболонці.

*Ртуть* – єдиний ВМ, що знаходиться в рідкому стані при нормальній температурі, один із найнебезпечніших канцерогенів. Природне джерело – вивітрювання гірських порід – близько 800 т. Нормально розвинуті ґрунти мають високу сорбційну здатність, і вимивання *Hg* з них незначне. Випаровування *Hg* з ґрунту зменшується зі збільшенням вологості ґрунту, кислотності ґрунту і зі зменшенням гумусу. *Hg* негативно впливає на більшість рослин, особливо на троянди. На їхніх листах з'являються бурі плями, листи жовтіють, а потім опадають.

*Миш'як* (відходи медичної і металургійної промисловості, виробництво добрив, згоряння вугілля). Міграція *As* в ґрунті відбувається більш інтенсивно, якщо він надходить у великих кількостях.

*Кадмій* – *Cd* (результат згоряння дизельного палива, при плавленні руд і внесенні добрив). Максимальна адсорбція *Cd* відбувається в ґрунті з більшою емісією поглинання, значним вмістом гумусу, високим показником *pH*.

*Цинк* – *Zn* (відходи металургійного виробництва) більш мобільний, ніж свинець і кадмій. Висока міграція в еродованих ґрунтах в умовах підвищеної вологості. За наявними даними *Zn*, *Cd* і *Cu* викликають міжжилавий хлороз з наступним почервонінням і пожовтінням листів дерев поблизу джерела в середині літа.

Для біоіндикації ВМ використовують, в основному, мохи і лишайники, що абсорбують ВМ з повітря і атмосферних опадів. Мохи є



кращими індикаторами. У Швеції, Фінляндії, Норвегії складені карти, що показують регіональні розходження у випаданні *Cd*, *Cu*, *Fe*, *Hg*, *Ni*, *Pb* і *Zn* з атмосфери за результатами аналізу мохів. Концентрація *Pb* у мохах збільшується при випаданні атмосферних опадів, зменшується зі збільшенням відстані від доріг і міст. Різні види мохів по-різному реагують на вміст того чи іншого ВМ. Сфагновий мох добре абсорбує *Cd*, *Pb* і *Zn*, інші види – накопичують *Hg*. Бородатий мох (Мексиканська затока) є активним акумулятором *Pb*.

Для біоіндикації можна вибрати недовговічні трав'янисті чи деревинні рослини і висадити їх на потрібних ділянках. Деревя будуть рости і довго бути індикаторами без особливого догляду.

Існує три способи одержати кількісну характеристику стану повітря через реакцію рослини на забруднення:

- 1) зіставити ступінь викликаного ЗР ушкодження з відомою концентрацією ЗР в навколишньому середовищі;
- 2) використовувати рослину як живий колектор (пробовідбірник);
- 3) виміряти кількість ЗР або зв'язаного з нею метаболіту і співвіднести отримане значення з концентрацією ЗР у повітрі і ґрунті.

Для мінімізації помилок необхідно використовувати ту саму ґрунтову суміш і насіння з одного джерела. Варто брати рослини, що легко вирощувати і доглядати, стійкі до хвороб і шкідників.

Будуються криві «доза-відповідна реакція» (наприклад, певний сорт моху – важкі метали, тютюн –  $O_3$ ).

Ступінь ураження листів трав'янистих рослин (боби, тютюн), зазвичай, вимірюють візуально шляхом визначення площі (у %) ураженої листової поверхні (табл. 3.3, 3.4). Квасоллю можна використовувати до появи трилопатевих листів 3-го порядку. Сумарні підрахунки можна проводити через кожні 3-5 днів.

Таблиця 3.3 – Оцінка реакції садової квасолі на вплив озону

Оцінка ушкодження (зернистість або опік)	Індекс ступеня ушкодження	Кількість ушкоджених листів, %
1	2	3
Немає	0	0
Слабке	1	1-25
Помірне	2	26-50
Помірно-сильне	3	51-75
Сильне	4	76-99
Повне	5	100

Таблиця 3.4 – Оцінка реакції первинних листків

Дні від висіву	Індекс ступеня ушкодження	Кількість ушкоджених листків, %
7	0	0
11	1	15
15	2	40 (+25)
20	4	80 (+40)

Для *хвойних рослин* характеристикою відповідної реакції є: довжина хвої, колір, форма, вік хвої, кількість ушкоджених хвоїнок на гілці (у %).

Можна відповідну реакцію визначати за *показниками росту і продуктивності*: швидкість росту, площа листової поверхні, кількість листів, дата формування бруньки, дата початку цвітіння, співвідношення кількості бруньок і квіток, квіток і плодів, кількість насінин на плід, співвідношення паростків і коренів, загальний вихід чи біомаса.

Для *дерев*: кількість гілок, довжина, діаметр гілки, діаметр стовбура в даній точці над рівнем землі, швидкість зростання стовбура, розмір листя чи хвої і/чи поверхні, кількість плодів чи шишок, кількість насінин.

Якщо рівень забруднення визначається за поглинанням ЗР, то варто вимірювати або кількість ЗР, або кількість метаболіту ЗР. Можна вивести рівняння співвідношення рівня ЗР у тканинах і НПС.

Рослини, як живі колектори (мохи, лишайники), акумулюють у тканинах ВМ. Шляхом збирання рослин, висушування, зважування і хімічного аналізу можна підрахувати кількість поглиненого важкого металу. Лишайники часто використовують для визначення рівня  $SO_2$ . Змінюючи проміжки збору чи виносу сіток здорових примірників лишайників, можна вивести співвідношення між вмістом поглиненої ЗР тканинами і концентрацією ЗР в навколишньому середовищі.

Таким чином, мохи, лишайники, покрито- і голонасінні, а також гриби, можна і доцільно використовувати як біоіндикатори, тобто для одержання кількісної оцінки ЗР у природному середовищі. Виявлення ВМ в ґрунті і рослинах можливо за допомогою таких методів, як атомно-адсорбційна спектрофотометрія, рентгенофлуоресцентний аналіз тощо.

**Основні принципи проведення біоіндикації за допомогою тварин.** Найбільше методи біоіндикації за допомогою тварин використовуються для оцінювання рівня забрудненості водного середовища. Визначають загальну біомасу і чисельність відповідної популяції. Зменшення розмірів популяції або її повне зникнення з водойми свідчить про забруднення води токсикантами.

При проведенні біотичного моніторингу використовують методи *пасивної* і *активної* біоіндикації.

При використанні *методів пасивної біоіндикації* як індикаторні організми використовують найбільш чутливі і досліджені види організмів,

доступні для візуального спостереження, наприклад, *риби* для водних середовищ і великі безхребетні (*жужелиці, дощові черв'яки*) – для ґрунтів. Індикаторні організми повинні вивчатися у комплексі і на всіх стадіях прояву токсикозу, який визначається особливостями дії токсиканту та його концентрацією у середовищі. Так, токсиканти локальної дії пошкоджують респіраторний епітелій зябр у риб (до відділення ниток від зябрових пластинок), викликають кровотечу із зябер. Шкіряні покриви вкриваються слизом, який порушує газообмін, риба гине від асфіксії. Риби починають ковтати повітря з поверхні й гинуть з відкритим ротом та зябрами.

*Методи активної біоіндикації* для визначення токсикантів передбачають використання як індикаторні організми тест-об'єктів (гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда<sup>15</sup> (*Bombyx mori L.*), ракоподібних (*Daphnia magna L.*)<sup>16</sup>. Гусениць-мураші мають надзвичайно високу чутливість до дії токсикантів, особливо до інсектицидів і солей важких металів.

*Приклад біотестування* за допомогою гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда. Проби води або ґрунтового розчину, що відібрані для біотестування, вливають у літрові колби (по 3 колби на варіант, контроль – питна вода). В кожну колбу вміщують на дві доби по 3 пагони шовковиці з листям. За цей час пагони поглинають з розчину токсиканти. Після цього лист згодують гусеницям-мурашам шовковичного шовкопряда протягом трьох наступних днів (один раз на добу). Щоденно підраховують загиблих гусениць. В разі забруднення води інсектицидами гусінь гине в першу добу, а при забрудненні фосфорорганічними сполуками та іншими токсикантами – через 48 годин.

### 3.6. Еколого-гігієнічний моніторинг

За допомогою цитогенетичних методів біотестування можна швидко оцінити сумарну дію всієї сукупності забруднювачів біосфери, спрогнозувати очікувані зміни в екосистемах та своєчасно прийняти управлінські рішення щодо покращення стану довкілля. Окрім того, є можливість встановити не тільки наслідки техногенезу, але й визначити ефективність заходів з екологізації технологій.

Використання таких методів у державній системі моніторингу довкілля України дозволяє формувати банк даних, необхідних для розроблення екологічних карт за показниками, що характеризують загальну токсичність та мутагенність об'єктів навколишнього середовища. Ці методи сприяють вирішенню проблеми екологічного нормування за

<sup>15</sup> Пат. 31429 UA. Спосіб біологічної оцінки забруднення води солями важких металів. Декларативний патент на корисну модель. – Злотін А. З., Беспалова С. В., Єгорова О. А. та ін. - Бюл. № 7. – 2008.

<sup>16</sup> ДСТУ 4173-2003 (Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna Straus* та *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg* (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996))

цитогенетичними показниками біоіндикаторів, а також дозволяють оцінити екологічний і генетичний ризику для біоти та людини.

Методи визначення рівнів токсико-мутагенної активності об'єктів навколишнього середовища (води, ґрунтів, атмосферного повітря, відходів) ґрунтуються на встановленні різниці між значеннями цитогенетичних показників (рівень стерильності пилку індикаторних рослин, мітотичний індекс та частота аберантних хромосом у кореневій меристемі, частота клітин з мікроядрами в соматичних клітинах біоіндикаторів, що аналізуються (дослід)) та аналогічними показниками в екологічно чистих умовах.

Критерієм токсичності є відсоток пригнічення росту біоіндикаторів та величини мітотичного індексу в меристематичних клітинах у досліді порівняно з контролем за:

- 48 годин – у *Allium cepa* L.;
- 72 години – в *Raphanus sativus* L.;
- 120 годин – у *Triticum durum* L.

Критерієм мутагенності є збільшення частоти зустрічання стерильних клітин пилку і клітин з аберантними хромосомами в кореневій меристемі індикаторних рослин, а також клітин з мікроядрами в тканинах біоіндикаторних рослин, тварин та в епітеліоцитах ротової порожнини у дітей дошкільного віку, які мешкають на досліджуваній території.

Запропонована структурна схема комплексного еколого-гігієнічного моніторингу довкілля, яка дозволяє оцінити стан природних об'єктів за токсико-мутагенним фоном, що є необхідним для визначення рівня загальної екологічної та генетичної небезпеки для людини та біоти (рис. 3.5). Як видно зі схеми, верхній структурний рівень складається із трьох показників екологічного стану окремих об'єктів навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери та педосфери) за токсико-мутагенним фоном.

Стан атмосферного повітря визначають за тестами: «Стерильність пилку індикаторних рослин», «Мікроядерний тест» у соматичних клітинах біоіндикаторів та «Ростовий фітотест».

Стан гідросфери, а також рідких промислових відходів визначають за *Allium*-тестом, Мітотичним індексом та Частотою аберантних хромосом у кореневій меристемі вищих водних рослин, Мікроядерним тестом в соматичних клітинах гідробіонтів та «Ростовим фітотестом».

Стан педосфери (ґрунтів), а також твердих промислових відходів визначають за *Allium*-тестом на зразках ґрунтів, Мікроядерним тестом в клітинах тканин біоіндикаторів та Ростовим фітотестом на зразках досліджуваних ґрунтів.

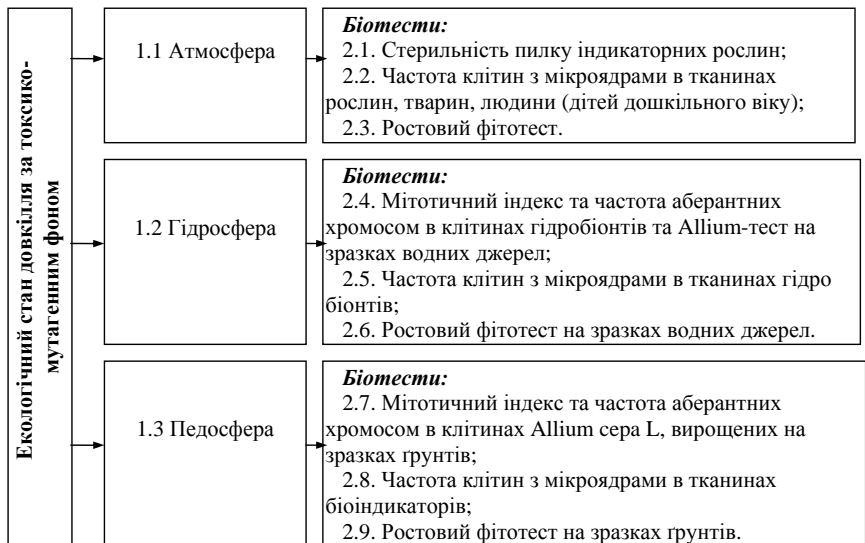


Рисунок 3.5 – Структурна схема еколого-гігієнічного моніторингу об'єктів довкілля

Показники, що характеризують стан об'єктів довкілля за токсико-мутагенним фоном, можуть бути використані для визначення загального екологічного та генетичного ризиків для людини і біоти, що дозволить розробити еколого-оптимальні нормативи якості довкілля й здоров'я населення та розробити шляхи досягнення цих нормативів.

**Вибір тест-полігонів.** Для проведення соціально-гігієнічного моніторингу об'єктів довкілля на досліджуваній території повинні бути виділені тест-полігони. Тест-полігони вибирають таким чином, щоб у першу чергу були досліджені найбільш небезпечні та надзвичайно техногенно навантажені райони. Відбір проб проводять як в промислових зонах, так і в житлових масивах, віддалених від підприємств.

**Обстеження земель навколо підприємств та поблизу автомобільних трас.** Навколо підприємств-забруднювачів обстеження земель проводять за системою концентричних кіл, розташованих на відстанях 0,5, 1, 1,5, 2,5, 5, 10 км від джерела забруднення з урахуванням панівних вітрів.

При відборі проб ґрунту з ділянок уздовж дорожніх смуг, розташованих поблизу автомобільних магістралей, враховують те, що газопиловий потік викидів автотранспорту викидається в повітря невисоко над ґрунтом, а відстань переносу викидних газів, у тому числі й аерозолів важких металів, сажі та інших речовин, не перевищує 100 м у напрямках дії панівних вітрів. Ділянки для відбору зразків довжиною 200–500 м

розмічають на відстанях 0–10, 10–50 і 50–100 м від полотна дороги, враховуючи рельєф, ґрунтовий і рослинний покрив, гідрологічні умови місцевості. На кожній із них відбирають 20–25 індивідуальних зразків для отримання змішаного (середнього) зразка ґрунту.

**Відбір ґрунтів для цитогенетичних досліджень.** На першому етапі комплексного моніторингу навколишнього природного середовища із застосуванням цитогенетичних методів оцінювання рекомендується проводити великомасштабні рекогносцирувальні дослідження. Вони повинні бути прив'язані до стаціонарних постів спостереження Держгідрометслужби та Санітарно-епідеміологічної служби, а також включати найбільш екологічно небезпечні і чисті території (за рекомендаціями обласних управлінь Мінприроди України та санітарно-епідеміологічної служби).

Далі переходять до середньо- та маломасштабних досліджень відносно оцінки стану ґрунтів та інших об'єктів навколишнього середовища за сумарним токсико-мутагенним фоном. Такі дослідження, як правило, завершуються картографуванням території за даною ознакою.

Великомасштабне картографування дозволяє встановити орієнтовні рівні мутагенного фону, а середньо- та маломасштабне картографування – диференціювати райони всередині окремих регіонів за ступенем мутагенного впливу та виявити джерела впливу на одиницю площі. При великомасштабному картографуванні за одиницю площі рекомендується ділянка розміром 10000 км<sup>2</sup>, при середньо- та маломасштабному – 1000 і 100 км<sup>2</sup>, відповідно. На кожній одиниці площі повинно бути не менше 10 пунктів спостережень.

У випадку впливу окремих джерел забруднень (підприємств, електростанцій та ін.) на об'єкти довкілля рекомендовано застосовувати метод концентричних кіл через кожні 0,5 км до 2,5 км.

При оцінюванні екологічного стану міста з населенням в 1 млн. чоловік рекомендовано поділити його територію на 20 квадратів з виділенням у кожному від 10 до 20 пунктів спостережень залежно від рівня екологічної напруженості. У кожному пункті пробу відбирають за правилом «конверта». Сторона конверта може складати 10–100 м. Об'єднана проба ґрунту формується з 9–12 проб, розміщується у відповідну тару, складається в ящик, ставиться печатка та наклеюється етикетка. На відібрані зразки складається супровідна відомість.

Періодичність обстеження ґрунтів встановлюється диференційовано з урахуванням особливостей території — в середньому через кожні 5 років. Зазначений термін може бути збільшений, якщо різниця між показниками попереднього обстеження неістотна.

**Оцінка токсико-мутагенного фону атмосферного повітря** проводиться за тестом «Стерильність пилку індикаторних рослин», які зростають на досліджуваних територіях, а також за «Мікроядерним

тестом» в соматичних клітинах біоіндикаторів.

Встановлено, що фертильні і стерильні клітини пилку рослин відрізняються за вмістом крохмалю. Нормальний його вміст відповідає стадії завершення формування спермій. Фертильні пилкові зерна цілком заповнені крохмалем, а стерильні – не містять його або мають його сліди. Забарвлення препаратів проводять йодним розчином за Грамом, для приготування якого необхідно розчинити 2 г йодистого калію в 5 мл дистильованої води при нагріванні з наступним додаванням 1 г металевого йоду. Об'єм готового до використання розчину доводять до 300 мл і зберігають у темному посуді.

Фертильні пилкові зерна фарбуються у вохристо-коричневій кольори, а стерильні – або зовсім не фарбуються, або фарбуються фрагментарно на 20–30%, набуваючи слабкого, майже прозорого жовтого тону. Пилок з рослин, які мають квіти у вигляді сережек, струшується на предметне скло, забарвлюється йодним розчином, накривається покривним склом і аналізується за допомогою мікроскопа.

Зрілі бутони квіткових рослин після фіксації у 70%-му етанолі (або без неї) препарують на предметному склі. Тичинки відокремлюють від усіх елементів квітки за допомогою пінцета та препарувальної голки і переносять у краплю йодного розчину. Пильовики дрібних квітів розкривають препарувальною голкою на предметному склі в краплі йодного розчину і, видаливши зайві тканини, накривають покривним склом. За необхідності додають ще 1–2 краплі йодного розчину. Через 2–3 хв. приготовлений препарат аналізують під мікроскопом.

У кожному препараті переглядають від 1000 до 3000 пилкових зерен. Стерильні і фертильні пилкові зерна підраховуються під мікроскопом (збільшення  $7\times 20$  чи  $7\times 40$ ) із застосуванням лічильника.

Стерильність пилкових зерен  $M$  визначають у відсотках за формулою

$$M = \frac{G}{N} \cdot 100,$$

де  $G$  – кількість стерильних пилкових зерен;  $N$  – кількість досліджених пилкових зерен.

Потім знаходять помилку розрахунку  $m$  за виразом

$$m = \pm \sqrt{\frac{M \cdot (100 - M)}{N}}, \%$$

При цьому повинна виконуватися умова  $3m < M$ , в іншому разі необхідно збільшувати кількість спостережень, щоб зменшити помилку.

Оскільки індикаторні види рослин характеризуються різними рівнями спонтанної стерильності пилку, яка спостерігається в екологічно чистих комфортних умовах ( $II_{\text{комф}}$ ), і різними рівнями ушкодження гамет в критичних умовах ( $II_{\text{крит}}$ ), була проведена класифікація індикаторів за п'ятьма класами: 1 – високостійкі; 2 – стійкі; 3 – середньостійкі (чутливі);

4 – чутливі; 5 – високочутливі. Рекомендовані біоіндикатори, класифікація за групами чутливості та їх характеристика наводиться у таблицях 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.5 – Класифікація фітоіндикаторів за стійкістю пилку до дії несприятливих екологічних факторів

Біоіндикатор		Група стійкості
Латинська назва	Україномовна назва	
1	2	3
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	Льонок звичайний	1
<i>Catalpa ovata</i> G. Don fil.	Катальпа яйцевиднолиста	1
<i>Calendula officinalis</i> L.	Нагідки лікарські	1
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Березка польова	1
<i>Helianthus annuus</i> L.	Соняшник однорічний	1
<i>Heracleum sibiricum</i> L.	Борщівник сибірський	1
<i>Zinnia elegans</i> Jacq.	Майорці стрункі	1
<i>Geranium molle</i> L.	Герань м'яка	1
<i>Tagetes patula</i> L.	Чорнобривці розлогі	1
<i>Syringa vulgaris</i> L.	Бузок звичайний	2
<i>Betula pendula</i> Roth.	Береза повисла	2
<i>Taraxacum officinale</i> Webb. exWigg.	Кульбаба лікарська	2
<i>Campanula patula</i> L.	Дзвоники розлогі	2
<i>Matricaria perforata</i> Merat	Ромашка продірявлена	2
<i>Saponaria officinalis</i> L.	Мильнянка лікарська	2
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	Суріпиця звичайна	2
<i>Barbarea arcuata</i> Reichenb.	Суріпиця дуговидна	2
<i>Malva pusilla</i> Smith.	Калачики маленькі	2
<i>Chelidonium majus</i> L.	Чистотіл великий	2
<i>Cichorium intybus</i> L.	Цикорій дикий	2
<i>Centaurea cyanus</i> L.	Волошка синя	2
<i>Melilotus albus</i> Medik.	Буркун білий	2
<i>Solanum nigrum</i> L.	Паслін чорний	2
<i>Vicia cracca</i> L.	Горошок мишачий	2
<i>Hyoscyamus niger</i> L.	Блекота чорна	2
<i>Achillea submillefolium</i> Klok.et Krytzka	Деревій майже звичайний	2
<i>Mentha arvensis</i> L.	М'ята польова	2
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Гірчиця польова	2
<i>Echium vulgare</i> L.	Синяк звичайний	2
<i>Silene vulgaris</i> (Moench)	Смілка звичайна	2
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Чина лучна	2
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Пижмо звичайне	2
<i>Chenopodium album</i> L.	Лобода біла	3
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Подорожник ланцетолистий	3
<i>Antirrhinum majus</i> L.	Ротики садові	3
<i>Potentilla reptans</i> L.	Перстач повзучий	3
<i>Medicago sativa</i> L.	Люцерна посівна	3



1	2	3
<i>Medicago lupulina</i> L.	Люцерна хмелевидна	3
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	Гикавка сіра	3
<i>Daucus carota</i> L.	Морква дика	3
<i>Castanea vulgaris</i> Lam.	Каштан кінський	3
<i>Consolida regalis</i> S.F.Gray	Сокирки польові	3
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	Буркун лікарський	3
<i>Verbascum phlomoides</i> L.	Дивина лікарська	3
<i>Crepis tectorum</i> L.	Скереда покрівельна	3
<i>Trifolium pratense</i> L.	Конюшина лугова	3
<i>Lotus arvensis</i> Pers.	Лядвенець польовий	4
<i>Trifolium repens</i> L.	Конюшина повзуча	4
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Мак дикий	4
<i>Reseda lutea</i> L.	Резеда жовта	4
<i>Petunia hybrida</i> hort.	Петунія гібридна	4
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Біла акація	5
<i>Elytrigia repens</i> L.	Пирій повзучий	5
<i>Iris pallida</i> Lam.	Півники бліді	5

Таблиця 3.6 – Характеристика фітоіндикаторів різних груп стійкості за тестом «Стерильність пилку індикаторних рослин»

№ групи	Характеристика групи стійкості (чутливості)	Стерильність пилку, %	
		$P_{комф} \pm m$	$P_{срп} \pm m$
1	Високостійкі	0,2±0,14	10,0±0,95
2	Стійкі	0,5±0,22	20,0±1,26
3	Середньостійкі	1,0±0,30	30,0±1,45
4	Чутливі	1,5±0,38	40,0±1,55
5	Високочутливі	2,0±0,44	50,0±1,58

Оцінка токсико-мутагенного фону ґрунтів та водних джерел здійснюється за допомогою тестів «Мітотичний індекс» та «Частота аберантних хромосом» у клітинах кореневої меристеми індикаторів, серед яких найчастіше використовують *Allium cepa* L.

На зразках ґрунту або водних джерел проводять пророщування насіння цибулі на фільтрувальному папері в чашках Петрі при температурі 25 °С, в умовах термостата. В чашку Петрі на фільтрувальний папір насилають 1 г висушеного та подрібненого ґрунту, який зволожують 5 мл дистильованої води та висаджують по 50 насінин індикаторної рослини. Через кожні шість годин проводять провітрювання. Дослід триває 72 години. Для контролю використовують дистильовану воду.

При появі первинних корінців довжиною 7–9 мм їх фіксують в ацетоалкоголі за Карнуа протягом години, а потім переносять для зберігання у 70%-й етанол.

Фарбування препаратів проводять реактивом Шифа за Фельгеном. Для приготування реактиву Шифа 1 г основного фуксину для фуксиносірчистої кислоти розчиняють у 200 мл киплячої води, охолоджують до 50 °С та додають 20 мл 1 н. соляної кислоти, охолоджують до 25 °С, додають 1 г сухого метабісульфіту натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) і виливають у герметичну колбу. Через добу рідина знебарвлюється та має слабкожовтий колір.

Фарбування за Фельгеном передбачає попередній гарячий гідроліз біооб'єктів у 1 н.  $\text{HCl}$  з температурою 60 °С протягом 6–8 хвилин та фарбування реактивом Шифа 0,5–1,5 години. Після забарвлення мазки проводять через три порції сірчаних вод з тривалістю 5–10 хвилин у кожній, промивають у проточній воді та підсушують.

Цитологічні препарати готують з кінчиків корінців довжиною 1 мм (меристем), поміщених у краплю 45%-ї оцтової кислоти. Препарат накривають покривним склом, роздавлюють меристеми до отримання моношару клітин. Кінці покривного скла заливають розплавленим парафіном. Приготовлений таким чином препарат використовують для мікроскопічного аналізу зі збільшенням  $7\times 60$  та  $15\times 90$ .

На цитологічних препаратах враховують усі фігури мітозу: профазу, метафазу, анафазу, телофазу, що зустрічаються серед 5–6 тисяч переглянутих меристематичних клітин.

Величину мітотичного індексу ( $MI \pm \alpha$ ) визначають як відношення кількості клітин, що діляться, до загальної кількості переглянутих меристематичних клітин та виражають у промілі:

$$MI = \frac{m}{n} \cdot 1000,$$

де  $n$  – кількість досліджуваних клітин;

$m$  – кількість клітин, що діляться.

Абсолютний розкид  $\alpha$  визначається, виходячи з величини відносної помилки  $A$  за формулою:

$$\alpha = MI \cdot A, \%$$

Величина відносної помилки  $A$  визначається за формулою:

$$A = 1,385 \sqrt{\frac{2(n-m)}{n \cdot m}},$$

де 1,385 – коефіцієнт при вимірах більше 100.

Зниження мітотичного індексу в порівнянні з контролем вважається результатом загальнотоксичної дії забруднювачів ґрунтів та водних джерел.

На цих же препаратах ураховують клітини з аберантними (патологічними) хромосомами. Частота появи патологічних фігур мітозу виражається у відсотках від клітин, що поділяються, а частота патологічних анафаз і телофаз – від переглянутих аналогічних фаз мітозу (не менш 200).

Загальну частоту аберантних хромосом ( $A_{xp} \pm S$ ) визначають у відсотках за формулою:

$$A_{xp} = \frac{G}{m} \cdot 100 ,$$

де  $G$  – кількість аберантних клітин;  $m$  – кількість клітин, що діляться.

Аберантність анафаз і телофаз  $A_{фаз}$  визначають аналогічно попередньому:

$$A_{фаз} = \frac{G'}{m'} \cdot 100 , \%$$

де  $G'$  – кількість аберантних ана- та телофаз;

$m'$  – загальна кількість ана- та телофаз (не менш 200).

Помилка загальної кількості аберантних хромосом  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{A_{xp} \cdot (100 - A_{xp})}{m}} , \%$$

За зростанням кількості патологічних фігур мітозу у порівнянні з контролем судять про збільшення мутагенності ґрунтів або водних джерел.

**Оцінка мутагенності території за «Мікроядерним тестом».** Для оцінки мутагенності території в цілому використовують тест «Частота епітеліоцитів з мікроядрами в слизовій оболонці ротової порожнини дітей дошкільного віку» (далі МЯ-тест), а також в клітинах еритроцитів периферійної крові тварин.

Кількість клітин з мікроядрами характеризує ступінь забруднення навколишнього середовища мутагенами, оскільки мікроядра утворюються як результат патологічного мітозу.

Для аналізу частоти появи клітин з мікроядрами відбирають мазки епітеліоцитів зі слизової оболонки ротової порожнини та проводять первинну фіксацію у 96%-му етанолі. У лабораторних умовах досліджувані мазки фіксують в ацетоалкоголі за Карнуа протягом години та фарбують реактивом Шифа за Фельгеном.

Мазки аналізують за допомогою біологічного мікроскопу при збільшенні в  $7 \times 60$ ;  $15 \times 90$ . При визначенні частоти появи клітин з мікроядрами враховують їхню кількість і відносять до загальної кількості переглянутих клітин. У кожному варіанті аналізують не менше 1000 клітин.

Мікроядерний індекс  $МЯ$  розраховують за частотою появи клітин з мікроядрами, тобто

$$МЯ = \frac{n}{m} ,$$

де  $n$  – кількість клітин з мікроядрами;

$m$  – загальна кількість проаналізованих клітин.

Потім обчислюють показник абсолютного розкиду даних, виходячи з величини відносної помилки, яку визначають так:

$$A = 1,385 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (n - m)}{n \cdot m}},$$

де А – відносна помилка;

1,385 – коефіцієнт при кількості вимірів більше 100.

Абсолютний розкид даних  $\alpha$  визначають за формулою:

$$\alpha = A \cdot M\bar{A}.$$

Кінцевий результат мікроядерного тестування має такий вигляд: ( $M\bar{A} \pm \alpha$ ).

Зручними об'єктами у цитогенетичному моніторингу екологічного стану суходолу є ящірки та жаби. Для оцінки стану водойм є представники хребетних тварин: костисті риби – плотва (*Rutilus rutilus* L.), карась срібний (*Carassius gibelio* Block), амфібії – жаба озерна (*Rana ridibunda* Pall.), жаба ставкова (*Rana esculenta* L.), жаба гостромордна (*Rana terrestris* Andr.). Вони є кінцевою ланкою трофічного ланцюга водойм, акумулюють різні токсиканти у своєму організмі і постійно піддаються дії поллютантів, розчинених у воді. Слід зазначити, що безхвості амфібії можуть служити для цілей моніторингу генетичних наслідків забруднення як водного, так і наземного середовища.

У біоіндикаторних тварин (ящірки, жаби, риби прісноводні й морські) мікроядерні фрагменти досліджувалися в клітинах еритроцитів. Цитологічні препарати з периферичної крові ящірок виготовляли в момент примусового відділення хвоста, а у амфібій – в результаті надсикання носової частини голови. Фіксація мазків проводилася в оцтовому алкоголі (3:1) протягом однієї години. Зафарблювали препарати ацетоарсеїном або реактивом Шифа за Фельгеном. Відбір біопроб здійснюється у весняно-осінній період.

**Оцінка токсичності об'єктів довкілля за допомогою «Ростового фітотесту».** Токсичність атмосферного повітря визначають шляхом вимірювання величин річного приросту гілок минулого року деревинних рослин, які зростають на досліджуваній та контрольних територіях.

Ростовий фітотест використовують для визначення токсичності різних субстратів: ґрунтів, водних джерел, мулу, відходів та ін. Цей тест можна використовувати в різних варіантах:

- пророщування насіння рослин на досліджуваних зразках субстратів;
- полив рослин досліджуваними рідинами при вирощуванні їх на піску або ґрунтовому субстраті;
- водна культура рослин на природних, питних, стічних водах, витяжках з ґрунтів, відходів тощо;
- рулонна культура – насіння індикаторів розкладають на вологий папір, який скручують у рулон та ставлять у колбу з досліджуваною рідиною.

Як тест-культури можна використовувати рослини *Allium* сера L., *Raparus sativus* L., *Triticum durum* L. тощо. При дослідженні токсичності ґрунту в кожному з експериментальних посудин вносять по 100 г субстрату, зволоженого до 70% від повної вологоємності і висаджують 15–20 пророслих насінин тест-культури. Дослідження проводять не менше, ніж у трьох повтореннях.

При дослідженні якості проб води і водних витяжок лабораторні склянки заповнюють досліджуваною рідиною (250–500 мл). Насіння індикаторної культури вирощують на спеціальних кільцях, обтягнутих марлею, які плавають на поверхні (15–20 насінин на кожному кільці). Для цього випадку найбільш придатні культури з крупним насінням. Досліди проводять в умовах фітотрона, в якому регулюють світлові та температурні режими.

Через 2 тижні проводять виміри довжини кореневої і стеблової систем, визначають вологу та суху масу паростків.

Тестування зразків ґрунту та води можна також проводити в умовах термостата при  $t = 25^{\circ}\text{C}$ , у чашках Петрі, на фільтрувальному папері, на якому розміщують 30–50 насінин тест-культури, які заливають 5–7 мл досліджуваної рідини. Якщо досліджують ґрунт, то у чашках на папері розміщують 1 г дрібненого ґрунту та заливають 5–7 мл вистояної кип'яченої водопровідної води. Найбільш зручними культурами є рослини з дрібним насінням. Через 48–96 годин виміряють довжини кореневої і стеблової систем, визначають вологу та сиру масу паростків.

Для кожного з досліджуваних варіантів обчислюють середню довжину надземної і кореневої систем ( $\bar{x} \pm m$ ), де  $m$  – помилка середнього арифметичного, яку визначають так:

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}},$$

де  $N$  – кількість результатів;  $\sigma^2$  – дисперсія, яку визначають за виразом:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}.$$

Достовірність різниці середніх арифметичних  $t$  розраховується за критерієм Стьюдента-Фішера

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

де  $\bar{x}_1$  – середнє арифметичне значення показника в контрольному досліді;

$\bar{x}_2$  – середнє арифметичне значення показника у досліджуваному варіанті;

$m_1$  – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;

$m_2$  – те ж у досліджуваному варіанті.

Фітотоксичний ефект ( $\Phi E$ ) визначають у відсотках від маси рослин, довжини кореневої або стеблової системи, кількості ушкоджених рослин або кількості сходів. Виходячи з кількості рослинної маси, що утворилася, фітотоксичний ефект розраховують так:

$$\Phi E = \frac{M_o - M_x}{M_o} \cdot 100 ,$$

де  $M_o$  – маса рослин у посудині з контрольним ґрунтом (водою);

$M_x$  – маса рослин у посудині з досліджуваним ґрунтом (водою).

**Методика розрахунку умовних показників ушкодження стану навколишнього середовища за токсико-мутагенним фоном.** У зв'язку з тим, що всі біоіндикаційні показники мають свої одиниці виміру, необхідно привести їх в єдину безрозмірну систему умовних показників ушкодженості (УПУ) біосистем. Це дасть можливість виконати інтегральну оцінку стану довкілля за токсико-мутагенним фоном. Умовний показник ушкодженості біоіндикаторів визначають за формулою

$$УПУ_i = \frac{P_{реал} - P_{комф}}{P_{крит} - P_{комф}}$$

де  $P_{комф}$  і  $P_{крит}$  – експериментально встановлені значення біопараметра в комфортних та критичних умовах відповідно;

$P_{реал}$  – реальне значення біопараметра в досліджуваному варіанті.

Абсолютна різниця  $|P_{крит} - P_{комф}|$  дає уявлення про амплітуду зміни чисельного значення параметра під впливом шкідливих факторів навколишнього середовища. Визначаючи реальне значення біопараметра на досліджуваній території  $P_{реал}$  та, знаючи величини  $P_{комф}$  і  $P_{крит}$ , можна оцінити ступінь зміни параметра під впливом несприятливих факторів. Так, різниця  $|P_{реал} - P_{комф}|$  дає уяву про ступінь порушення біопараметра під впливом шкідливих факторів.

Оскільки стан об'єктів навколишнього середовища характеризується набором ознак, їх можна охарактеризувати інтегральним показником

$$IУПУ_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n УПУ_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \frac{|P_{реал} - P_{комф}|}{|P_{крит} - P_{комф}|} \right]_i ,$$

де  $IУПУ_i$  –  $i$ -й ( $i = 1, \dots, n$ ) інтегральний умовний показник ушкодженості стану навколишнього середовища;

$P_{комф}$ ,  $P_{крит}$ ,  $P_{реал}$  – відповідно, комфортне, критичне і реальне значення  $i$ -го показника.

Значення умовних показників ушкодженості (УПУ та IУПУ) змінюються в межах від 0 (комфортні для життєдіяльності умови) до 1 (критичні умови). Для оцінки рівня ушкодженості об'єктів довкілля пропонується використовувати єдину уніфіковану шкалу (табл. 3.7).

Згідно з уніфікованою вимірною шкалою за цитогенетичними показниками можна оцінити стан як окремих об'єктів довкілля, так і стан навколишнього середовища в цілому за токсико-мутагенним фоном.

Таблиця 3.7 – Шкала оцінки стану об'єктів навколишнього середовища за токсико-мутагенним фоном

Діапазон чисельних значень показників ушкодженості	Рівень ушкодженості біосистем	Стан біосистем	Оцінка екологічної ситуації
0,000 ÷ 0,200	низький	сприятливий	еталонна
0,201 ÷ 0,400	нижче за середній	насторожуючий	задовільна
0,401 ÷ 0,600	середній	конфліктний	незадовільна
0,601 ÷ 0,800	вище за середній	загрозливий	незадовільна
0,801 ÷ 1,000	високий	критичний	катастрофічна

За нормативні значення ушкодженості для всіх біопараметрів, що відповідають умовам стійкого розвитку території, приймають 30%-й рівень (тобто  $УПУ_{норм} = 0,300$ ), який знаходиться в межах гомеостазу біосистем та при якому можливе їх відновлення після припинення дії негативних факторів. Для більш точних оцінок вводять коефіцієнти значущості для кожної зі складових системи. Більші коефіцієнти встановлюють для найбільш чутливих до дії несприятливих факторів навколишнього середовища параметрів. З формули визначення УПУ обчислюють нормативні значення  $П_{норм}$  для кожного показника при  $УПУ=0,300$ :

$$P_{норм} = 0,3 \cdot (P_{крит} - P_{комф}) + P_{комф} .$$

Нормативні, комфортні та критичні значення цитогенетичних показників, що їх використовують у біологічному моніторингу навколишнього природного середовища, наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Нормативні, комфортні та критичні значення цитогенетичних параметрів біоіндикаторів

Індикатор	Біотест	$P_{комф}$	$P_{крит}$	$P_{норм}$
Вищі рослини	Стерильність пилку, %			
Групи стійкості				
1 – Високостійкі		0,2	10,0	3,14±0,55
2 – Стійкі		0,5	20,0	6,35±0,7
3 – Середньостійкі		1,0	30,0	9,7±0,94
4 – Чутливі		1,5	40,0	13,05±1,06
5 – Високочутливі		2,0	50,0	16,4±1,17
Allium-тест	Мітотичний індекс, ‰	140,0	50,0	113,0±11,3
	Частота аберантних хромосом, %	2,0	20,0	7,4±0,83
Мікроядерний тест	Частота клітин з мікроядрами в соматичних клітинах біоіндикаторів	0,01	0,180	0,048±0,005

Інтегральний показник, що характеризує стан довкілля за загальним токсико-мутагенним фоном обчислюється за формулою:

$$IУПУ_{\text{біоінд}} = \frac{1}{3} (IУПУ_1 + IУПУ_2 + IУПУ_3),$$

де  $IУПУ_1$ ,  $IУПУ_2$ ,  $IУПУ_3$  – інтегральні показники біоіндикації стану атмосфери, гідросфери та педосфери відповідно.

### 3.7. Моніторинг лісових екосистем

Україна не належить до найбільш залісених країн Європи – вкриті лісом території займають біля 15% загальної площі. Загальна площа земель лісогосподарського призначення та лісів на інших категоріях земель становить 10,8 млн. га, з них 9,5 млн. га вкриті лісовою рослинністю. Лісистість території України становить 15,7%, а лісистість за площею суходолу – 16,4%. За науковими висновками, оптимальна лісистість повинна дорівнювати 20%, для її досягнення необхідно створити понад 2 млн. га нових лісів. Площа зелених насаджень усіх видів у межах територій міст та інших населених пунктів України становить 532 тис. га, із них насаджень загального користування 144 тис. га, що порівняно з даними моніторингу за 2006 рік вказує на приріст 44 тис. га. Найбільше зростання зелених насаджень у Луганській області – на 21 тис. га порівняно з 2006 роком. На одну тисячу мешканців України припадає 15,0 га зелених насаджень. Площа зелених насаджень загального користування становить 144 тис. га, на одну тисячу населення їх припадає 2,6 га (*Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році, Мінприроди*).

Ліси відіграють суттєву роль в економіці держави як джерело деревини та недеревних продуктів (грибів, ягід, живиці, сіна, мисливської фауни тощо), рекреаційних послуг.

Ліс є складною системою, де взаємодіють найрізноманітніші рослини і тваринні угруповання. Проте найістотнішою його ознакою є деревостан, від характеристик і стану якого значною мірою залежить функціонування всіх інших складових частин лісової екосистеми.

Перш за все, ліси є відновним природним ресурсом, тому слід відслідковувати, аналізувати і прогнозувати напрямки змін в запасі деревини, її прирості, чисельності лісових звірів чи інших об'єктів заготівлі, в лісових рекреаційних ресурсах, в природоохоронних та біосферно стабілізуючих функціях лісу.

З іншого боку, біота лісової екосистеми є чутливим індикатором наявності забруднень і за її реакцією можна судити про стан довкілля регіону. Так вічнозелені хвойні ліси, накопичуючи за кілька років полютанти в асиміляційному апараті, змінюють густоту та колір крони. В забруднених районах відсутні багато видів лишайників. Лісова фауна, розташована на вершині трофічної піраміди, накопичує в собі важкі



метали, пестициди, радіонукліди. Тому в лісовому моніторингу поєднуються завдання і методи біотичного моніторингу.

Моніторинг показників біологічного різноманіття здійснюється Держкомлісгоспом тільки за видами, які становлять промисловий інтерес (дерева, риба, дичина).

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році підприємства Держкомлісгоспу проводили моніторинг лісової рослинності на 1551 ділянці у 24 областях країни. Здійснюється оцінка біомаси, пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, мисливської фауни, біорізноманіття, радіологічні визначення. Крім того, деякі дослідження здійснюються в рамках міжнародних програм за результатом надання міжнародної фінансової та технічної допомоги.

Екологічний моніторинг лісів в Україні здійснюється в рамках міжнародної програми моніторингу лісів ICP Forest (з 1986 року) та відповідно до «Положення про державну систему моніторингу довкілля».

*Міжнародна програма ICP Forest.* Виконавча комісія Конвенції з широкомасштабного забруднення повітря в червні 1985 р. організувала Міжнародну об'єднану програму оцінювання і моніторингу впливу забруднення повітря на ліси (ICP Forest), яка включає підготовку загальної методики робіт і фінансується переважно Програмою ООН (UNEP).

Основним завданням програми ICP Forest є поглиблення знань про причинно-наслідкові зв'язки між забрудненням повітря і станом лісів на основі тривалого широкомасштабного їх моніторингу. Отже в рамках цієї програми збирається інформація про просторові і часові зміни стану лісів на загальноєвропейському рівні і одночасно покращується розуміння причин погіршення стану лісів.

Як основні структурні одиниці ICP Forest були створені національні центри (NFCs), функції яких виконували дослідні інститути чи лабораторії країн-учасниць. В Україні таким центром є Український науково-дослідний інститут лісового господарства і агролісомеліорації (УкрНДЛІГА), розташований у місті Харкові. Національні центри організовують збирання та синтез даних моніторингу за узгодженими методиками; гарантують якість зібраних даних, організовують польові тренування фахівців тощо.

Національні центри подають інформацію в узгодженому форматі у Західний координаційний центр Федерального дослідницького центру лісового господарства і лісової промисловості (BFH), м. Гамбург, Німеччина.

*Рівні інтенсивності загальноєвропейського моніторингу лісів.* Моніторинг європейських лісів, через фінансові причини, не може повсюдно здійснюватися з високою інтенсивністю, і під час масових спостережень є можливість оцінити лише невелику кількість параметрів.

Одночасно встановлення причинно-наслідкових зв'язків вимагає проведення досить детальних досліджень. Тому в ICP Forest було визначено три рівні інтенсивності моніторингу, які в сукупності дозволяли в певній мірі вирішувати дану проблему:

*Рівень 1. Широкомасштабний моніторинг.* Його завданням є на основі невеликої кількості показників отримати результати, що характеризують зміну стану лісів в просторі і часі. На цьому рівні отримують інформацію про просторові і часові зміни стану лісів в окремих країнах і в цілому в Європі. При цьому визначається широкомасштабний вплив на ліси глобального забруднення повітря.

*Рівень 2. Інтенсивний моніторинг.* Служить для виявлення факторів і процесів, що впливають на найбільш розповсюджені лісові екосистеми. Особлива увага при цьому приділяється атмосферним забруднювачам. Дослідження здійснюються на невеликих постійних, суб'єктивно вибраних ділянках (переважно неподалік від метеостанцій, що здійснюють контроль трансграничного перенесення полутантів). Роботи на другому рівні моніторингу передбачають отримання і оцінювання інформації про вплив забруднювачів повітря та інших шкідливих факторів на стан різних типів лісових екосистем в кожній з країн-учасниць. При цьому вноситься вклад у визначення критичних навантажень та розуміння причинно-наслідкових зв'язків між станом окремого дерева, забрудненням атмосфери і іншими факторами, які можуть впливати на стан лісу в цілому.

Результати моніторингу на 1-му рівні, особливо з даними досліджень 2-го рівня, можуть служити основою для прийняття політичних рішень в галузі охорони довкілля.

*Рівень 3. Спеціальний аналіз лісових екосистем.* Метою даних досліджень є глибоке розуміння причинно-наслідкових зв'язків з поглибленим вивченням впливів на ліс забруднювачів повітря. Дослідження проводяться з високою інтенсивністю на небагатьох постійних лісоекологічних стаціонарах з метою детального вивчення складних взаємовідносин між всіма компонентами екосистеми.

В Україні закладання ділянок моніторингу лісів 1-го рівня та пробних площ 2-го рівня почалось у 1989 році. Площі для інтенсивного моніторингу закладені неподалік метеостанцій контролю транскордонного перенесення забруднювачів біля м. Берегово в дубових насадженнях різного віку та біля м. Рава Руська в соснових лісах.

Сьогодні найбільш розповсюдженими в кожній країні є роботи на першому рівні моніторингу. Моніторинг на третьому рівні здійснюється переважно в контексті певних наукових досліджень і в зведених матеріалах ICP Forest не відображається.

*Роботи на першому рівні моніторингу* ведуться на дослідних ділянках, що розташовані у вузлах мережі 16×16 км, які підбираються на

основі відповідних координатних мереж. При цьому розрізняють міжнародні і національні дослідження.

Національні дослідження мають на меті відобразити зміни стану лісів в конкретній країні, тому вони здійснюються на основі національної мережі пробних ділянок. Густина їх різна, бо різні площі вкритих лісом територій, структура лісів і характер політики в галузі лісових ресурсів.

*Вибір ділянки для проведення моніторингу лісів 1-го рівня.* Після визначення координат ділянки оцінюється її придатність для моніторингових робіт за такими критеріями:

- точка повинна бути на території, вкритій лісом, ліс навколо неї повинен займати площу не менше 1 га;
- слід уникати деревостанів нижче V класу бонітету та рідколісь;
- ділянка повинна знаходитися в одному лісотаксаційному виділі;
- точка повинна бути віддалена від узлісся на 50 м.

Якщо точка не може бути вибрана, бо її положення не відповідає цим критеріям, то її можна перемістити на відстань до 500 м. Щоб уникнути суб'єктивності при перенесенні точок на карту накладають сітку, побудовану на основі випадкових чисел, або спіральну палетку. Для національних досліджень передбачена можливість в кожній країні вибирати свою мережу моніторингу, проте дотримуватися міжнародних принципів статистичної обробки.

На практиці винесення точок в природу відбувається таким чином: встановивши на карті місце розташування точки, визначають якому лісгосподарському підприємству належать дані ліси і записують лісництво, квартал і виділ. Визначивши центр ділянки (ним є дерево, на яке фарбою наноситься замкнута смуга), закладають чотири кругові підділянки. Для цього від центра відступають на 25 м за сторонами світу і встановлюють в землю стовпчики. Від кожного стовпчика з дерев першого ярусу відбирають 6 найближче розташованих (облікових) дерев. Дерев повинні бути без суттєвих механічних пошкоджень і належати до I-III класів Крафта. Таким чином, для оцінювання підбирається 24 дерева, які також відповідно маркуються. Для кожного з них визначається азимут та відстань від центрального дерева. Ділянки мають свій номер і координати. Для кожної з них при закладанні заносяться в спеціальні формуляри (макети) загальні відомості за встановленим переліком.

Власне моніторингові роботи на 1-му рівні включають в себе візуальне оцінювання стану крони облікових дерев – їх дефоліації, дехромації, щільності, видимих пошкоджень стовбура та факультативно – збір і аналіз зразків ґрунту, хвої та листя.

### **3.8. Агроекологічний моніторинг**

Агроекологічний моніторинг є важливою складовою загальнодержавної системи моніторингу і має на меті забезпечення

спостережень за станом агроєкосистем у процесі інтенсивної сільськогосподарської діяльності.

До завдань агроєкологічного моніторингу входять:

- організація спостережень за станом агроєкосистем;
- отримання та оцінювання системної інформації за регламентованим набором показників, що характеризують стан основних компонентів агроєкосистеми;
- прогнозування можливих змін стану агроєкосистеми в найближчій чи віддаленій перспективі;
- розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації ефективності агроєкосистем, а також для попередження екстремальних ситуацій та обґрунтування шляхів виходу з них.

Агроєкологічний моніторинг має бути комплексним, неперервним і системним.

*Комплексність* агроєкологічного моніторингу передбачає одночасні спостереження за основними групами показників, що відображають особливості агроєкосистем – це показники ранньої діагностики змін, а також ряд показників, що характеризують коротко- і довготермінові зміни.

*Неперервність* моніторингу передбачає періодичність спостережень за кожним показником з урахуванням можливих темпів та інтенсивності їхніх змін.

*Системність* моніторингу полягає в одночасному дослідженні всіх компонентів системи: атмосфера-грунт-вода-рослина-тварина-людина за гідрометеорологічними, агрохімічними та мікробіологічними показниками.

В агроєкологічному моніторингу виділяють дві взаємопов'язані інформаційні підсистеми – наукову і виробничу. Науковою базою є полігонний агроєкологічний моніторинг, який здійснюється на ділянках довготривалих дослідів, постійних ділянках спостережень і реперних точках. При відповідному оснащенні сучасним інструментальним обладнанням наукова підсистема дозволяє проводити фундаментальні дослідження з широкого спектра агроєкологічних питань.

Виробнича підсистема включає суцільний моніторинг всіх сільськогосподарських площ за порівняно невеликим набором показників з періодичністю 5-15 років.

Використання як полігонів опорних господарств, спрямованих на екологічне та агрохімічне оцінювання, дає змогу оцінити рівень насиченості ґрунтів органічними і мінеральними добривами, інтенсивність використання хімічних засобів захисту рослин, стимуляторів росту, меліорантів тощо.

Агроєкологічний моніторинг повинен охоплювати весь спектр систем землеробства, зокрема:

- з *інтенсивним землеробством*, що забезпечує максимальну для даних умов продуктивність сівозмін на основі використання прогресивних

- (зокрема, інтенсивних) технологій обробітку ґрунту та догляду за сільськогосподарськими культурами (1-й рівень продуктивності);
- з використанням *інтегрованих систем* добрив і засобів захисту рослин, що забезпечують високу продуктивність на основі низьких та середніх доз добрив і «м'яких» способів хімічного захисту рослин з урахуванням екологічних порогів шкідливості (2-й рівень продуктивності);
  - з *біологічним способом* ведення землеробства (використання лише органічних добрив, проміжних культур, заорювання соломи тощо) при використанні сівозмін з достатнім вмістом бобових, на основі біологічної і агротехнічної систем захисту рослин (3-й рівень продуктивності);
  - з *екстенсивним способом* ведення землеробства, що відображає сучасну природну родючість ґрунтів даної зони (4-й рівень продуктивності).

*Локальний* агроекологічний моніторинг проводять у виробничих умовах на площах дослідно-показових і базових господарств, розташованих в основних ґрунтово-кліматичних регіонах України, і він включає:

- систематичні спостереження за станом агроєкосистем під впливом інтенсивного застосування засобів хімізації;
- оцінювання і прогнозування змін стану агроєкосистем в залежності від техногенного навантаження;
- вивчення і оцінювання високоефективних екологічно безпечних технологічних прийомів у землеробстві і розробка заходів з їх широкого застосування у виробничих умовах.

У системі локального агроекологічного моніторингу, як правило, проходять випробування основні технологічні рішення, отримані на полігонних об'єктах.

*Суцільний* агроекологічний моніторинг здійснюють установи «Агрохімслужби», які періодично (через 5-15 років) обстежують ґрунтове середовище України (рН, вміст гумусу, еродованість, засоленість, вміст активних форм азоту, фосфору і калію). За даними цих обстежень складають ґрунтові та агрохімічні описи, в яких дають всебічну характеристику землекористування господарств та рекомендації з його поліпшення. Складають також карти і картограми. При проведенні таких обстежень виявляють антропогенні, ерозійні та інші зміни властивостей ґрунтів і стану ґрунтового покриву.

При суцільному агроекологічному моніторингу передбачають також щорічне комплексне мінеральне живлення на основних етапах органогенезу.

Для проведення моніторингу на типових за ґрунтовим покривом полях з різною інтенсивністю хімічних навантажень виділяють стаціонарні ділянки (реперні майданчики), на яких вивчають динаміку широкого

набору показників, що є основою для подальшого екологічного оцінювання технологій, що застосовуються. Фонові майданчики організовують на найближчих ґрунтових аналогах, що не зазнають антропогенного впливу (цілина, перелоги, природні угіддя). Перспективним напрямом суцільного агроекологічного моніторингу вважається дистанційна аерокосмічна зйомка.

*Програма агроекологічного моніторингу* передбачає:

- визначення втрат ґрунту за рахунок водної і вітрової ерозії (дефляції);
- визначення кислотності, лужності та водно-сольового балансу ґрунтів;
- виявлення регіонів з порушеним балансом основних елементів живлення рослин, зокрема, доступних форм азоту і фосфору;
- визначення рівнів забруднення ґрунтів важкими металами, пестицидами, детергентами і побутовими відходами.

Різноманіття природних умов і антропогенних чинників зумовлюють необхідність розробки диференційованих програм агроекологічного моніторингу.

Початковий етап (*перший рівень*) дозволяє оцінити стан ґрунтів і ґрунтового покриву, масштаби антропогенного впливу, спрямованість та інтенсивність розвитку негативних процесів і вибрати об'єкти для подальших досліджень.

Стаціонарна форма агроекологічного моніторингу агроекологічного моніторингу (*другий рівень*) реалізується за розширеною програмою комплексних досліджень параметрів ґрунтів, водно-сольових режимів і балансів, геохімічної міграції елементів, а також процесів, що протікають у ґрунтовому середовищі.

Скорочена форма (*третій рівень*) агроекологічного моніторингу реалізується за скороченою програмою в процесі маршрутних обстежень заздалегідь визначених ділянок або маршрутів (вибраних за тим же принципом, що і стаціонарні). При цьому основну увагу приділяють репрезентативним діагностичним показникам, що найбільш динамічно змінюються в часі (кислотність, окислювально-відновлювальний потенціал, щільність і структурний стан ґрунту, вбирна ємність тощо). Маршрутні обстеження просторово можуть бути прив'язані до стаціонарних ділянок або ж прокладені у самостійних напрямках.

Набір показників для еколого-токсикологічного оцінювання визначається з урахуванням ґрунтового-кліматичних характеристик регіону, можливостей забруднення агроекосистем викидами близько розташованих джерел забруднень (враховуються склад, обсяги і токсичність всіх інгредієнтів викидів), а також технології вирощування сільськогосподарських культур. Обов'язковим є проведення початкового хімічного аналізу стану поверхневих і ґрунтових вод, ґрунтів (зокрема, забруднення біогенними елементами та сполуками *Cl, P, Se, B, Dr, As, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>*; важкими металами *Be, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co, Mo, Ni, Hg, V, Sn*; залишками

пестицидів, бенз(а)піреном, діоксинами). При цьому використовують технологічні карти та архівні матеріали.

Показники вибирають, порівнюючи отримані результати з довідковими матеріалами, з подальшою *диференціацією* їх по групах:

- за показниками, що не перевищують нормальну концентрацію;
- за показниками, що не перевищують допустиму концентрацію;
- за показниками, що перевищують допустиму концентрацію.

Обов'язковою є також умова попереднього аналізу вод, ґрунтів і рослин на фоновій території (на достатньо великій ділянці не порушеного ландшафту). Площа фонової ділянки залежить від природно-кліматичних умов регіону – при достатній залісненості та низькому антропогенному впливі така площа може бути на рівні 1...1,5 га. У степових регіонах, особливо за наявності екологічно небезпечних підприємств, вказані площі повинні бути в 100-200 разів більшими.

Спостереження за накопиченням рослинами токсичних сполук і якістю рослинної продукції належить до найважливіших завдань агроекологічного моніторингу. Токсикологічна ж оцінка продукції рослинництва визначає еколого-економічну ефективність всього технологічного комплексу вирощування культурних рослин. Комплексна програма агроекологічного моніторингу передбачає обов'язковий облік цілого ряду уніфікованих показників, які дозволяють об'єктивно оцінювати дію різних чинників на якісний стан гумусу ґрунтів. Основні принципи цієї програми:

- на постійних пунктах спостережень (реперні майданчики) проводять контроль гумусного стану;
- повторні дослідження вмісту і запасів гумусу в ґрунтах проводять через 5...10 років (практично за період ротації сівозміни);
- вивчення фракційно-групового складу ґрунту і дослідження вмісту, запасів і якісних показників гумусу за всім органічним профілем;
- врахування врожаю основної і побічної продукції, кореневих і поживних решток, визначення рН, гідролітичної кислотності, вміст азоту в поглинальному комплексі, визначення біологічної активності ґрунтів тощо.

Своєрідним і унікальним природним індикатором антропогенного впливу на агроєкосистеми є гумусні сполуки ґрунтів, в яких замикаються і трансформуються біогеохімічні потоки речовини і енергії.

*Найбільш повну інформацію про гумусний стан* одержують при використанні сукупної системи структурно-статистичних діагностичних показників, встановлених на основі комплексу методів фізико-хімічного аналізу. Параметри деградації гумусових сполук доцільно подавати у вигляді відносних одиниць, оскільки абсолютні значення суттєво варіюють в залежності від типу ґрунту і його гранулометричного складу. При цьому,

за 100% приймають значення показників гумусових сполук на фонових ділянках недеградованих ґрунтів.

Отримані значення показників деградації необхідно корегувати з урахуванням ступеня деградації гумусових сполук, у залежності від гранулометричного складу ґрунту, шляхом введення поправкових коефіцієнтів.

Для однорічних бобових культур масу органічної речовини, загального і симбіотичного азоту, що надходять у ґрунт, *визначають щорічно* в кінці вегетації, а для багаторічних трав – в рік розчинення їх пласта.

До об'єктів агроекологічного моніторингу відносять вміст активного фосфору у ґрунті, який також є одним з найважливіших показників родючості, що визначає врожайність сільськогосподарських культур і ефективність дії добрив. Запас активних фосфатів (чинник ємності) для кожного типу ґрунту визначають стандартним методом. У системі агроекологічного моніторингу для розв'язання задач оптимізації живлення рослин часто застосовують методи біоіндикації, засновані на певній залежності хімічного складу рослин по фазах і періодах вегетації від кількісного і якісного складу добрив.

Очевидно, що еколого-агрохімічна оцінка фосфорних добрив повинна також включати інформацію про наявність у складі добрив небезпечних для навколишнього середовища домішок. Важкі метали, фтор та інші забруднювальні речовини необхідно визначати як в самих добривах, так і в ґрунті, і в рослинній продукції.

Враховуючи можливість забруднення доквілля, необхідний постійний контроль за якістю органічних добрив, вмістом в них токсичних речовин, а також контроль за накопиченням останніх в ґрунті і рослинах.

Для вивчення динаміки вмісту пестицидів у ґрунті і рослинах проби відбирають 3-4 рази за період вегетації. Перший раз – в день обробки (початковий вміст), а далі – через 3-5, 15-30 і 50-60 діб після обробки, а також при збиранні врожаю. Залишкові кількості пестицидів у ґрунті і рослинах визначають за стандартними методиками, затвердженими МОЗ і Держхімкомісією. Паралельно із залишковими кількостями пестицидів в рослинних зразках також досліджується вміст азотмістких токсикантів (нітрати, нітри́ти і нітросаміни), важких металів, фтору, миш'яку, хлору і ряду інших мікроелементів.

Важливе значення при здійсненні агроекологічного моніторингу надають визначенню рівня сумарної шкідливості рослинницької продукції. При цьому сумарну фітотоксичність ґрунту оцінюють, як правило, методом біоіндикації.

Найважливішими показниками якості ґрунту є біомаса мікроорганізмів, інтенсивність протікання біохімічних процесів, таксономічний склад і функціональна різноманітність мікрофлори. Тому



однією з першочергових задач агроекологічного моніторингу є оцінювання параметрів біологічної активності ґрунтів з різною родючістю і створення банків нормативної інформації, необхідної для оптимізації управління родючістю ґрунтів і охороною навколишнього середовища. Таке оцінювання проводять на основних типах ґрунтів у різних природно-кліматичних зонах.

Таким чином, *цілі мікробіологічних досліджень* в рамках агроекологічного моніторингу полягають в:

- отриманні інформації про основні параметри біологічних властивостей ґрунту;
- оцінюванні відповідності ґрунтів нормативним вимогам;
- прогнозуванні можливих шляхів еволюції ґрунтів під впливом агротехнічних заходів;
- підтримці управлінських рішень шляхом розробки рекомендацій щодо корегування агротехнічних прийомів для забезпечення розширеного відтворення ґрунтової родючості і високої продуктивності агроecosистем.

Комплексна інформація, що отримується в системі агроекологічного моніторингу, має досить складну структуру і включає широкий набір кількісних і якісних характеристик культурних рослин і середовища їх існування. Специфіка інформації, що отримується в рамках агроекологічного моніторингу, обумовлює доцільність формування двох баз даних: «Короткотермінові спостереження» і «Довготермінові спостереження». Кожна база даних повинна включати предметні розділи у вигляді каталогів і описів дослідів, матеріалів спостережень, а також мати паспорт сівозміни, первинну інформацію про ротації і поля сівозміни та агреговану інформацію.

Форма подання інформації, отриманої в системі агроекологічного моніторингу, повинна охоплювати найважливіші характеристики, бути максимально інформативною при мінімальному обсязі вихідних даних.

Система агроекологічного моніторингу повинна охоплювати весь агропромисловий комплекс, включаючи виробництво, переробку і зберігання продукції, матеріально-технічне обслуговування. Тільки при такому підході концепція екологізації сільського господарства може отримати реальну основу для практичної реалізації.

### **3.9. Соціально-екологічний моніторинг**

**Соціально-екологічний моніторинг** – це новий, дуже необхідний елемент в системі комплексного екологічного моніторингу, якому до останнього часу не приділялось належної уваги. Відповідно до положень Орхуської конвенції, яку Україна підписала у 1998 році, соціально-

екологічний моніторинг має зайняти належне йому чільне місце в цій системі.

Головними *об'єктами* соціально-екологічного моніторингу є:

- стан і динаміка екологічної безпеки на території держави;
- стан і динаміка розвитку екологічної освіти і культури населення;
- стан і динаміка змін соціально-економічних умов у регіонах і країні;
- стан і динаміка трудових ресурсів у межах досліджуваної території;
- стан і динаміка медико-екологічних умов проживання населення;
- стан і динаміка демографічних процесів на території досліджень;
- стан діяльності громадських екологічних організацій;
- стан екологічної політики і екологічного управління.

*Принципами* соціоекологічного моніторингу є:

*Комплексність* – одночасний контроль за всіма групами показників, які відображають найбільш суттєві особливості варіативності екосистем;

*Безперервність* – передбачає періодичність спостережень кожного соціально-екологічного показника з урахуванням можливих темпів і інтенсивності його змін;

1. *Єдність мети і завдань* досліджень, які проводяться різними фахівцями (грунтознавцями, мікробіологами, агрохіміками, гідрологами, агрометеорологами, соціологами, статистиками, педагогами і т. д.) за узгодженими програмами під єдиним науково-методичним обласним і районним керівництвом;

2. *Системність досліджень* – одночасне і послідовне дослідження всіх компонентів екосистеми: повітря-вода-грунт-рослина-тварина-людина;

3. *Достовірність досліджень* – передбачає точність просторового варіювання і супроводжується оцінюванням достовірності відмінностей;

4. *Одночасність* спостережень за системою об'єктів, розташованих в різних природних зонах.

Соціально-екологічний моніторинг має дві взаємопов'язані інформаційною базою підсистеми: **наукова і виробнича**.

Науковою базою підготовки вихідних даних для застосування технологічних рішень є полігонний соціоекологічний моніторинг. Він може здійснюватися на дослідних ділянках, «прив'язаних» до сільських чи міських населених пунктів і, за умови оснащення сучасними приладами, дозволить проводити фундаментальні дослідження в широкому діапазоні.

Виробнича система включає моніторинг всіх господарських площ району, області і країни за невеликим набором показників через 5...15 років, який дасть можливість отримати надійну систему строкових характеристик.

Єдина система соціально-екологічного агромоніторингу дозволяє зосередити зусилля різних організацій для всебічного спостереження і

подальшого оцінювання базових елементів урбо- і агроєкосистем, стану здоров'я населення, яке працює в різних галузях господарства.

Сьогодні соціально-екологічний моніторинг, разом із громадськими природоохоронними організаціями, може ефективно виконувати такі *функції*:

- підвищення ефективності і оперативності екологічного контролю та ефективності інформування населення про екологічний стан довкілля й надзвичайні ситуації;

- спостереження за об'єктами на місцях, які не досить повно вивчаються або зовсім не досліджуються у процесі державного чи регіонального моніторингу довкілля;

- ефективна допомога у розвиткові екологічної освіти, просвіти і культури;

- сприяння координації зусиль всіх верств населення, науковців, освітян, представників церкви, бізнесу для ефективного вирішення проблеми еколого-безпечного розвитку як «малих батьківщин», так і держави в цілому.

*Соціально-екологічний моніторинг населених пунктів.* Необхідність вдосконалення організаційних форм управління соціальною та екологічною сферами населених пунктів є особливо актуальним завданням при впровадженні принципів сталого розвитку та інтеграції України до ЄС.

Сучасна соціальна структура населеного пункту визначається розмірами і демографічною ситуацією, що диктує умови його розвитку або занепаду. В умовах сьогодення близько 70% населення України проживає в містах і прирівняних до них населених пунктах, а решта населення – в сільських населених пунктах. При цьому, майже 84% сільських населених пунктів – це дуже малі села із кількістю жителів від 10 до 200 осіб (вимираючі села), а 60% сільських населених пунктів з кількістю жителів до 1000 осіб є занепадаючими. Сільські населені пункти, що вимирають і занепадають, без державної підтримки (законодавчої, фінансової) практично приречені на зникнення.

Функція держави – створити відповідну законодавчу і нормативну базу для впровадження стратегій соціально- і еколого-економічного (сталого) розвитку всіх населених пунктів, а особливої уваги з боку держави потребує організація розвитку сільських населених пунктів.

**Вимоги до методів оцінювання соціоекологічних показників населених пунктів.** В умовах сьогодення концептуальна основа соціально-екологічного розвитку населеного пункту повинна базуватися на нових парадигмах з урахуванням, з одного боку, сучасних вимог до соціальної та екологічної політики держави, а з іншого – з урахуванням особливостей регіону і базових галузей господарства. На перший план при цьому повинні вийти соціально-екологічні критерії вибору стратегії

сталого розвитку суспільства та розробка індикаторів сталого розвитку, зокрема, сільських населених пунктів (СНП).

В загальному плані індикатори сталого розвитку СНП повинні орієнтуватися на довготривалі цілі і враховувати екологічну ємність середовища. При цьому індикатори сталого розвитку СНП повинні враховувати також зв'язки між економічними, екологічними і соціальними показниками. Конкретизація зв'язків між вказаними категоріями є найважливішим завданням при реалізації концепції сталого розвитку як на національному рівні, так і на рівні населеного пункту, зокрема сільськогосподарського. Соціально-економічні питання не можуть бути відокремлені від питань довкілля. Всі три категорії питань тісно пов'язані між собою, оскільки економіка існує повністю всередині суспільства, а для суспільства важливі не тільки економічні показники, але й людські взаємини, мистецтво, релігія тощо. Нарешті, само суспільство існує у навколишньому природному середовищі і суттєво впливає на його стан.

**Вимоги до екологічних показників сільських населених пунктів.** Санітарно-екологічний стан СНП повинен відповідати Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест».

Оцінювання сільських населених пунктів виконується згідно з «Тимчасовою інструкцією про порядок проведення оцінювання впливу на навколишнє середовище при розробці ТЕО (розрахунків і проектів будівництва господарських об'єктів і комплексів), зокрема шляхом визначення показників якості повітряного басейну, стану ґрунтів, якості поверхневих, підземних і ґрунтових вод.

Стан атмосферного повітря населених пунктів, зокрема СНП, визначається згідно з вимогами Закону України «Про охорону атмосферного повітря» та «Положення про державну систему моніторингу довкілля».

Стан водних ресурсів сільських населених пунктів регламентується Законами України «Про охорону навколишнього середовища» та «Водний Кодекс України», а також НТД 33-4759129-03-04-92 «Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України».

В межах населених пунктів виконується визначення санітарного стану води (збудники захворювання, бактеріальне число, вміст патогенів та ін.) та її хімічного складу з урахуванням «Методики з упорядкування водоохоронних зон річок України» і «Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами».

Санітарний стан ґрунтів території оцінюються за хімічними, бактеріологічними, гельмінозними та ентомологічними показниками за стандартом «Методические указания по оценке степени опасности

загрязнения почвы химическими веществами». Комплексне оцінювання здійснюється за гранично допустимими концентраціями (ГДК) хімічних речовин у ґрунті та показниками епідеміологічної небезпеки ґрунтів.

Забудова СНП повинна відповідати ДБН 5.2.4-3-95 «Державні будівельні норми України. Генеральні плани сільських підприємств» і Державним санітарним правилам планування та забудови населених пунктів.

Поєси зон санітарної охорони і санітарно-захисні зони тваринницьких комплексів повинні бути облаштовані згідно з ДБН 36.0-92. «Містобудування, планування і забудова міських і сільських поселень», СанПіН 01.3.003.93. «Планування і забудова населених місць України» та відповідати відомчим нормам технологічного проектування ВНТП-СГіП-46-9-94 «Склад, порядок розробки, погодження та затвердження ПКД на будівництво підприємств, будівель і споруд».

**Методи оцінювання екологічних показників сільських населених пунктів.** Оцінювання екологічного стану території СНП рекомендується проводити з урахуванням офіційно прийнятої методики оцінювання екологічного стану водозабірних басейнів малих річок України (НТД 33-4759129-03-04-92). При цьому комплексне оцінювання рівня антропогенного впливу враховує такі підсистеми (блоки) показників:

- *Поверхневі води суші* – рівень безповоротного водокористування; надходження стічних та забруднених вод до річкової мережі і фактичного використання річкового стоку; показники якості води – хімічного і біологічного забруднення (РК, ХСК, БСК<sub>5</sub>, концентрація завислих речовин, іонів амонію, нітритів, нітратів, фосфатів, фторидів, заліза, хлоридів, сульфатів), а також бактеріального забруднення (колі-індекс);

- *Ґрунтовий покрив* (в тому числі рослинність) – показники антропогенного впливу на земельні ресурси на території СНП (лісистість, ступінь природного вигляду, розораність, урбанізація і еродованість) та комплексні гігієнічні показники якості ґрунтів – санітарне число, санітарний стан ґрунту, бактеріальне забруднення;

- *Атмосферне повітря* – показники шкідливості підприємств, розташованих на території СНП;

- *Радіоактивне забруднення* – показники радіоактивного забруднення території СНП (радіонукліди у водному і ґрунтовому середовищі – цезій-137, стронцій-90, плутоній-239 і -240).

### 3.10. Особливості громадського екологічного моніторингу<sup>17</sup>

Практично не охопленими мережею спостережень державної системи моніторингу довкілля залишаються малі міста і численні населені

<sup>17</sup> Підрозділ підготовлено за матеріалами посібника: Как организовать общественный экологический мониторинг : руков. для общественных организаций / [под ред. к.х.н. М. В. Хотулевой / Е. А. Васильева, В. Н. Виниченко, Т. В. Гусева и др.]. — Волгоград-Экопресс : Электронная версия — ECOLOGIA и ЭКОЛАЙН. — 1998.

пункти, де розташована переважна більшість дифузних джерел забруднення. Моніторинг стану водного середовища, який проводиться, насамперед, Держгідрометеослужбою МНС, Держводгоспом, Санітарно-епідеміологічними станціями (СЕС) МОЗ, і, до деякої міри, держкоінспекціями (ДЕІ) Мінприроди та комунальними (водоканали) службами, не охоплює переважну більшість малих річок. У той же час відомо, що забруднення великих річок у значній частині обумовлено внеском розгалуженої мережі їхніх приток і господарською діяльністю у басейні водозбору. В умовах скорочення загальної кількості числа постів спостережень очевидно, що держава в даний час не має у своєму розпорядженні ресурсів для організації достатньо ефективної системи моніторингу стану малих річок.

В ідеальному випадку система *імпаکتного* моніторингу повинна накопичувати та аналізувати детальну інформацію про конкретні джерела забруднення і їхній вплив на навколишнє середовище. Але в сформованій в Україні системі дані про діяльність підприємств і про стан середовища в зоні їхнього впливу більшою мірою усереднені або формуються за даними самих підприємств. Стан навколишнього середовища досить повно описується лише у великих містах і промислових зонах.

Таким чином, в рамках мережі державного екологічного моніторингу відсутні всі необхідні передумови до організації мережі спостережень в цих місцях. Саме ці «білі плями» можуть (а часто і повинні) стати об'єктами громадського екологічного моніторингу. Практична орієнтація моніторингу, концентрація зусиль на місцевих проблемах у поєднанні з продуманою схемою і коректною інтерпретацією отриманих даних дозволяють ефективно використовувати наявні у громадськості ресурси. Крім того, ці особливості громадського моніторингу створюють серйозні передумови для організації конструктивного діалогу, спрямованого на консолідацію зусиль держави і громадськості.

Якщо розглянути класичну класифікацію видів екологічного моніторингу з погляду можливості участі громадськості, наприклад, через неурядові громадські організації (НГО), в кожному з цих видів, можна досить чітко визначити потребу в такій участі (табл. 3.9). При цьому далеко не всі задачі, що їх виконує екологічний моніторинг, доцільно ставити перед собою громадськості.

**Основна мета** громадського екологічного моніторингу полягає у підвищенні рівня доступності екологічної інформації для широкої громадськості.

Підвищення доступності інформації досягається шляхом одержання додаткових даних, які недоступні громадськості або яких не мають державні служби. Неурядові громадські організації (НГО) можуть також організувати додатковий узагальнений аналіз доступної інформації і

доводити її до широких мас з метою підвищення рівня поінформованості про якість і стан довкілля та ефективності управлінських заходів.

*Таблиця 3.9 – Класифікація видів моніторингу і можливості участі громадськості*

Види моніторингу	Об'єкти спостережень і оцінювання	Можливість участі громадськості
Моніторинг джерел впливу і відходів	Скиди, викиди, місця розміщення і видалення відходів, використання ресурсів і готової продукції	При правильній організації громадський екологічний моніторинг джерел впливу може виявитися дуже ефективним. Дорога і складна інструментальна база далеко не обов'язкова: багато задач можуть вирішуватися найпростішими методами, у тому числі і звичайними візуальними спостереженнями.
Моніторинг факторів впливу	Фізичні, хімічні, біологічні фактори впливу	Ефективність цього виду моніторингу також може бути досить велика. Звичайно, потрібно деяке обладнання. Вибір устаткування залежить від задач, що їх ставить перед собою група.
Моніторинг стану біосфери	Геофізичний моніторинг (атмосфера, океан, поверхня суші з річками й озерами); біологічний моніторинг (біота)	Деяке місце для громадських дій усе-таки є і тут, насамперед, у частині захисту біоти в зонах інтенсивного впливу. Однак у цілому ефективність громадського моніторингу на цьому рівні невелика.

У більшості випадків громадські організації намагаються самостійно впливати на підприємства-забруднювачі, а в інших – більш доцільно звертатись в органи влади. Досить часто плануються прямі дії, спрямовані на поліпшення стану об'єктів спостережень. Щодо цього можна говорити, що громадський екологічний моніторинг нерозривно пов'язаний з громадським екологічним контролем і служить інформаційною базою останнього.

Особливої уваги заслуговує післяпроектний аналіз – тобто оцінювання можливих екологічних наслідків від здійснення проекту і співвіднесення їх із впливами, передбаченими на етапі розробки проекту.

Найбільш ефективно громадський екологічний моніторинг може виконувати такі функції:

1. Створення альтернативного інформаційного каналу для підвищення оперативності екологічного контролю;
2. Підвищення ефективності оповіщення населення про небезпечні події і надзвичайні ситуації;

3. Спостереження за об'єктами, що не включені в програми моніторингу державних природоохоронних служб;

4. Загострення уваги на проблемах, що раніше з різних причин не були позначені;

5. Розвиток екологічної освіти і формування екологічної свідомості.

*Громадський екологічний моніторинг як додатковий інформаційний канал.* Незважаючи на поліпшення доступу громадськості до екологічної інформації, багато громадських організацій порушують питання про складність одержання необхідних даних. На зміну поняттям державної таємниці, як правило, приходять обмеження комерційного характеру. Державні органи часто не надають необхідні матеріали, посилаючись на високу вартість інформації. Подібні проблеми виникають як між державними органами і громадськістю, так і між державними службами, що належать до різних відомств. Як досить ефективний канал одержання і поширення інформації можна рекомендувати створення громадського екологічного моніторингу. Досвід показує, що як тільки в регіоні з'являється альтернативний інформаційний канал, ступінь закритості інформації та її «комерційна вартість» суттєво знижуються. Створюючи такий канал, неурядовим організаціям не слід концентрувати зусилля на зборі великої кількості власних даних. Як правило, аналіз наявної відкритої інформації може принести набагато більше користі. Збір власних даних необхідно здійснювати тільки за відсутності доступної інформації, виявляючи ключові проблеми і «больові точки».

Надзвичайні ситуації. Одним із перспективних напрямків розвитку громадського моніторингу є використання його для оперативного одержання необхідної інформації у випадку аварійних ситуацій. Аналіз системи державного моніторингу показує, що апаратні можливості відповідних служб далеко не завжди відповідають складності та змісту задач, які вони покликані вирішувати. Це призводить до необхідності відправлення проб на аналіз в інші регіони, що різко знижує оперативність не тільки моніторингу, але й контролю, особливо необхідного при аварії. Крім того, нерідко природоохоронні органи різних областей не мають тісного контакту між собою і одержання адекватної картини забруднення ускладнено адміністративними бар'єрами. Тому можливості оперативного реагування (якщо такі є у громадської організації) дозволяють більш ефективно керувати ситуацією і сприяють зміцненню співробітництва з державними органами.

Більш того, саме у випадках аварійного забруднення має місце практика замовчування офіційними службами справжніх розмірів нещастя. У цьому випадку незалежна інформація забезпечує той самий альтернативний канал, що необхідний для порушення монополії на інформацію.



*Доступ громадськості до екологічної інформації через Internet.* Якщо проаналізувати текст Орхуської конвенції<sup>18</sup> під кутом інформаційно-екологічної моделі, то більша частина статей присвячена саме можливості реагування громадськості на зміни екологічного стану навколишнього середовища. Загалом, забезпечення широкої громадськості об'єктивною та систематизованою інформацією про стан навколишнього природного середовища є одним із найважливіших аспектів екологічної політики у світі. Відповідні статті про це є і в Орхуській конвенції (табл. 3.10).

Причому, інформування населення не може бути самоціллю, а стає важливим елементом залучення населення до участі в управлінні охороною навколишнього природного середовища, оскільки, тільки використовуючи повну та достовірну інформацію, надану у зручній формі, можна приймати правильні рішення.

*Таблиця 3.10 – Вимоги Орхуської конвенції щодо надання інформації*

Статті Орхуської конвенції	Роль громадськості	Тип інформації, яка надається громадськості
Ст. 4 та 5	Доступ до екологічної інформації, збір та поширення екологічної інформації	Екологічна інформація
Ст. 6	Участь громадськості в прийнятті рішень щодо конкретних видів діяльності	Інформація для участі громадськості в процесі прийняття рішень
Ст. 7	Участь громадськості в питаннях розробки планів, програм і політичних документів, пов'язаних з навколишнім середовищем	Інформація для участі громадськості в процесі підготовки планів і програм, пов'язаних з навколишнім середовищем
Ст. 8	Участь громадськості в підготовці нормативних актів виконавчої влади і/або загальнообов'язкових юридичних актів	Інформація для участі громадськості в підготовці державними органами нормативних положень
Ст. 9	Доступ до правосуддя	Інформація про процедури, якщо особа чи громадськість незадоволені інформацією

Останнім часом забезпечення широкої громадськості об'єктивними та систематизованими даними моніторингу довкілля все частіше здійснюється за допомогою банків даних національних систем моніторингу довкілля через спеціальні Web-інтерфейси чи Web-портали.

<sup>18</sup> Верховна Рада України ратифікувала Орхуську конвенцію 6 липня 1999 року.

Наприклад, на Web-порталі Агенції з охорони навколишнього природного середовища США (Environmental Protection Agency – EPA, адреса: <http://www.epa.gov>) можна отримати багато інформації. Зокрема, можна переглянути тематичну карту США з якості атмосферного повітря чи товщини озонового шару. При цьому інформація на карті подається у 6-ти градаціях: «Добре», «Задовільно», «Небезпечно для чутливих груп населення», «Небезпечно», «Дуже небезпечно», «Надзвичайно небезпечно». Величезна кількість інформації є і на сайті Європейської агенції з навколишнього середовища (ЄАНС): [www.eea.europa.eu/](http://www.eea.europa.eu/)

Інформація про стан довкілля в Україні доступна на сайті Інформаційно-аналітичного центру Мінприроди:

<https://iac-menr.rgdata.com.ua/ShowPage.aspx?PageID=200>

Гідрометеоінформація доступна на сайті Українського гідрометеорологічного центру: <http://meteo.com.ua/>

Відомості про надзвичайні ситуації, у т.ч. природного характеру, за задану добу та інший період є на сайті МНС України – на прикладі даних за 23.05.2010 р.: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/4689.html>

Є й інші Інтернет-джерела інформації (відомчі, наукових установ, підприємств та ін.), деякі з них подані у підрозділі «Рекомендовані інформаційні Інтернет-ресурси».

## **Питання до семінарських занять**

### **Семінар № 7**

- 1. Коли і де було прийнято рішення про створення глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМоНС)?*
- 2. Сформулюйте сім основних задач програми ГСМоНС.*
- 3. Назвіть головні цілі функціонування ГСМоНС.*
- 4. За якими принципами формуються програми спостережень ГСМоНС?*
- 5. Які основні результати отримані в рамках ГСМоНС?*
- 6. На яких станціях здійснюється глобальний моніторинг?*
- 7. За якими програмами проводять спостереження в ГСМоНС?*
- 8. Охарактеризуйте програму Environmental Observance System (EOS).*
- 9. Вкажіть основні напрямки глобального моніторингу.*
- 10. Які пріоритетні фактори враховують при організації ГСМоНС?*

### **Семінар № 8**

- 1. Назвіть особливості організації фонових моніторингу.*
- 2. Що включає програма фонових моніторингу?*
- 3. Які критерії відбору речовин і сполук для фонових моніторингу?*
- 4. Які характеристики включаються у програму фонових моніторингу?*
- 5. Що таке кліматичний моніторинг і які його завдання?*
- 6. Вкажіть найбільш вагомні антропогенні причини змін клімату.*
- 7. Які розділи включає в себе кліматичний моніторинг? Дайте їх аналіз.*

8. *Вкажіть головні підсистеми і завдання Всесвітньої служби погоди (ВСП) і Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО).*
9. *Яким чином проводиться вибір величин та їх пріоритетності при організації кліматичного моніторингу?*
10. *Перерахуйте особливості супутникового кліматичного моніторингу.*

### **Семінар № 9**

1. *Що називають радіаційним моніторингом? Назвіть джерела і фактори радіоактивного забруднення.*
2. *Які головні задачі ставлять при створенні комплексного радіоекологічного моніторингу? Назвіть основні одиниці радіаційних доз і випромінювань.*
3. *Що є основним джерелом ефективної колективної дози для більшості населення України?*
4. *Що включають в себе методи радіоекологічного моніторингу?*
5. *Які завдання має система радіоекологічного моніторингу «ГАММА»?*
6. *Що входить до складу системи «ГАММА»?*
7. *Перерахуйте головні завдання радіоекологічного моніторингу.*
8. *Які основні напрями здійснення радіоекологічного моніторингу?*
9. *Які особливості радіоекологічного моніторингу сільськогосподарських територій? Що таке гамма-зіомка?*
10. *Яка послідовність відбору проб ґрунту з метою оцінювання поверхневого радіоактивного забруднення?*

### **Семінар № 10**

1. *Назвіть особливості та основні принципи проведення біотичного моніторингу. В яких випадках доцільно використовувати методи біоіндикації?*
2. *Дайте характеристику основних ЗР, що діють на рослину через повітря.*
3. *Які важкі метали (ВМ) найчастіше і яким чином потрапляють в рослини?*
4. *Який негативний вплив ВМ на рослини? Які рослини є найкращими біоіндикаторами ВМ?*
5. *Вкажіть основні види ушкоджень рослин від ЗР.*
6. *Проаналізуйте способи одержання кількісних характеристик стану повітря через реакцію рослини на забруднення.*
7. *Охарактеризуйте основні принципи проведення біоіндикації за допомогою тварин.*
8. *Які особливості цитогенетичних методів біотестування?*
9. *Що є критерієм токсичності і мутагенності?*
10. *Як здійснюють оцінювання токсико-мутагенного фону ґрунтів та водних джерел?*

11. Як здійснюють оцінювання мутагенності території за «Мікроядерним тестом».
12. Охарактеризуйте методіку оцінювання токсичності об'єктів довкілля за допомогою «Ростового фітотесту».
13. Охарактеризуйте методіку розрахунку умовних показників ушкодження стану навколишнього середовища за токсико-мутагенним фоном.

### **Семінар № 11**

1. Поясніть роль лісових екосистем в стабілізації біосферних процесів.
2. Які основні завдання міжнародної програми ICP Forest? Де на території України розташовано національний центр ICP Forest?
3. Охарактеризуйте рівні інтенсивності загальноєвропейського моніторингу лісів?
4. За якими критеріями оцінюється придатність ділянки лісу для моніторингових робіт?
5. Яким чином відбувається винесення точок в природу при формуванні в лісі моніторингової ділянки?
6. Визначте головні завдання агроекологічного моніторингу.
7. В чому полягає комплексність, неперервність і системність агроекологічного моніторингу?
8. Що є науковою базою і виробничою підсистемою агроекологічного моніторингу?
9. Яким чином агроекологічний моніторинг охоплює весь спектр систем землеробства?
10. Які завдання містить локальний агроекологічний моніторинг?
11. Назвіть головні завдання суцільного агроекологічного моніторингу.
12. Що передбачає програма агроекологічного моніторингу?
13. Як диференціюють показники агроекологічного моніторингу?
14. Які основні принципи програми спостережень за накопиченням рослинами токсичних сполук і якістю рослинної продукції?
15. Що відносять до об'єктів агроекологічного моніторингу?
16. Які цілі мікробіологічних досліджень в рамках агроекологічного моніторингу?

### **Семінар №12**

1. Назвіть головні об'єкти соціально-екологічного моніторингу.
2. Які принципи соціоекологічного моніторингу?
3. Назвіть особливості наукової і виробничої підсистем соціоекологічного моніторингу.
4. Які функції виконує соціально-екологічний моніторинг?

5. Назвіть особливості соціально-екологічного моніторингу населених пунктів (НП). Чим визначається сучасна соціальна структура НП?
6. Які вимоги до методів оцінювання соціоекологічних показників НП?
7. Які вимоги до екологічних показників сільських НП?
8. Дайте характеристику методам оцінювання екологічних показників сільських НП.
9. Вкажіть особливості громадського екологічного моніторингу.
10. Визначте можливості та потребу участі громадськості в системі екологічного моніторингу.
11. Назвіть основні функції громадського екологічного моніторингу.
12. Охарактеризуйте можливості доступу громадськості до екологічної інформації через Internet.

#### **Розділ 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

Широке використання сучасних інформаційних технологій має вирішальне значення для розвитку економіки, ефективного управління та покращення стану довкілля і умов життєдіяльності людей. Для роботи з даними, які змінюються в просторі і часі, найбільше застосування набули геоінформаційні технології, дистанційне зондування Землі та деякі інші.

##### **4.1. Основні функції та структура геоінформаційних систем**

*Геоінформатика та геоінформаційні системи.* *Геоінформатика* – це наука про інформаційні процеси, що визначають історію, будову і склад як Землі в цілому, так і її окремих оболонок, включаючи літосферу, гідросферу, атмосферу і біосферу.

Вперше термін «геоінформаційні системи» з'явився у другій половині ХХ століття як «*географічні інформаційні системи*».

З точки зору призначення *географічна інформаційна система* або *геоінформаційна система (ГІС)* — це інформаційна система, яка забезпечує збирання, збереження, обробку, доступ, відображення та поширення просторово-орієнтованих даних (*просторових даних*).

З точки зору програмно-інформаційної реалізації *геоінформаційна система (ГІС)* – це сукупність електронних карт з умовними позначеннями об'єктів на них, баз даних з інформацією про ці об'єкти та програмного забезпечення для зручної роботи з картами і базами як з єдиним цілим.

**ГІС-технологія** — це технологічна основа створення геоінформаційних систем, які дозволяють реалізувати функціональні можливості ГІС.

Створення і розвиток засобів ГІС-технологій є одним із найважливіших напрямків застосування сучасних досягнень обчислювальної та космічної техніки в різних сферах життєдіяльності людини (господарстві, обороні, охороні довкілля, науці, управлінні тощо). У світі успішно експлуатуються сотні тисяч геоінформаційних систем.

Значна різноманітність прикладних застосувань геопросторової інформації, постійне вдосконалення технічних засобів, розвиток нових технологій, міжнародне співробітництво зі створення глобальних систем дослідження Землі – все це дає підстави стверджувати, що ГІС-технології в найближчий час будуть більш широко використовуватися в екологічній діяльності, зокрема, при організації та експлуатації систем моніторингу навколишнього природного середовища.

Основні функції ГІС показані на рисунку 4.1.

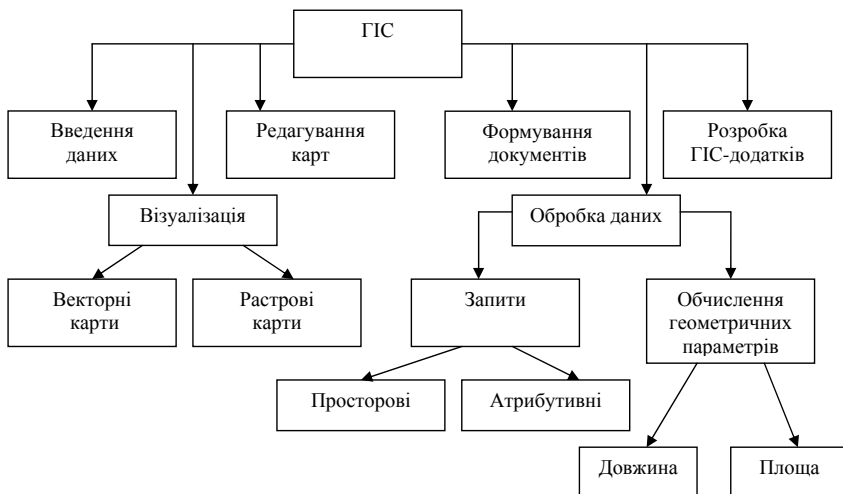


Рисунок 4.1 – Функції ГІС

Важливо, що в рамках ГІС досліджується не тільки географічна інформація, а й всі процеси та явища на земній поверхні, в економіці та у суспільстві.

До обов'язкових ознак ГІС відносять:

- просторову (координатну) прив'язку даних;
- відображення просторово-часових зв'язків об'єктів;
- наявність інформації у базах даних про об'єкти карт;
- можливість оперативного оновлення баз даних;
- створення нової інформації шляхом аналізу та синтезу наявних даних;
- забезпечення наукової підтримки прийняття управлінських рішень.

Основою структури ГІС є набір інформаційних шарів. *Шар* – це сукупність однотипних просторових об'єктів, що їх відносять до однієї теми чи класу об'єктів в межах певної території та позиціонуються у спільній для всіх шарів системі координат. При створенні ГІС велике значення надається вибору базових шарів, які в подальшому будуть використовуватися для суміщення та узгодження всіх даних.

Застосування ГІС-технологій на практиці зустрічається з цілим комплексом проблем.

### **1. Вибір програмної оболонки ГІС (ГІС-пакета)**

Відомо багато розробок ГІС-платформ (ГІС-пакетів, оболонок). У сфері моніторингу довкілля в Україні найбільш поширеними є **MapInfo**, **ArcView** та **ArcInfo (ArcGIS)**, **GeoDraw**, **ArcView**, **Карта (ГІС «Панорама»)**, **Digital**, **VNetGIS**, **ОКО** та інші. Кожна з них постійно модернізується, тому одночасно існує декілька версій. При цьому, як правило, можливості старішої версії в повному обсязі реалізуються в новій. Стандартне універсальне програмне ГІС-забезпечення – це досить складний і дорогий продукт, упевнене оволодіння яким студентами передбачає досить високий рівень базових технологічних знань та навичок. Тому для навчального процесу доцільно використовувати або програми з мінімумом функцій (ArcExplorer фірми ESRI, MS Map з MS Office, PanView ГІС «Панорама» та ін.), або навчальні чи демонстраційні (які функціонують 30, 40 днів) версії пакетів ArcView, Карта ГІС «Панорама», або повністю безкоштовні пакети програм.

### **2. Методичне забезпечення навчального процесу.**

З ГІС-тематики є чимала кількість Internet-ресурсів. Елементи геоінформаційного подання та аналізу сьогодні досить поширені як розуміння того, що практично будь-які дані – це дані, що мають просторову складову, таку як географічні координати, або як дані, що описують просторові та/чи картографічні об'єкти.

Новітня техніка дозволяє створювати такі нові напрямки в картографії, як цифрове картографування, формування картографічних банків даних про реальний світ тощо. Географічні інформаційні системи та банки картографічних даних і знань стали поштовхом для становлення геоінформаційного картографування.

*Основні етапи розв'язання задач екологічного моніторингу з використанням ГІС.*

1. *Збирання вхідного матеріалу для розв'язання задачі.*
2. *Вибір чи створення геоінформаційної електронної карти (основи ГІС).*

За відсутності готової ГІС, придатної для розв'язання поставленої задачі, потрібно знайти растрове зображення потрібної місцевості та провести його оцифрування і векторизацію. Для цього краще використовувати аерофотознімки високої роздільної здатності.

3. *Наповнення електронної карти картографічною та атрибутивною інформацією* – адміністративні одиниці (границі областей, районів, лісництв тощо), адреси підприємств та місця розташування інших джерел забруднення, видовий склад рослинного і тваринного світу, пункти спостережень стану довкілля та ін. Інформація заноситься в атрибути об'єктів карти ГІС. У разі використання зовнішньої бази даних, наприклад електронної бази даних державної звітності 2-ТП «Водогосп» із даними про антропогенне водовикористання, створюється інформаційна єдність цієї бази даних з картою шляхом введення єдиного ключового поля, наприклад «ID». Тобто, в атрибут ID кожного умовного позначення скиду зворотних вод на карті вписується унікальний код ККККК підприємства, якому належить цей скид і інформація про яке є у базі даних під тим же кодом ККККК. У разі встановлення відповідності об'єктів карти рядкам інформації у таблицях бази даних ГІС-забезпечення дозволяє проводити просторовий ГІС-аналіз з урахуванням даних про об'єкти у базі даних.

4. *ГІС-аналіз екологічної ситуації* – розв'язання задач обробки та аналізу даних з використанням ГІС-забезпечення, часовий та просторовий аналізи, прогнозування розвитку цих процесів, наприклад, оцінювання якості поверхневих вод, можливого впливу джерел забруднень та екстремальних метеорологічних умов на забрудненість атмосферного повітря, аналіз доцільності розташування певних об'єктів, наприклад, дитячих дошкільних закладів, на відповідній території, сільсько-господарських угідь тощо.

5. *Візуалізація вхідних даних та результатів розв'язання задачі* – використання можливостей ГІС у візуалізації як вхідних даних, так і результатів досліджень: побудова тематичних карт та діаграм, побудова тривимірних статичних та рухомих зображень.

Алгоритм обробки екологічних даних для завантаження в ГІС наведений на рисунку 4.2.

*Функціональне призначення ГІС-технологій.* Географічні інформаційні системи – це сучасний інструмент для роботи з інформацією різного роду про просторово розподілені об'єкти в регіоні, державі, континенті чи на Земній кулі. ГІС-технології мають такі можливості:

- дозволяють будувати картографічні зображення просторово розподілених об'єктів із заданими типами зв'язків за інформацією, що характеризує еколого-економічні параметри цих об'єктів і накопичена в базах даних за допомогою тих чи інших методів моніторингу;
- забезпечують широкий спектр інструментів аналізу наявної екологічної інформації, дозволяють відкривати невідомі раніше зв'язки, закономірності, тенденції змін об'єктів і процесів, що досліджуються;
- забезпечують можливості динамічного аналізу і відображення даних, що дозволяють слідкувати за змінами у часі стану просторових об'єктів;



- дозволяють візуалізувати всі види географічної інформації, в тому числі отриманої за допомогою пристроїв дистанційного зондування;
- дозволяють суттєво розширювати свої функціональні можливості під потреби конкретного користувача, шляхом використання вбудованих середовищ програмування і підключення зовнішніх програмних модулів.

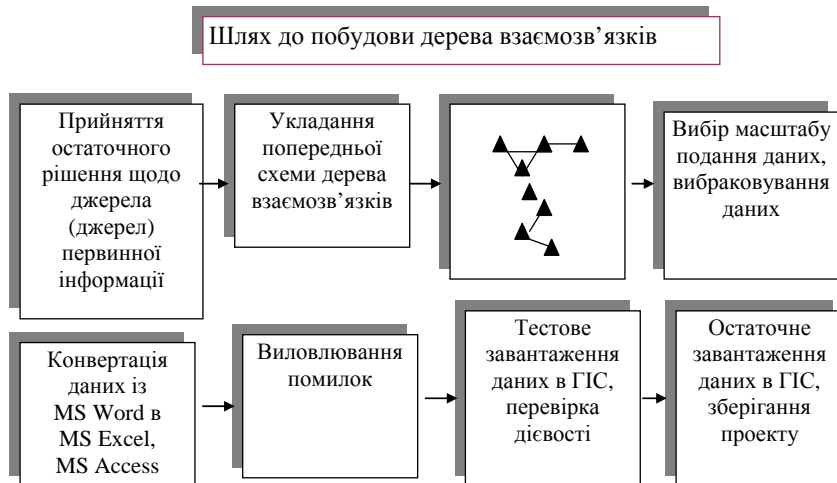


Рисунок 4.2 – Алгоритм обробки екологічних даних для завантаження в ГІС (Придатко, 2002)

Всі сучасні ГІС-платформи вмщують вичерпний набір функцій запитів. Останні дозволяють формувати множину різних об'єктів, в тому числі і просторових, на базі заданих критеріїв, які, в свою чергу, також можуть формуватись в категоріях просторових відношень. Найпростіша форма просторових запитів полягає в отриманні характеристик об'єкта у разі вибору його курсором миші і навпаки, коли на карті відображаються об'єкти із заданими атрибутами, наприклад, назвою.

Важливою особливістю сучасних ГІС-платформ є те, що вони дозволяють виводити графічну і текстову інформацію як на принтер, так і на спеціалізоване типографське обладнання, з використанням широкої кольорової гами.

*Основні види даних.* Розглянемо основні інформаційні структури, які використовуються в ГІС. Це, в першу чергу, просторові дані, які забезпечують формування «цифрових» або «електронних» карт. Вони можуть бути подані в растровій або векторній формі. В основі обох лежать математичні моделі. Растрова або точкова форма задається масивом чисел, які описують параметри кожної точки. Векторний спосіб використовує математичну формулу, за якою кожного разу вираховують всі точки

контур по окремих вузлах. При цьому кожен такий векторний контур розглядається як незалежний об'єкт, який можна переміщати, масштабувати і взагалі міняти до безкрайності. Векторна форма є економною з точки зору необхідних об'ємів пам'яті, оскільки зберігає не саме зображення, а деякі основні дані, за якими відповідна програма кожен раз його відновлює. Об'єкти векторної форми легко трансформуються, ними нескладно маніпулювати практично без впливу на якість зображення. Вони максимально використовують можливості роздільної здатності будь-яких пристроїв виведення інформації.

Недоліки векторної форми проявляються у тому, що не можна працювати із фотореалістичними зображеннями. Саме цих недоліків позбавлена растрова форма. В ній точкове зображення є не сукупністю окремих об'єктів, а мозаїкою із дрібних сегментів – пікселів, які характеризуються адресою в бітовій карті (таблиці, матриці) і характеристикою кольору, яка кодується цілим числом. Кожен піксел незалежний від інших. Растрова форма дозволяє передавати живописні ефекти: туман, димку, тінь від гір, добиватись тонких ефектів і нюансів кольору, створювати перспективну глибину і різкість, розмитість тощо.

Об'єм пам'яті, необхідної для зберігання зображення в растровій формі, залежить від його площі і роздільної здатності. Тому розміри файлів двох фотокарток одного розміру, на одній з яких зображений білий сніговий пейзаж, а на другій – липневий ліс на фоні річки і хмар на небі, будуть однакові. Інший недолік растрової форми стає зрозумілим при спробі повернути зображення на деякий кут. При цьому чіткі вертикальні лінії перетворюються на «сходинки». Це означає, що будь-які трансформації зображення проходять з помилками. Растрова форма краща для створення фотореалістичних зображень з тонкими переходами кольорів, а векторна – для відображення об'єктів з чіткими межами і ясними деталями.

З точки зору пошуку та аналізу просторових даних растрова форма використовується для відображення та аналізу неперервних величин (поля забруднення довкілля різними речовинами, цифрова матриця рельєфу тощо), а векторна форма – для дискретних, які складаються з окремих просторових об'єктів (пости моніторингу, річки, водойми, заповідники, місця викидів, скидів та розташування відходів підприємств тощо).

*Топографічна основа.* У вітчизняній літературі географічна інформація, яка включена до складу ГІС, умовно ділиться на два класи: базова і тематична. До базової належить та, яка, зазвичай, відображається на стандартних топографічних картах відповідного масштабу. Тому до базових, як правило, відносять такі теми (групи шарів):

- математичні елементи, включаючи ті з них, що їх відносять до планової і висотної основи;
- рельєф суші;

- гідрографія і гідрографічні споруди;
- населені пункти;
- промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти;
- дорожня мережа і дорожні споруди;
- рослинність і ґрунти;
- адміністративний устрій, окремі природні явища та об'єкти.

Разом ці теми задають метричну, або як її ще називають, топографічну основу будь-якої електронної карти. Кожна базова тема включає декілька класифікаційних категорій:

- сегмент;
- підсегмент;
- узагальнювальний об'єкт;
- об'єкт;
- елемент.

Категорії сегмент і підсегмент мають класифікаційний характер і не мають графічного аналога. За своїм семантичним змістом вони ідентичні відповідним категоріям з топографічного класифікатора. На відміну від останнього, в наведеному вище списку категорій включена додаткова – «узагальнювальний об'єкт». Деякі географічні об'єкти можуть існувати як єдине ціле, мати свою атрибутику і при цьому включають в себе багато більш дрібних об'єктів зі своїми наборами атрибутів. На електронній карті України масштабу 1:500 000, яка розроблена Міжвідомчим центром електронного картографування (м. Харків) і яка містить всі наведені вище базові шари, річка Дніпро представлена 42 різними площинними (водосховища, плеси, розширене основне русло) і лінійними об'єктами (русло рукава, протоки). Кожен з них має свою атрибутику – ширину, швидкість течії, назву тощо. Для підготовки відповідей користувачам електронної карти необхідно застосовувати індивідуальний код узагальнювального об'єкта.

Головною ж проблемою в оволодінні ГІС-технологією є мала кількість безкоштовних електронних карт із відповідним атрибутивним наповненням. Одним із найбільших джерел таких карт є Інтернет-каталог фірми «Дата+» (РФ): <http://www.dataplus.ru/Support/Catalog/index.aspx>. Але найбільше поширення в даний час для навчальних та професійних цілей отримали карти Google Maps (<http://maps.google.com/>) – комплекти супутникових і векторних карт з атрибутивним наповненням, рельєфом та інформаційними й фотовідеоматеріалами на всю планету та багато природних і техногенних об'єктів різними мовами (переважно – англійською). Можна просто вказати адресу будинку, і система одразу покаже цей будинок на відповідній карті міста. Супутникові карти мінімальної роздільної здатності є на всю територію планети. Якщо ж хтось замовляє більш детальну карту, наприклад, на м. Київ чи територію якогось адміністративного району, тоді ця новіша карта через якийсь

період (0,5-1 рік) стає доступна усім в Інтернеті. Тому на деяких місцях на супутникових картах видно розмітку на дорогах, на інших, на яку ніхто ще не замовляв детальну зйомку, – якість набагато гірша.

Для більшості адміністративних областей України та басейнів великих і середніх річок України створено і впроваджено геоінформаційні системи моніторингу довкілля та підтримки прийняття рішень для екологічного управління і контролю та інтегрованого управління водними ресурсами, які містять відповідні шари та дані (див. рис. 3.3). Основним масштабом є 1:500 000 та 1:200 000. Для окремих регіонів ГІС моніторингу довкілля створені з використанням більш детальних масштабів: 1:100 000, 1:50 000, 1:10 000 та ін.

Більш детально веб-сайти, де можна переглянути або й переписати векторні та растрові карти ГІС, подані у підрозділі «Рекомендовані інформаційні Інтернет-ресурси».

#### **4.2. Основи дистанційного зондування Землі**<sup>19</sup>

Існуючі методи спостереження за елементами навколишнього середовища можна розбити на дві великі групи:

- контактні методи спостережень і вимірювань;
- дистанційні методи зондування Землі.

*До першої групи* відносять як безпосередні вимірювання, так і вимірювання параметрів стану навколишнього середовища на основі попереднього відбору проб.

*До другої групи* відносяться різні неконтактні методи вимірювань, в яких використовують прилади, просторово віддалені від об'єктів, що досліджуються. Як правило, прилади дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) ставлять на авіаційних чи космічних носіях, хоча можна використовувати й інші види носіїв. Наприклад, при дослідженні акваторій можливе застосування приладів дистанційного зондування, встановлених на плавучих засобах.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)<sup>20</sup> – це одержання інформації про різні об'єкти, процеси і явища на поверхні Землі, в її надрах і атмосфері шляхом реєстрації відбитого або власного електромагнітного випромінювання на відстані за допомогою технічних засобів, які встановлені на повітряних або космічних носіях (див. рис. 3.2).

---

<sup>19</sup> Зміст підрозділу викладено на основі монографії Красовського Г. Я. і Петросова В. А. "Космічний моніторинг водних екосистем з використанням ГІС-технологій". – К., 2002. та посібника: Петрук В. Г., Володарський С. Т., Мокін В. Б. "Основи науково-дослідної роботи". – Вінниця, 2005.

<sup>20</sup> Датою народження ДЗЗ є 1858 рік, коли було виконане перше фотографування з повітряного шару за допомогою тільки-но винайдені фотокамери. Початком історії космічних досліджень слід вважати запуск першого штучного супутника Землі Радянським Союзом 4 жовтня 1957 року. Сполучені Штати запустили супутник «Explorer 1» в січні 1958 року.

Методи ДЗЗ з космосу мають такі переваги:

- високу оглядовість, можливість одержання одночасної інформації про великі території;
- можливість переходу від дискретних значень показників в окремих пунктах території до неперервного просторового розподілу показників;
- можливість одержання інформації у важкодоступних районах;
- високий ступінь генералізації інформації.

Потенційні переваги методів ДЗЗ найбільш відчутні у сфері глобального моніторингу, де оглядовість матеріалів і генералізація інформації відіграють істотну роль, а також у сфері національного моніторингу держав, що займають великі території. Однак і в сфері регіонального моніторингу, при вирішенні конкретних задач, методи ДЗЗ можуть успішно доповнювати контактні методи вимірювання, а в деяких випадках навіть перевершувати їх за інформативністю.

Відзначимо, що методи ДЗЗ із космосу не можуть повністю замінити традиційні контактні методи спостереження за навколишнім середовищем, а тільки ефективно доповнюють їх. Тому підсистему аерокосмічного моніторингу варто розглядати як відносно самостійний компонент загальної системи моніторингу навколишнього середовища. При розв'язанні більшості задач моніторингу навколишнього середовища найбільш ефективним є комплексне застосування методів ДЗЗ і контактних методів спостереження.

*Позиціонування об'єктів довкілля за допомогою Системи Глобального Позиціонування (GPS – Global Positioning System) забезпечує можливість отримання точних координат 24 години на добу. Вона працює під управлінням Міністерства Оборони США і є всепогодною.*

У Росії діє аналогічна система супутникової навігації ГЛОНАСС (*ГЛОбальна НАвігаційна Супутникова Система*), принцип роботи якої багато в чому подібний до GPS.

Важливу роль в сучасній системі моніторингу довкілля відіграють приймачі GPS. Саме вони, разом із застосуванням ГІС-технологій та методів ДЗЗ, вивели стан картографування об'єктів довкілля та явищ, які у ньому відбуваються, на кардинально новий рівень.

Оскільки базовими масштабами електронних карт регіонального моніторингу є 1:100 000 та 1:200 000 з точністю, відповідно, 10 і 20 метрів, то точність координат, яку забезпечують, навіть найдешевші, пристрої GPS на рівні до 10–20 м, є дуже зручною, хоча сучасні GPS-пристрої забезпечують, як правило, вищу точність. Пристроями GPS обладнані, наприклад, усі обласні держуправління охорони навколишнього природного середовища Мінприроди.

Приклади об'єктів GPS-обстеження в галузі державного довкілля: місця розташування джерел забруднення та природокористування, місця розташування постів спостережень тощо.

Чинні в Україні інструкції Мінприроди, МНС та інших міністерств і відомств вимагають обов'язково супроводжувати усю звітну інформацію координатами, отриманими за допомогою приймачів GPS, зокрема для таких об'єктів:

- місця викидів, скидів та відходів джерел забруднення довкілля;
- місця розташування складів відходів різного типу;
- місця стихійних лих та техногенних аварій;
- інші об'єкти екологічного моніторингу.

Сучасні ГІС-пакеми (ArcGIS, Mapinfo, Панорама та ін.) мають спеціальні програмні інструменти для автоматизованого нанесення об'єктів на карту заданим умовним позначенням за координатами, що надходять із приймачів GPS, які в свою чергу, мають можливість передавання координат у комп'ютер без дублювання їх вручну.

При використанні GPS-пристроїв слід пам'ятати, що вони, як правило, не забезпечують визначення координат всередині приміщення – їм заважає бетон, метал, навіть густі гілки дерев. Якщо супутники недоступні, GPS-пристрій показує координати місця, де він ті супутники востаннє ідентифікував. Якщо він новий і його щойно дістали з упаковки, він може показати координати місця, де його тестували. Це – одна з найпоширеніших помилок, через яку недосвідчені фахівці підприємств, які активують GPS-пристрій у себе в кабінеті, а не за межами приміщення, часто вказують координати своїх об'єктів десь у Бразилії, Індії, Південній Кореї, тобто – місць, де востаннє запускався та тестувався цей GPS-пристрій.

### **4.3. Аналіз даних моніторингових досліджень**

Здійснення спостережень за станом довкілля не є самоціллю – важливо не стільки збирання інформації, скільки її обробка та використання для прийняття різного роду рішень, спрямованих на покращення стану довкілля або підтримку його на заданому рівні у відповідності з концепцією сталого розвитку. За таких умов значна роль відводиться різноманітному та всебічному аналізу і коректній обробці екологічної інформації.

#### *4.3.1. Математична обробка даних моніторингових досліджень*

Здавна існують математичні методи, які дозволяють аналізувати закономірності процесів та явищ, що змінюються у часі й просторі. Розглянемо найпоширеніші з них, які використовуються в галузі моніторингу навколишнього середовища для різного роду показників та характеристик стану довкілля.

1. *Порівняння даних* – порівняння показників стану довкілля з гранично допустимими значеннями і визначення максимуму та мінімуму рядів спостережень.

2. *Статистична обробка даних* – побудова варіаційного ряду, побудова гістограми та ідентифікації закону розподілу; визначення основних статистичних характеристик (математичного очікування, середньоквадратичного відхилення, дисперсії, медіани, моди, ексцесу, коефіцієнта асиметрії тощо); кореляційний, регресійний, факторний та інші види аналізу.

3. *Інтерполяція даних*: звичайна інтерполяція, тобто знаходження значення функції між декількома заданими вже відомими; апроксимація, тобто ідентифікація параметрів та структури математичної залежності, яка описує заданий набір точок; екстраполяція (прогнозування), тобто прогнозування значень функції за межами того інтервалу, на якому ця функція будувалась.

4. Згладжування даних.

*Порівняння даних та визначення їх максимуму та мінімуму* — це досить прості, але найбільш поширені операції обробки даних спостережень. Виконання таких операцій для заданого показника якості тієї чи іншої складової довкілля є рутинною роботою, оскільки до уваги береться багато факторів і критеріїв.

*Інтерполяція даних* може розглядатись як порівняно простий спосіб розв'язання задач моделювання та прогнозування даних без урахування фізико-біохімічної природи процесів, характеристики яких розглядаються.

Звичайна інтерполяція використовується, коли є набір значень показника, визначеного у певних точках, а треба знайти його значення в інших точках. Найбільш поширені два типи інтерполяції у просторі — одно- та двовимірні, які дозволяють за багатьма точками побудувати криву або поверхню, що може наближено описати залежність певного параметра від, відповідно, однієї чи двох координат. Інтерполяція може проводитись багатьма методами. Найбільш розповсюдженими є такі (із зазначенням функцій обчислювального пакета **Mathcad** для автоматизації розрахунків):

1) лінійна інтерполяція (інтерполяція прямою) — для одновимірного випадку (**linterp**):  $y(x) = ax + b$  – найбільше поширення отримала в різного роду калібрувальних графіках вимірювальних приладів — забезпечує простий математичний опис, але невелику точність для більшості реальних природних процесів;

2) поліноміальна інтерполяція – інтерполяція шляхом апроксимації заданої залежності поліномом  $n$ -го порядку — для одновимірного випадку (**regress**, а потім – **interp**):

$$y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 \quad (4.1)$$

висока точність апроксимації, тобто у вузлах апроксимації (заданих точках) збіг може теоретично дорівнювати нулю, однак між вузлами — може і суттєво відрізнятися від загального тренду;

3) сплайн-інтерполяція — інтерполяція набором сплайнів (поліноміальних кривих 1-4 порядків з мінімальною кривизною), які з'єднуються між собою шляхом узгодження всіх можливих похідних (лінійна – **lspline**, параболічна – **pspline**, кубічна – **cspline**).

*Апроксимація*, тобто ідентифікація параметрів та структури математичної залежності, яка описує заданий набір точок, проводиться у такі етапи:

1. Будується графік залежності  $y_i$  від  $x_i$  ( $i = \overline{1, M}$ );

2. Визначається тип математичної залежності  $y(x)$ , якою можна описати криву на графіку — найбільше розповсюдження в екології отримали лінійна залежність типу  $y(x) = ax + b$ ; нелінійна поліноміальна залежність (4.1); експоненціальна залежність, яка є розв'язком диференціального рівняння першого порядку  $y(x) = ae^{-bx+c}$ ,  $b > 0$ ; нелінійна залежність типу  $y(x) = \frac{a}{1+bx}$ ; логарифмічна залежність  $y(x) = a \ln(bx + c)$ ,  $bx + c > 0$  і тригонометрична залежність  $y(x) = a + b \sin(ct + d)$ .

На цьому етапі, як правило, вибирають декілька функцій. Якщо не можна чітко визначити яка це залежність, тоді апроксимацію проводять кривою (4.1) різних порядків:  $n = 2-6$ ;

3. Заданий набір  $N$  точок  $y_i$  від  $x_i$  ( $i = \overline{1, M}$ ) розбивається на дві частини:  $N$  використовуються для ідентифікації (визначення) параметрів вибраних на другому етапі математичних залежностей, а решта  $P = M - N$  — для незалежної перевірки правильності ідентифікації та виявлення яка ж із цих залежностей краще описує задану криву на всіх точках  $M$ ;

4. За множиною з  $N$  точок  $y_i$  від  $x_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ) проводиться ідентифікація параметрів усіх вибраних на другому етапі математичних залежностей; найбільш популярний метод ідентифікації — метод найменших квадратів; в пакеті Mathcad для ідентифікації параметрів полінома (4.1) порядку  $n$  для набору точок, абсциси та ординати яких задаються векторами  $y$  та  $x$ , застосовується функція **regress(x,y,n)**;

5. Визначаються відносні похибки  $\delta$  для усіх математичних залежностей, з ідентифікованими на попередньому етапі параметрами:

$$\delta = \frac{\sum_{j=1}^P |y_j - y(x_j)|}{\sum_{j=1}^P |y(x_j)|} \cdot 100\%,$$

тобто шукається відношення суми модулів різниць між значеннями кожної ідентифікованої залежності і заданим набором значень до суми модулів значень цієї ідентифікованої залежності;



6. Проводиться ідентифікація структури математичної залежності — з ідентифікованих на четвертому етапі залежностей вибирається така, яка має найменшу похибку  $\delta$ , знайдену на п'ятому етапі.

Для апроксимації кривих довільної форми в пакеті **Mathcad** використовується функція **genfit**, в яку треба вказати рівняння кривої та її частинні похідні для кожного з параметрів, що слід визначити.

*Екстраполяція (predict)*, тобто прогнозування значень функції за межами того інтервалу, на якому ця функція будувалась, реалізується, як правило, у такі етапи:

1) для заданого набору даних розв'язується задача апроксимації та ідентифікується математична залежність  $y = f(x)$ ;

2) в цю математичну залежність підставляється значення аргументу  $x_{\text{прогн}}$ , яке слід спрогнозувати, і проводиться відповідний розрахунок:

$$y_{\text{прогн}} = f(x_{\text{прогн}}).$$

*Згладжування даних* зводиться до побудови кривої, яка має якомога меншу кривизну, відтворюючи тренд функції. Простіше кажучи, згладжування здійснює зменшення «піків» та «провалів» заданого випадкового процесу. Є багато методів згладжування. Наприклад, в обчислювальному пакеті **Mathcad** для цього використовується функція **loess(X, Y,  $\beta$ )**, основана на використанні параболічного сплайну, де  $X$  — вектор-стовпець заданого набору значень,  $Y$  — вектор-стовпець ординат,  $\beta$  — ступінь згладжування (від 0 до 1,0, фактично варто вказувати лише від 0,05 до 0,5).

Для реалізації широкого кола методів математичної обробки даних існують спеціальні математичні пакети, у т. ч. безкоштовні: MS Excel, Matlab, Scilab (безкоштовний), Maple, Mathcad, Mathematica, Statistica, SPSS та інші.

#### 4.3.2. Аналіз даних з використанням ГІС/ДЗЗ-технологій

Велике значення методи обробки даних на основі геоінформаційних технологій мають для обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Можна виділити такі методи та можливості обробки даних ДЗЗ:

- актуалізація наявних цифрових даних, наприклад, ідентифікація нових доріг, змін у гідрографічній мережі, виявлення засушливих областей, вирубок лісу, надмірного збільшення золовідвалу, незаконного видобутку над тощо;

- обробка даних дистанційної розвідки та зондування стану нафтових і газових родовищ, наприклад за допомогою програмного комплексу ArcGIS та Finder;

- інвентаризація природних ресурсів – на основі спектрального аналізу знімків можна виявляти та кількісно оцінювати запаси деревини, зони

забруднення поверхневих вод, родовища підземних вод і корисних копалин та інше;

- автоматизоване формування цифрового рельєфу місцевості на основі суміщення зображення, отриманого з декількох зондувальних пристроїв;

- оцінювання фізико-хімічних показників якості довкілля (вміст  $O_3$  чи  $CO$ , концентрація нафтопродуктів у воді тощо) на основі зйомки місцевості в багатоспектральному діапазоні та її комплексній обробці;

- оцінювання фізичних показників стану довкілля (температура води, прозорість повітря, вологість та розораність ґрунту, вмісту хлорофілу у рослинах тощо) на основі зондування в інфрачервоному спектрі або в багатоспектральному діапазоні;

- виявлення та оцінювання стану і динаміки зон стихійних лих, техногенних аварій та інших екологічних проблем (підтоплення територій, лісових пожеж, цунамі, ураганів, розливу нафти тощо).

Потужні можливості ГІС-аналізу проявляються і під час аналізу процесів та явищ, які змінюються в усіх трьох координатах, головним чином, під землею та у повітрі. Наприклад, залягання підземних вод або розподіл родовищ під землею. У цьому разі формуються карти зрізів по вертикалі, на основі яких можна прослідкувати ті чи інші процеси та їх наслідки.

Використання ГІС-технологій в задачах математичного моделювання та прогнозування здійснюється двома способами:

1. Використання *стандартного інструментарію* ГІС-пакетів для подання вхідних для моделювання даних, їх всебічної обробки та візуалізації результатів моделювання;

2. Використання так званих середовищ розробника та інструментарію ГІС-пакетів (ArcGIS Engine, ArcGIS Server, MapBasic, MapInfo MapXtreme Java, Panorama GIS WebServer, Panorama GISToolKit тощо) для створення *спеціалізованих пакетів програм*, призначених для розв'язання окремих задач та проблем з використанням ГІС-технологій.

*Перший метод* є більш масовим, має широкі можливості і не вимагає спеціалізованих знань та навичок для створення нових об'єктно-орієнтованих пакетів програм. Недолік — обмеженість тими можливостями та функціями, які заклали для розв'язання задач розробники ГІС-пакетів.

*Другий метод*, навпаки, має практично необмежені можливості у розв'язанні задач. Крім того, спеціалізовані пакети програм не мають багатьох зайвих для розв'язання поставлених задач функцій, які часто ускладнюють та затримуюють їх розв'язання в універсальних ГІС-пакетах. Недолік — необхідні спеціальні знання та чималий досвід у написанні складних об'єктно-орієнтованих пакетів програм з використанням ГІС-інструментарію.

Методи моделювання і прогнозування широко застосовуються під час розв'язання різного роду оптимізаційних задач, наприклад:

1. Оптимізація моніторингової мережі;
2. Дослідження і прогнозування динаміки екологічних процесів та явищ;
3. Оптимізація районування та пунктів розташування транспортних засобів швидкого реагування, наприклад пожежної охорони, швидкої допомоги, сил охорони правопорядку, за критерієм мінімуму часу для досягнення будь-якого об'єкта чи будинку;
4. Вибір оптимальних місць розташування певних об'єктів за багатьма критеріями.

Наприклад, у Центрі інформаційних та комунікаційних технологій «Nuon» Нідерландів вибирається територія для встановлення повітряних електростанцій. При цьому, бажаним є прибережне мілководдя, де вітер більш стійкий, ніж на суші, мала щільність судноплавства, мала наближеність до шляхів міграції птахів, врахування обмежень з боку військових. Кожному з цих факторів присвоюється певна вага, далі для кожного будується відповідна тематична карта, а потім ці карти накладаються одна на одну і за певним алгоритмом визначаються території, де всі ці критерії задовольняються максимально для повітряних електростанцій.

Один із способів візуалізації карт в ГІС-пакетах, оснований на математичних розрахунках, моделюванні та прогнозуванні процесів в об'єктах, полягає в автоматизованому генеруванні *анімації* (динамічної послідовності виведення об'єктів) та *відеофрагментів*:

- мультиплікація тематичних карт, побудованих за однакових умов, яка дозволяє візуально оцінити яким чином певне явище міняло границі та розташування, наприклад, відбувалось поширення урагану чи лісової пожежі, пересування грозового фронту, вирубка лісів, поширення ЗР, розширення границь міста тощо;

- за допомогою спеціальної програми, яка динамічно моделює та за допомогою засобів геоінформаційного інструментарію відповідно змінює відображення певних об'єктів відповідно до математичної моделі процесів у них, наприклад, поширення та зміна стану полів забруднювальних речовин у воді річок, водосховищ, морей та океанів; поширення нафтових плям у морях, океанах та на суші за різних умов тощо.

#### **4.4. Регіональні системи моніторингу довкілля**

Складовою частиною загальнодержавної системи моніторингу довкілля, яка діє відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 р., є регіональні системи моніторингу довкілля (РСМД). Метою створення таких систем на рівні окремих адміністративно-територіальних регіонів є збільшення ефективності виконання функцій

органів державного управління і місцевого самоврядування та інформування громадськості за рахунок забезпечення доступу до оперативної й достовірної інформації про стан об'єктів довкілля та рівня антропогенного впливу.

До основних завдань РСМД відносять:

- *організацію* систематичних спостережень за станом компонентів довкілля, об'єктів та процесів антропогенного впливу;
- *забезпечення* функціональної інтеграції інформаційних потоків й інформаційної взаємодії між суб'єктами державної та регіональної системи моніторингу довкілля;
- *створення та ведення* інформаційних баз даних стану компонентів довкілля, об'єктів та процесів антропогенного впливу;
- *застосування науково обґрунтованих оцінок та прогнозів* з метою підтримки управлінських рішень щодо дотримання вимог екологічної безпеки, збереження природного середовища, санітарно-епідеміологічного благополуччя та здоров'я людей тощо.

Діяльність РСМД регламентується постановами і розпорядженнями Кабінету Міністрів України:

- «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» (від 30.03.1998 р. № 391),
- «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» (від 09.03.1999 р. № 343),
- «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» (від 20.07.1996 р. № 815),
- «Про затвердження Положення про моніторинг земель» (від 20.08.1993 р. № 661),
- «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення» (від 26.02.2004 р. № 51),
- «Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру» (від 3.08.1998 р. № 1198),
- розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища» (від 31.12.2004 р. № 992-р).

Діяльність РСМД регламентується також іншими нормативно-методичними документами з питань моніторингу довкілля:

- Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню моніторингу вод, затвержене наказом Мінекоресурсів України № 485 від 24.12.2000 р.;

- Правила створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки (Мінприроди, 2009 р.);
- КНД 211.0.1.101-02 Положення про порядок інформаційної взаємодії органів Мінекоресурсів України та інших суб'єктів системи моніторингу довкілля при здійсненні режимних спостережень за станом довкілля;
- КНД 211.0.6.102-02 Номенклатура та позначення структурних елементів Державної системи моніторингу довкілля;
- КНД 211.1.1.106–2003 Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів);
- РД 211.0.7.104-02 Методичні вказівки щодо проведення інвентаризації лабораторій аналітичного контролю;
- РД 211.1.105-02 Методичні вказівки та вимоги щодо оснащення типових пунктів оперативного контролю води;
- РД 211.1.8.103-2002 Рекомендації щодо зіставлення даних моніторингу вод;
- Регламент створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки

та іншими документами.

Регулювання таких питань, як визначення суб'єктів РСМД, їх функцій і задач здійснюється шляхом розроблення та затвердження положень про регіональні системи моніторингу довкілля. Такі положення погоджуються з Мінприроди України, суб'єктами РСМД і затверджуються обласними радами народних депутатів.

Регіональні та місцеві (локальні) програми моніторингу навколишнього природного середовища розробляються відповідно до Закону України «Про державні цільові програми» від 18 березня 2004 р; № 1621-IV, Положення про порядок розробки екологічних програм, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 31 грудня 1993 р. № 1091; Методичних рекомендацій з підготовки регіональних та загальнодержавної програм моніторингу довкілля, затверджених наказом Мінприроди України № 487 від 24 грудня 2001 р., РД 211.0.8.107-05 Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня та ін.

Нормативно-правовою базою організації систематичних спостережень за станом компонентів довкілля, об'єктів та процесів антропогенного впливу РСМД є законодавчі акти у сфері природокористування та охорони довкілля, Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про відходи», «Про охорону земель», «Про рослинний світ», «Про екологічну мережу», «Про питну воду та питне водопостачання» та

ін., Земельний кодекс України, Водний кодекс України, Лісовий кодекс України та ін.

Створення і функціонування РСМД має ґрунтуватися на *принципах*:

- *систематичності* отримання інформації про стан компонентів природного середовища;
- *об'єктивності* первинних даних, аналітичної та прогнозної інформації;
- *своєчасності* та *оперативності* надходження інформації від підрозділів, що виконують спостереження, до користувачів інформації, які відповідають за прийняття управлінських рішень;
- *комплексності* використання екологічної інформації у просторі і часі;
- *доступності* екологічної інформації для населення України та світової спільноти.

Інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття рішень на регіональному рівні полягає у підготовці проектів розпорядчих документів, інформаційно-аналітичних звітів та довідок, а також інформаційно-довідкових матеріалів, таких, наприклад, як карти, схеми, атласи, які повинні бути підготовлені відповідно до вимог законодавчо-нормативних актів та у відповідні терміни, відведені на виконання розпорядженнями, рішеннями, дорученнями, запитами. До механізмів, що можуть забезпечити вказані вимоги до інформаційно-аналітичного забезпечення прийняття рішень, належать такі: надходження та введення, збереження та накопичення, подання і відображення інформації.

Таким чином, концептуально, як інформаційна система РСМД складається з таких підсистем:

- підсистеми *збирання та введення інформації*;
- підсистеми *збереження та накопичення інформації*;
- підсистеми *аналізу та подання інформації*;
- підсистеми *захисту інформації*.

До складу вказаних підсистем в свою чергу входять програмно-технічні комплекси (ПТК) разом із апаратно-технічним, системно-програмним забезпеченням, каналами зв'язку.

До складу інформаційних ресурсів, які необхідні власне для забезпечення процесу підготовки управлінських рішень, входять дані, які характеризують:

- *стан природних ресурсів* – кліматичні та метеорологічні умови, склад води у водних об'єктах, зелених насаджень, ґрунту та ін.;
- *використання природних ресурсів* – номенклатура та обсяги викидів, обсяги водокористування та скидів забруднювальних речовин, утворення відходів домогосподарствами та суб'єктами підприємницької діяльності, використання земельних ресурсів, зелених насаджень, у т. ч. об'єктів природно-заповідного фонду та ін.;

– *рівень впливу на навколишнє природне середовище* – рівень впливу від об'єктів техногенного екологічного ризику, концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі, водних об'єктах, ґрунтах, промислових та побутових відходах (у т. ч. токсичних), біологічне забруднення, фізичні фактори (шум, іонізуюче та електромагнітне випромінювання та ін) тощо.

Інформація про об'єкти та процеси екологічного управління включає *кількісно-якісні, просторово-географічні та часові* характеристики. Наприклад, для обґрунтування прийняття рішення у галузі охорони атмосферного повітря необхідно мати інформацію щодо *кількісного значення концентрації певної забруднювальної речовини в приземному шарі атмосферного повітря на певній території міста протягом певного часу*.

Для побудови інформаційної системи РСМД та обробки даних для забезпечення своєчасного прийняття обґрунтованих екологічних рішень найбільш інтеграційною інформаційною технологією вважається *ГІС-технологія* з використанням результатів обробки даних *дистанційного зондування Землі* аерокосмічними методами.

Розглянемо компоненти ключових підсистем РСМД.

**Підсистеми збирання та введення інформації** дозволяють вносити інформацію (масиви даних) в *автоматичному та інтерактивному* режимах до відповідних екологічних баз даних, у т. ч. *еколого-географічних баз даних* (ЕГБД). Ринок геоінформаційних технологій пропонує досконалі рішення для створення інформаційних систем будь-якого рівня: від настільної, розрахованої на одного користувача, до складних корпоративних. В будь-якому випадку основою такої інформаційної системи є еколого-географічна база даних.

В *автоматичному* або *напівавтоматичному* режимі підсистема збирання та введення інформації взаємодіє з іншими *інформаційними системами*, наприклад, інформаційно-аналітичною системою соціально-гігієнічного моніторингу Міністерства охорони здоров'я та ін. Окрім того підсистеми збирання та введення інформації повинні забезпечувати інформаційну взаємодію з регіональними інформаційними системами органів державного управління та самоврядування і, в першу чергу, земельного та містобудівного кадастру.

В *інтерактивному режимі*, який може функціонувати незалежно або паралельно, доповнюючи автоматизований або окремо від автоматизованого, користувач вводить інформацію (масиви даних) безпосередньо до баз даних, використовуючи спеціальне програмне забезпечення – системи управління базами даних та ЕГБД (рис. 4.3).

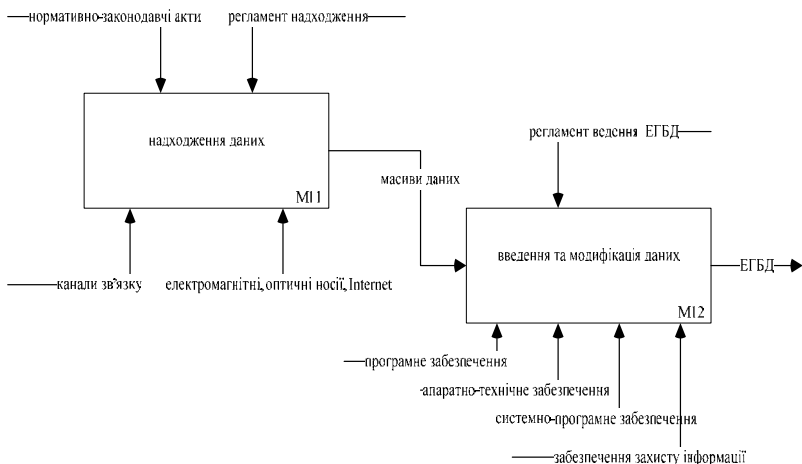


Рисунок 4.3 – Інформаційно-функціональна модель підсистеми збирання та введення екологічної інформації РСМД

**Підсистеми збереження та накопичення інформації** відповідають за ведення відповідних *тематичних* та *довідкових* БД і ЕГБД. До *тематичних* ЕГБД відносять ті, які містять екологічну інформацію (масиви даних) стосовно об'єктів та процесів екологічного управління (*наприклад*, значення концентрації ЗР, отримані на стаціонарних постах спостереження за забрудненням атмосферного повітря Держгідрометслужби). До *нормативно-довідкових* екологічних баз даних та ЕГБД відносять ті, які містять загальну інформацію (масиви даних) стосовно фізико-хімічних або токсикологічних характеристик забруднювальних речовин.

Сучасний розвиток інформаційних технологій дозволяє організувати єдине середовище для функціонування баз даних або ЕГБД, тобто єдиний банк даних, забезпечуючи керування і обробку значних за обсягами масивів даних, що надходять від розподілених інформаційних систем різноманітних типів з різних обчислювальних платформ, середовищ, структур та форматів, тобто концепції *розподілених* баз даних.

Реалізація ЕГБД може будуватися як на основі архітектури «файл-сервер», так і на основі архітектури «клієнт-сервер». Остання, у випадку групового (колективного) використання, має суттєві переваги.

Механізми збереження та управління зростаючих обсягів екологічних даних ЕГБД РСМД протягом життєвого циклу ЕГБД вимагатимуть застосування складних та потужних технологічних рішень. Тому стратегічний напрямок у запропонованих технічних рішеннях повинен містити рішення щодо розвитку ресурсів мережі збереження даних або *Storage Area Networks*.



**Підсистеми аналізу та подання інформації** забезпечують правові та організаційні засади забезпечення надання, оприлюднення та широкого розповсюдження екологічної інформації через Центри екологічної інформації, які є інфраструктурними елементами мережі загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації (рис. 4.4).

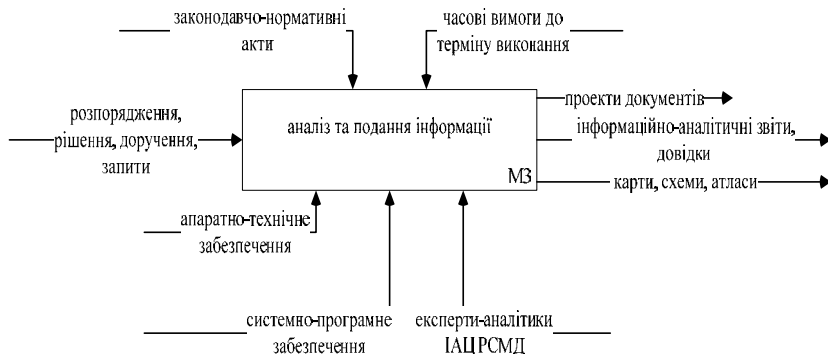


Рисунок 4.4 – Інформаційно-функціональна модель підсистеми аналізу та подання інформації РСМД

Регіональні управління Мінприроди та інші органи виконавчої влади забезпечують оприлюднення інформації через засоби масової інформації про:

- *стан* навколишнього природного середовища, *динаміку* його змін, *джерела* забруднення, *розміщення* відходів;
- *надзвичайні* екологічні ситуації та *заходи* з їх ліквідації;
- *розробку* та *прийняття* екологічних програм, *планів* дій, а також *документів* з питань екологічної політики;
- екологічні *проблеми* галузі чи регіону та можливі *шляхи* їх *вирішення* з метою залучення населення до участі у прийнятті рішень, що стосуються навколишнього природного середовища;
- *наміри* щодо розміщення об'єктів підвищеної екологічної небезпеки, які вимагають проведення оцінювання впливу на навколишнє природне середовище;
- *наміри* щодо видачі відповідних документів *на використання* природних ресурсів місцевого значення, а також *на забруднення* навколишнього природного середовища;
- *досвід співпраці з громадськістю* у галузі охорони навколишнього природного середовища, *раціонального використання* природних ресурсів та *забезпечення* екологічної безпеки;
- інші екологічні *аспекти* чи *фактори*, що є важливими для громадськості при здійсненні нею громадської екологічної експертизи чи реалізації інших екологічних прав.

Завдяки децентралізованому керуванню масивами даних виникає можливість виконувати паралельне виконання екологічних *тематичних завдань*, збільшуючи таким чином гнучкість, функціональність та ефективність роботи апаратно-програмних комплексів.

Така інформація повинна включати:

- *доповіді та звіти* про стан навколишнього природного середовища з висвітленням динаміки його змін;
- *перелік, тексти та проекти нормативно-правових актів*, що діють у сфері охорони навколишнього природного середовища та звіти про дотримання природоохоронного законодавства;
- *документи з питань політики* у сфері охорони навколишнього природного середовища, *плани* з охорони навколишнього природного середовища, *програми та проекти*;
- *міжнародні угоди* у сфері охорони навколишнього природного середовища та *стан їх виконання*;
- *іншу інформацію про стан окремих об'єктів* навколишнього середовища, якщо вона є важливою для громадськості.

Однією з найбільш ефективних регіональних автоматизованих інформаційно-вимірвальних систем (АІВС) в Україні є відома АІВС «Тиса» для української частини басейну р. Тиса на Закарпатті. Ведуться проектні роботи над створенням аналогічної, а децю і потужнішої, АІВС «Прикарпаття» для української частини басейнів річок Дністер, Прут і Сірет. Відомим є і комплекс постійно діючих автоматизованих інформаційних систем для транскордонного моніторингу вод в басейнах річок Дніпро, Сіверський Донець, Дунай, Західний Буг та ін.

Також на регіональному рівні використовуються відомчі інформаційні системи, серед яких найбільш уніфікованими в розрізі областей та міст України та реально функціонуючими в усіх регіонах країни є такі:

- інформаційна система моніторингу якості вод Держводгоспу (розробник: НДІ проблем математичних машин та систем НАН України);
- єдина автоматизована система Державної екологічної інспекції та підрозділів аналітичного контролю територіальних органів Мінприроди України із отриманням результатів вимірювань стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення та аналізування (скорочено: АСУ «ЕкоІнспектор», розробник – Вінницький національний технічний університет, див. рис. 3.4);
- комплекс програм Мінприроди для збирання та обробки даних системи регіонального моніторингу довкілля в держуправліннях охорони навколишнього природного середовища (розробник: Компанія «Ер-Джі-Дейта», м. Київ).

Усі ці системи мають засоби збирання даних моніторингу регіонального рівня, їх обробки, аналізу, узагальнення та подання у

зручному вигляді на загальнодержавному рівні. Спільними зусиллями фахівців Мінприроди, Компанії «Ер-Джі-Дейта» (м. Київ) та Вінницького національного технічного університету з метою підвищення оперативності моніторингу довкілля налагоджується автоматизоване збирання даних із вже діючих регіональних інформаційних систем Держводгоспу і Держекоінспекції та систем інших суб'єктів моніторингу довкілля, які ще створюються, та передавання цих даних, їх узгодження та збереження в інформаційних системах регіональних держуправлінь охорони навколишнього природного середовища Мінприроди.

## **Питання до семінарських занять**

### **Семінари № 13-14**

- 1. Дайте визначення поняттям «геоінформатика», «геоінформаційна система», «ГІС-технологія».*
- 2. Назвіть етапи розв'язання задач екологічного моніторингу з використанням ГІС.*
- 3. Охарактеризуйте сучасні ГІС-пакети (оболонки, програми), які використовуються в галузі екологічного моніторингу в Україні.*
- 4. Які Ви знаєте види електронних карт? Які з них та в яких задачах краще використовувати?*
- 5. Яку інформацію розміщують в ГІС моніторингу довкілля? Які є узагальнені групи шарів (теми карт)?*
- 6. Охарактеризуйте дистанційні методи спостереження за елементами навколишнього середовища.*
- 7. Що таке GPS і яку інформацію можна отримати за допомогою GPS-приймачів?*
- 8. Які Ви знаєте основні методи математичної обробки даних моніторингу? Назвіть декілька спеціальних математичних пакетів для автоматизації такої обробки? Охарактеризуйте один з таких пакетів та його можливості в обробці даних моніторингу.*
- 9. Які Ви знаєте методи аналізу екологічної інформації з використанням ГІС/ДЗЗ-технологій? Наведіть приклади.*
- 10. Які є види методів та можливостей дистанційного зондування Землі?*
- 11. Що можна взнати про стан довкілля за допомогою ДЗЗ?*
- 12. Які Ви знаєте підходи та методи прогнозування стану довкілля з використанням ГІС/ДЗЗ-технологій? Наведіть приклади.*
- 13. Що відносять до основних завдань регіональних системи моніторингу довкілля (РСМД)?*
- 14. Якими нормативними документами регламентується діяльність РСМД?*
- 15. На яких принципах ґрунтується створення і функціонування РСМД?*
- 16. З яких підсистем та інформаційних ресурсів складається РСМД?*

17. Яку інформацію може включати підсистема аналізу та подання інформації РСМД?
18. Назвіть найбільш відомі в Україні регіональні автоматизовані інформаційні системи моніторингу вод або інших складових довкілля.

## ГЛОСАРІЙ

Одним з найважливіших, але недостатньо розроблених питань екологічних досліджень є питання поняттєво-термінологічного збагачення. Незважаючи на цілий ряд існуючих словників і довідників з охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування, залишається не вирішеною проблема множинності, у ряді випадків невизначеності тлумачень багатьох термінів і понять, що використовуються у наукових і виробничих роботах відповідного напрямку.

З метою запобігання розбіжностей в моніторингових та екологічних дослідженнях взагалі наводяться визначення понять, що застосовуються у практиці організації систем моніторингу різного рівня, спеціальні терміни, з огляду на наявні їхні тлумачення й авторське сприйняття. Ці поняттєво-термінологічні дефініції носять рекомендаційний, а не нормативний характер, проте, як вважають автори, вони можуть бути певним шаблоном для наступного розвитку теорії і практики екологічних досліджень.

**Абсорбція** (лат. *absorbeo* – поглинаю) – поглинання речовини або енергії всією масою (об'ємом) тіла іншої речовини: газу – рідкою або твердою речовиною, будь-якої забруднювальної речовини – ними ж; поглинання звуку тілами; послаблення світла при проходженні через речовину тощо.

**Абсорбент** – рідина або тіло, яке поглинає газ, розчинену речовину або енергію всім своїм об'ємом або масою.

**Абразія** (лат. *abrasio* – зіскоблювання) – процес руйнування хвилями берегів морів, озер річок і водосховищ.

**Адаптація** (лат. *adaptatio* – пристосування) – в біології та екології – сукупність морфологічних, популяційних та ін. особливостей біологічного виду, що забезпечує можливість специфічного способу життя особин в певних умовах зовнішнього середовища; процес формування пристосувань у організмів, що забезпечують їх існування в умовах змін того чи іншого середовища.

**Адсорбція** – поглинання речовини з навколишнього середовища поверхнею іншої речовини або тіла під впливом молекулярних сил. Розрізняють фізичну адсорбцію, коли молекули поглиненої речовини (адсорбата) зберігають свою ідентичність, і хемосорбцію, коли поглинання

речовини іншою речовиною або тілом (сорбентами) супроводжується утворенням на поверхні поділу нової фази або компонента.

**Аерація** – природне або штучне надходження повітря в якесь середовище (воду, ґрунт тощо); може проводитися за допомогою технічних засобів або шляхом ліквідації перепони (льоду, мастильної плівки тощо), яка перешкоджає природному доступу повітря.

**Акумуляція** (лат. *accumulatio* – накопичення) – процес накопичення снігу або льоду в сніговому покриві чи льодовику; процес накопичення у пониженнях місцевості, природних чи штучних водоймах, відстійниках інженерних споруд мінеральних та органічних речовин (води, солі, біомаси гідробіонтів, продуктів їх життєдіяльності та розпаду, продуктів ерозії і абразії тощо) в результаті геологічних, фізичних, хімічних, біологічних процесів і господарської діяльності людини.

**Альbedo** (лат. *albus* – білий) – відношення кількості радіації, яка відбивається від будь-якої поверхні, до кількості радіації, яка падає на цю поверхню; величина, що характеризує здатність межі розділу двох середовищ відбивати або розсіювати падаючі на неї потоки електромагнітного випромінювання чи часток.

**Альbedo Землі** – відношення сонячної радіації, відбитої Землею, до всієї енергії Сонця, яка надходить до земної поверхні (А.З.  $\approx 0,36$ ).

**Аналіз** (грец. *analysis* – розкладання) – синонім наукового дослідження взагалі; метод дослідження, при якому об'єкт дослідження розглядається як система; дослідження складу, структури і фізико-хімічних властивостей речовини; дослідження параметрів процесів.

**Аналіз кількісний** – аналіз речовин, метою якого є виявлення у пробі кількості тих чи інших хімічних елементів, іонів, структур та ін.

**Аналіз якісний** – аналіз речовини, метою якого є визначення наявності у пробі тих чи інших хімічних елементів, структур шляхом ідентифікації атомів, іонів, молекул, радикалів та ін.

**Аналізатор** – прилад для визначення фізико-хімічних властивостей, вмісту і структури твердих, рідких та газоподібних речовин.

**Анемометр** (грец. *anemos* – вітер і *metron* – міра) – прилад для визначення швидкості чи сили вітру, газових і рідинних потоків за тиском на рухому частину приладу (анемометричну вертушку) або манометричним способом (за різницею динамічного й статичного тиску вітрового потоку).

**Антициклон** (грец. *anti* і *cyklon* – той, що обертається) – область відносно високого тиску, яка оточена зближеними ізобарами.

**Антропогенез** (грец. *antropos* – людина і *genesis* – походження) – зміна природних ландшафтів під впливом діяльності людини (антропогенних факторів), що супроводжується появою на їх місці антропогенних ландшафтів.

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

**Ареал** (лат. *area* – площа, простір) – територія або акваторія, в межах якої поширений вид або інша таксономічна група рослин чи тварин.

**Аридність** (лат. *aridus* – сухий) – термін, що характеризує територію або кліматичні умови з дефіцитом опадів для вирощування сільськогосподарських культур без зрошення.

**Асиміляційна ємність** (лат. *assimilatio* – уподібнення) – максимальна динамічна місткість такої кількості забруднювальної речовини, яка може бути за одиницю часу зруйнована, накопичена, трансформована та виведена за рахунок процесів седиментації, дифузії або інших за межі екосистеми без порушення нормального функціонування.

**Асиміляція** (лат. *assimilatio* – уподібнення) – процес вбирання і засвоєння організмом речовин із навколишнього середовища та утворення з них більш складних органічних речовин.

**Атмосфера** (грец. *atmos* – пара і *spharia* – куля) – газова оболонка Землі; позасистемна одиниця тиску; шар повітря в ґрунті і над його поверхнею, в межах якого спостерігається взаємний вплив компонентів біогеоценозу, зокрема повітря (як компонента біогеоценозу).

**База даних електронна** – сукупність систематизованих та упорядкованих даних, збережених в пам'яті комп'ютера, які виступають як вихідні для вирішення проблемних задач засобами комп'ютерних програм. Існують реляційні, ієрархічні, об'єктно-орієнтовані та інші види баз даних.

**Бактерії** – мікроскопічні найпростіші одноклітинні організми, безхлорофільні, належать до “без'ядерних” форм – прокаріотів. Вважається, що **Б.** – перші живі організми на Землі.

**Баланс водний** – співвідношення між кількістю води, яка надходить, і тією, що витрачається, на будь-якому етапі кругообігу води на планеті; кількісна характеристика всіх форм надходження і витрат води в межах країни чи окремих її ділянок.

**Баланс зволоження** – різниця між опадами і випаровуванням за визначений період у певній місцевості (в міліметрах водяного стовпчика).

**Барометр** (грец. *baros* – тягар і *metron* – міра) – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

**Басейн водозбірний** (водозбірна площа) – територія, обмежена вододілом, з якої в певну річку або водойму стікають поверхневі й підземні води.

**Батометр** (грец. *bathos* – глибина і *metron* – міра) – пристрій для взяття проб води з певної глибини з метою визначення її фізичних властивостей та вмісту розчинених і завислих речовин, а також гідробіонтів.

**Безпека екологічна:** 1) така сукупність дій, станів і процесів, що не веде до життєво важливих збитків (або загроз таких збитків), які

завдаються природному середовищу, окремим людям і людству; 2) комплекс станів, явищ і дій, який забезпечує екологічний баланс на Землі і в будь-яких її регіонах, на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технологічно і політично готово (може без серйозних збитків адаптуватися) людство. Безпека екологічна може бути розглянута в глобальних, регіональних, локальних і умовно-обмежених рамках, у тому числі в межах держав і їхніх будь-яких підрозділів.

**Бекерель** – одиниця активності радіоактивних ізотопів в системі СІ, названа в честь Антуана Анрі Беккереля. 1 Бк дорівнює одному розпаду на секунду.

**Бентос** (грец. *benthos* – глибина) – сукупність організмів, середовищем існування яких є донні відкладення водних об'єктів.

**Бер** – біологічний еквівалент рада. Позасистемна одиниця виміру дози будь-якого виду іонізуючого випромінювання, його біологічна дія така ж, як і дія поглинутої дози рентгенівського або гамма-випромінювання в 1 рад (1 бер = 0,01 Зіверта).

**Бета-випромінювання** – корпускулярне електронне або позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при перетвореннях ядер чи нестабільних часток.

**Біоіндикатори** (грец. *bios* – життя і лат. *indico* – показую) – група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких у досліджуваному середовищі є показником певних природних процесів, умов або антропогенних змін зовнішнього середовища. Наприклад, зміна кольору квітів з рожевого на синій свідчить на великий вміст міді у ґрунті.

**Біоіндикація** – визначення стану компонентів навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та ін.).

**Біомаса** (лат. *massa* – шматок) – виражена в одиницях маси або енергії кількість речовини живих організмів (популяцій, видів, окремих живих компонентів екосистем), що припадає на одиницю площі або об'єму.

**Біомоніторинг** (лат. *monitor* – той, що спостерігає, контролює) – біотичний моніторинг, моніторинг за станом біотичної складової середовища та її реакцією на антропогенні впливи.

**Біосфера** (грец. *spharia* – куля) – оболонка Землі (геосфери), сформована із заселених живими організмами частин земної кори, гідросфери та нижнього шару атмосфери.

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

**Біота** – історично сформована сукупність рослин, тварин і мікроорганізмів, об'єднаних загальною областю поширення. На відміну від біоценозу може не мати екологічних зв'язків між видами.

**Біотестування** – метод оцінювання рівня забруднення навколишнього середовища за допомогою тест-організмів (біотестів).

**Біохімічне споживання кисню (БСК)** – показник інтенсивності аеробної деструкції (розкладання) органічних речовин мікроорганізмами протягом певного часу (1 доби, 5 діб, 10 діб, відповідно позначають **БСК1**, **БСК5**, **БСК10**, **БСКповне**). Одиниця вимірювання – мг  $O_2$ /л. Якщо співвідношення **БСК5** і біхроматної окислюваності води дорівнює 0,02 – 0,03, то у водоймі превалює гумус ґрунтів; 0,3 – 0,5 – органічна речовина, що утворюється в процесі самоочищення та з залишків померлих організмів; 0,8 – 1,2 – органічна речовина фітопланктону; понад 1,2 – органічна речовина побутових та промислових забруднень, яка біохімічно нестійка.

**Біоценоз** – сукупність популяцій, пристосованих до спільного існування на даній території (напр., біоценоз поля, озера тощо).

**Вегетація** (лат. *vegetatio* – проростання) – стан активної життєдіяльності рослин, який проявляється у їхньому живленні, рості й розвитку.

**Вертикаль** (лат. *verticalis* – прямовисний) гідрологічна – прямовисна лінія від поверхні до дна водойми з відомими координатами у плані, на якій проводяться гідрологічні спостереження.

**Вертикаль створу** – умовна вертикальна лінія від поверхні води до дна водоймища або водотоку, на якій здійснюють дослідження для отримання інформації про якість води.

**Викид** (в атмосферу) – речовини, що надходять в атмосферу із джерел забруднення.

**Викид гранично допустимий** – об'єм (кількість) забруднювальної речовини за одиницю часу, перевищення якого призводить до погіршення якості навколишнього середовища або загрожує здоров'ю людини.

**Використання ядерної енергії** – це сукупність видів діяльності, пов'язаних з використанням ядерних технологій, ядерних матеріалів, джерел іонізуючого випромінювання в науці, виробництві, медицині та інших галузях, а також з видобуванням уранових руд та поводженням з радіоактивними відходами.

**Випромінювання** – поширення енергії у просторі або речовині.

**Випромінювання електромагнітне** – електромагнітні коливання хвиль, що поширюються зі швидкістю світла. У відповідності до зростання енергії коливань визначають радіохвилі, інфрачервоне світло, видиме світло, рентгенівське та гамма-випромінювання. Рентгенівське та гамма-випромінювання мають іонізуючу дію. Електромагнітне випромінювання



шкідливе для здоров'я людини, призводить до негативних соматичних ефектів.

**Випромінювання іонізуюче** – випромінювання, що призводить до іонізації середовища. До нього відносять випромінювання рентгенівське, корпускулярне та гамма-випромінювання.

**Випромінювання космічне** – потік стабільних частинок високих енергій (від 1 до  $10^{12}$  GeV) зі Всесвіту. Розрізняють космічне випромінювання первинне (високоенергетичне, обумовлене спалахами на Сонці; галактичне випромінювання) та вторинне (результат взаємодії первинного з атмосферою).

**Випромінювання рентгенівське** – короткохвильове випромінювання електромагнітне, довжина хвиль якого становить приблизно від  $10^{-10}$  м. Рентгенівське випромінювання виникає від різкого гальмування руху електронів у речовині.

**Виснаження водних ресурсів** – кількісне зменшення ресурсів поверхневих або підземних вод, а також їхнє якісне погіршення в розмірах, що обумовлюють порушення екологічного стану водних об'єктів і доцільних умов водокористування. Виснаження водних ресурсів найчастіше пов'язано з господарською діяльністю людини, (наприклад, із водовідбором), рідше – із впливом природних чинників (наприклад, у зв'язку з посиленням посушливості клімату).

**Витрата води** – об'єм води, що протікає через живий переріз потоку за одиницю часу.

**Внутрішнє опромінення** – опромінювання тіла людини та окремих її органів і тканин від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться у самому тілі.

**Вода зворотна** – вода, яка повертається за допомогою технічних споруд і господарських засобів до природних ланок кругообігу води (річкової, озерної тощо) у вигляді стічної, скидної або дренажної.

**Вода скидна** – вода, що відводиться від зрошуваних сільгоспугідь, присадибних ділянок, а також з територій, на яких застосовується гідромеханізація.

**Вода стічна** – вода, що утворюється у процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім дренажної і скидної води), а також при відведенні із забудованої території стоку атмосферних опадів.

**Води ґрунтові** – підземні води першого від поверхні землі постійного водонасного горизонту.

**Водна екосистема** – екологічна система водного об'єкта, в якій нерозривно поєднуються неживе середовище та біота (складний комплекс угруповань і популяцій рослин, тварин, мікроорганізмів).

**Водні ресурси** – води, придатні для використання (практично всі води Землі: річкові, озерні, морські, підземні, вологість ґрунту, водяні пари атмосфери та інші).

**Вододіл** – лінія, яка розмежовує стік атмосферних опадів по схилах, спрямованих у різні боки.

**Водозабезпеченість** – ступінь відповідності потреби у воді фактичному забезпеченню водоспоживача (біотичного угруповання, місцевості, підприємства тощо).

**Водозбір** – частина території суші, з якої вода поверхневим чи підземним шляхом стікає в певний водний об'єкт.

**Водойма** – природне або штучне скупчення проточних або стоячих вод (озеро, річка, водосховище).

**Водотік** – рух води в природному або штучному поглибленні у напрямку нахилу земної поверхні.

**Вологість ґрунту** – величина, що характеризує вміст вологи у ґрунті.

**Вплив антропогенний** – вплив людства на природні і штучні процеси, явища тощо.

**Газоаналізатор** – прилад для визначення якісного та кількісного складу газової суміші.

**Газо-аерозольний викид** – надходження в атмосферу радіоактивних речовин з технологічних контурів та систем вентиляції підприємства.

**Гамма-випромінювання** – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі менше 0,1 нм, що виникає при розпаді радіоактивних ядер, переході ядер із збудженого стану в основний, при взаємодії швидких заряджених часток з речовиною тощо.

**Геоєкологія** – розділ екології, що досліджує геологічні та географічні системи (геосистеми) високих ієрархічних рівнів, аж до біосфери включно.

**Географічна інформаційна система (геоінформаційна система, ГИС)** — 1) це інформаційна система, яка забезпечує збирання, зберігання, обробку, доступ, відображення та поширення просторово-орієнтованих даних (просторових даних); 2) це сукупність електронних карт з умовними позначеннями об'єктів на них, баз даних з інформацією про ці об'єкти та програмного забезпечення для зручної роботи з картами і базами як з єдиним цілим.

**Геоінформаційна технологія (ГИС-технологія)** — це технологічна основа створення геоінформаційних систем, які дозволяють реалізувати функціональні можливості ГИС.

**Геологічне** (грец. *geo* – Земля, *logos* – вчення, наука) **середовище** – це частина літосфери в комплексі із ендегенними й екзогенними процесами, що перебувають або можуть перебувати, під впливом діяльності людини. Природними компонентами геологічного середовища є гірські породи. А ґрунти, донні осади, підземні води, гази – це супроводжувальні компоненти, які належать до інших геосфер.

**Геосистема** (географічна система) – фізико-географічна одиниця розчленування оболонки Землі, особливого роду матеріальна система, що складається з взаємообумовлених природних компонентів, взаємопов'язаних у своєму розміщенні, що розвиваються в часі як частини цілого. Компоненти геосистеми включають: гірські породи, повітря, поверхневі і підземні води, ґрунти, рослинність, тваринний світ, з одного боку, і антропогенні чинники – з іншого боку.

**Гігрограф** (грец. *higros* – вологий і *grapho* – пишу) – самописний прилад для реєстрації відносної вологості повітря.

**Гігрометр** (грец. *metron* – міра) – прилад для вимірювання або контролювання величин, що характеризують вологість речовин у газоподібному стані.

**Гідробіологічні** (грец. *bios* – життя) **показники** – кількісні та якісні характеристики різних груп водного населення, що використовуються для оцінювання еколого-санітарного стану водних екосистем.

**Гідробіоти** – всі живі організми (тваринні і рослинні), які розвиваються й існують у воді та донних відкладеннях водойм і водотоків.

**Горизонт створу** – зона на вертикалі (в глибині), де виконують комплекс досліджень для отримання інформації про якість води.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** – прийнятий законом санітарно-гігієнічний норматив кількості шкідливої речовини в середовищі. Приймається, що вона практично не повинна впливати на організм та викликати несприятливі наслідки у нащадків.

**Гранично допустима концентрація максимальна разова (ГДК<sub>мр</sub>)** – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, яка встановлюється для попередження рефлексорних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткотривалому впливі атмосферних домішок.

**Гранично допустима концентрація середньодобова (ГДК<sub>сд</sub>)** – характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини.

**Гранично допустиме надходження (ГДН)** – кількість речовини (забруднювача), що надходить до певної території за одиницю часу в кількості, яка утворює концентрації, не вищі за встановлені ГДК.

**Гранично допустимий викид (ГДВ)** – 1) кількість (об'єм) забруднювальної речовини за одиницю часу, перевезення якої (якого) призводить до несприятливих наслідків в природному середовищі або є небезпечним для здоров'я людини (тобто веде до перевищення ГДК); 2) викид шкідливих речовин в атмосферу, який встановлюється окремо для кожного джерела забруднення атмосфери за умови, що навколоземна концентрація цих речовин не перевищує ГДК.

**Гранично допустимий скид (ГДС)** – 1) науково-технічний норматив, який встановлюється з урахуванням ГДК речовин в місцях водовикористання (в залежності від виду водовикористання), асимілюючої здатності екосистеми водного об'єкта, перспектив розвитку регіону та оптимального розподілу між водоспоживачами маси речовин, що скидаються ними із стічними водами; 2) маса речовини в стічних водах, яка максимально допустима до відведення у встановленому режимі на даній ділянці водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті; 3) ліміт витрачання стічних вод і концентрації домішок, що в них містяться.

**Грей (Гр)** – одиниця поглинутої дози випромінювання в системі СІ, дорівнює абсорбції енергії в 1 Джоуль на 1 кг маси речовини.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ .

**Грунт** – окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, вольного і тваринного світу, ґрунтоутворювальних порід, часу.

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

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

**Дампінг** – скид та захоронення відходів у морях і океанах.

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

**Державний моніторинг навколишнього природного середовища** – 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.

**Долина річки** – відносно вузьке, витягнуте у довжину, звивисте заглиблення у земній поверхні, створене віковою діяльністю стікаючої по поверхні землі води, з наявністю русла сучасного потоку, яке характеризується загальним нахилом дна від одного кінця до іншого.

**Достовірність прогнозування** – оцінка ймовірності здійснення прогнозу для заданого певного часового інтервалу.

**Дощі кислотні** – дощі, викликані забрудненням атмосфери діоксидом сірки, які призводять до захворювань або загибелі живих організмів.

**Евтрофікація** (грец. *eu* – добре і *trophe* – живлення) – забруднення поверхневих вод органічними речовинами (як правило, залишками добрив) внаслідок потрапляння сільськогосподарських чи комунальних стоків у відкриті водойми, яке призводить до бурхливого розмноження водоростей і зниження вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах води.

**Екологічна система (екосистема)** – функціональна природна система, утворена сукупністю взаємодійних живих організмів і неживої природи, що займає певну територію. **Екосистему** в межах одного біоценозу часто називають **біогеоценозом**.

**Екологічне обмеження** – система кількісних і якісних параметрів екологічної стійкості природного об'єкта, зміна яких в результаті антропогенної діяльності призводить до порушення системних властивостей, функціональних характеристик об'єкта і незворотних екологічних наслідків у відповідних ландшафтно-кліматичних умовах.

**Екологічні дослідження** – дослідження, що проводяться з метою вивчення біологічних, геологічних, гідрогеологічних, біогеохімічних, геодинамічних та інших умов і динаміки їх змін, що виникають у результаті техногенного впливу, а також розробка прогнозів з урахуванням можливості нарощування антропогенного тиску на природне середовище при подальшому розвитку господарської діяльності.

**Екологія** (грец. *oikos* – оселя і *logos* – вчення, наука) – комплексна наука про будову, функціонування, взаємозв'язки багаторівневих систем у Природі й Суспільстві. Основним об'єктом досліджень сучасної екології є екосистеми планети всіх рівнів та їх елементи. За визначенням Е. Геккеля (1866) екологія – це наука, яка вивчає відносини між живим організмом та тим природним середовищем, де він перебуває.

Термін "екологія" вживається у США, Канаді та Західній Європі тільки як традиційне суто біологічне поняття. Там, де йдеться про поняття сучасної екології, пов'язані з її прикладними аспектами, західні автори вживають термін: "environmental science" – наука про довкілля.

**Еколого-геологічна карта** – картографічне відображення геологічного середовища і техногенного впливу, що відбувається в ньому під впливом змін, динаміки розвитку цих змін і оцінки стану геологічного середовища на період картування й прогнозування.

**Ерозія** (лат. *erosio* – роз'їдання) ґрунтів – процес розмивання або змивання ґрунтів і гірських порід водними потоками; процес руйнування гірських порід, ґрунтів чи будь-яких інших утворень із зміною властивостей і цілісності їхньої поверхні.

**Ефект парниковий** – поступове потепління клімату внаслідок накопичення в атмосфері парникових газів (діоксид вуглецю, метан, пари води тощо) антропогенного походження; парникові гази пропускають сонячні промені на Землю, перешкоджаючи тепловому випромінюванню з поверхні Землі.

**Забруднення навколишнього середовища** – надходження в об'єкти навколишнього середовища або утворення в них різноманітних механічних, хімічних, біологічних агентів, що призводить до того, що ці об'єкти стають реальною загрозою для життя людини чи інших живих організмів, або стають частково чи цілком непридатними для їхнього використання за цільовим призначенням. Забруднення навколишнього середовища може бути природним, що утворилося поза впливом діяльності людини, і антропогенним, пов'язаним із діяльністю людини.

**Забруднювач** – джерело забруднення природного середовища, що вносить забруднювальні речовини фізичної, хімічної або біологічної природи.

**Забруднювальна речовина** – будь-який природний чи антропогенний фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид, що потрапив у навколишнє середовище або виник у ньому в кількостях, які перевищують його звичайний вміст. Особливе місце займають хімічні елементи та речовини, що входять у природні утворення, але переміщуються людиною з одних геосфер в інші або ж штучно концентруються нею. Прикладом таких елементів можуть служити важкі метали і радіоактивні речовини.

**Заплава** – частина долини річки, що періодично затоплюється водою при весняному розливі (повені) або дощових паводках, після яких залишається алювій (пісок, пилуваті органічні й мінеральні частки тощо).

**Заповідник** (заповідна територія) – ділянка території (землі або водного простору), в межах якої на законних підставах весь природний комплекс повністю і назавжди вилучено із господарського використання, яка зберігається в незайманому стані і знаходиться під охороною держави.

**Заповідник біосферний** – територія, що знаходиться під охороною держави, на якій захист природних комплексів поєднується з науковими дослідженнями, моніторингом довкілля і освітою в галузі охорони навколишнього природного середовища. Створення З.Б. координує програма ООН “Людина і біосфера” (з 1973 р.). На території України 4 біосферних заповідники – Асканія-Нова, Чорноморський, Карпатський і Дунайський.

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

**Зона водоохоронна** – природоохоронна територія вздовж річок, водосховищ та інших водойм, на якій обмежується і регулюється господарська діяльність.

**Зона впливу забруднення** – частина території, в яку надходять забруднювальні речовини із зони забруднення (або безпосередньо зі скиду чи викиду), але внаслідок невисокої концентрації або короткотривалого їх

впливу в ній зберігається природний перебіг біологічних та біохімічних процесів.

**Зона забруднення** – територія, на якій при надходженні забруднювальних речовин порушуються природні біологічні і біохімічні процеси, а концентрація забруднювальних речовин перевищує прийняті норми за санітарними, рибогосподарськими чи іншими показниками.

**Зообентос** (грец. *zoon* – тварина і *benthos* – глибина) – сукупність донних тварин, що живуть на дні або в ґрунті морських і прісних водойм.

**Зоопланктон** (грец. *zoon* – тварина і *plankton* – блукаюче) – сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями.

**Жива речовина** (за В. І. Вернадським) – сукупність живих організмів Землі, виражена кількісно в елементарному хімічному складі, масі чи енергії. Поняття живої речовини введено у зв'язку з геохімічним уявленням про біосферу.

**Ізотерми** (грец. *isos* – однаковий, рівний і *therme* – тепло) – лінії, що з'єднують на карті місцевості з однаковими температурами повітря, води або ґрунту.

**Індикатор** (лат. *indicator* – показчик) – показник або пристрій, що відображає зміни будь-яких параметрів контрольованого процесу або об'єкта у формі, яка найбільш зручна для безпосереднього сприйняття людиною. Використовують І. візуальні, акустичні, тактильні та ін.

**Індикатор забруднення** – індикатор, що сигналізує про наявність, накопичення або зміну кількісного чи якісного складу забруднювальних речовин у навколишньому природному середовищі.

**Індикаторні рослини (тварини)** – див. **Біоіндикатори**.

**Каламутність води** – маса завислих речовин в одиниці об'єму води водного об'єкта, в мг/л або мг/м<sup>3</sup>.

**Канцерогени** (лат. *cancer* – рак і лат. *genos* – рід, походження) – речовини або фізичні агенти, здатні викликати утворення злоякісних пухлин або сприяти їх розвитку.

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

**Кліматичний моніторинг** – система спостережень, оцінювання і прогнозування зміни клімату.

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

**Колориметр** – прилад для вимірювання кольору.

**Контроль** – перевірка відповідності контрольованого об'єкта встановленим вимогам.

**Критичне навантаження на навколишнє середовище** – рівень навантаження, перевищення якого обумовлює руйнування або порушення структури, зв'язків, функцій і процесів саморегулювання, що призводить до необоротних наслідків і відповідних змін усієї екосистеми.

**Конвективне (фільтраційне) перенесення** – перенесення речовин (хімічних елементів і сполук) і тепла у геологічному середовищі фільтраційним потоком, яке відбувається під впливом гідравлічного градієнта, а при наявності рідин з різною густиною – також і під дією градієнта щільності. Для оцінювання антропогенних змін геологічного середовища особливе значення має інформація про так званий природний фоновий вміст речовин, тобто в не порушених господарською діяльністю людини умовах.

**Кумуляція** – збільшення, збирання, накопичення діючих елементів у навколишньому середовищі.

**Ландшафт (географічний)** – територіально обмежена система взаємозалежних і взаємообумовлених географічних компонентів, що розвиваються як єдине ціле. Географічні компоненти – це маси верхньої частини земної кори (умовно до глибини залягання першого від поверхні землі водотривкого горизонту), підземні і поверхневі води, атмосферне повітря, ґрунт, рельєф, клімат, біота – співтовариство рослин, тварин, мікроорганізмів. Синонімом терміна "ландшафт" є природний територіальний комплекс.

**Ландшафт антропогенний** – створений або перетворений господарською діяльністю людини природний ландшафт. Він розвивається при значній (або головній) ролі людської діяльності. Якщо для процесів розвитку природного ландшафту характерна властивість саморегуляції, то розвиток антропогенного ландшафту відбувається в умовах порушення природної саморегуляції.

**Ландшафт природний** – ландшафт, що природно саморозвивається і саморегулюється, та в якому відсутній значний вплив людської діяльності.

**Ландшафтно-геохімічна зональність** – закономірна зміна розподілу й особливостей міграції хімічних елементів і сполук у ґрунтах, зоні аерації, ґрунтових водах у залежності від особливостей природного чи антропогенного ландшафту або окремих його характеристик.

**Ландшафтно-геохімічна зона** – територія з відносно однорідними, але специфічними причинними взаємозв'язками, особливостями розподілу та міграції елементів і сполук, з особливостями природного й антропогенного ландшафту.

**Лімітувальна ознака шкідливості (ЛОШ)** – ознака шкідливості, яка з'являється при найменшій концентрації речовини.

**Лісистість** – відношення вкритої лісом площі до загальної площі району, області, краю, виражене у відсотках.



**Літосфера** – верхня тверда оболонка Землі – в глибину до 70 км.

**Льодостав** – фаза льодового режиму, що характеризується наявністю льодового покриву.

**Межа екосистеми** – перехідна смуга, в межах якої змінюється співвідношення екологічних компонентів, факторів середовища та видовий склад біоти.

**Межень** – фаза водного режиму річок, яка характеризується малою водністю, тривалим збереженням низького рівня води і виникає внаслідок зменшення живлення водотоку.

**Меліорація** (лат. *melioratio* – поліпшення) – сукупність організаційно-господарських і технічних заходів докорінного поліпшення водного і повітряного режиму земель із несприятливими хімічними та фізичними властивостями або земель, що зазнають шкідливої механічної дії води чи вітру.

**Метод польовий** (в екології) – метод, що передбачає вивчення природно-техногенних об'єктів у дослідках, здійснюваних безпосередньо в польових умовах.

**Метод досліджень дистанційні** – система вивчення природно-територіальних комплексів, їхніх компонентів, факторів, що на них впливають, за допомогою чутливих елементів і приладів, які розташовані на відстані від досліджуваного об'єкта чи від спостерігача. Наприклад, **дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)**.

**Міграція** (лат. *migratio* – переселення) – переміщення тварин і рослин у просторі; переселення чи переміщення населення як усередині країни, так і з однієї країни в іншу.

**Міграція хімічних елементів** – процес перенесення і зміни розташування хімічних елементів у екосистемі. Особливості цього процесу залежать від властивостей елемента (хімічної активності, здатності утворювати розчинні і нерозчинні сполуки, поглинатися організмами й ін.), властивостей і умов середовища (температури, тиску, лужно-кислотних і окисно-відновних умов та ін.)

**Міграційний потік речовини** – переміщення в навколишньому середовищі хімічних елементів та їхніх сполук у газоподібному, розчиненому, розплавленому і твердому станах.

**Мікроорганізми** (грец. *mikros* – малий і лат. *organismus* – організми) – тваринні і рослинні організми, які можна побачити лише під мікроскопом.

**Мінералізація** – процес перетворення органічних речовин (решток рослин і тварин) у мінеральні, що відбувається за допомогою мікроорганізмів; концентрація солей у водах.

**Моніторинг** (англ. *monitoring*, від лат. *monitor* – той, що спостерігає, контролює, попереджає) **глобальний** – система спостережень за планетарними процесами і явищами, які проходять у біосфері, з метою

оцінювання та прогнозування глобальних змін в біосфері та вирішення глобальних проблем охорони навколишнього природного середовища.

**Моніторинг довкілля або екологічний моніторинг** – комплексна система моніторингу біосфери, яка охоплює спостереження, оцінювання і прогнозування антропогенних змін (біологічних, геофізичних) стану біосфери загалом і екосистем всіх рівнів, а також забезпечення наукової підтримки (обґрунтування) управлінських рішень.

**Моніторинг довкілля оперативний (кризовий)** – спостереження за спеціальними показниками у реальному масштабі часу на мережі пунктів за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначають зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими наслідками з метою забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації і створення безпечних умов для населення.

**Моніторинг загальний (стандартний)** – оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінювання та прогнозування стану НПС розробляти наукове обґрунтування управлінських рішень на всіх рівнях.

**Моніторинг імпактний** – моніторинг за джерелами значного екологічного впливу на локальному рівні.

**Моніторинг кліматичний** – система спостережень, оцінювання й прогнозування можливих змін клімату на глобальному рівні.

**Моніторинг поверхневих вод** – система постійних спостережень, збирання, оброблення даних про стан водних об'єктів, прогнозування їх змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

**Моніторинг радіоекологічний** – комплексна інформаційно-технічна система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану територій, як правило, поблизу АЕС або потерпілих від радіаційних аварій.

**Моніторинг фоновий** – багаторічні комплексні спостереження за визначеними об'єктами природоохоронних зон для оцінювання і прогнозування змін стану природних екосистем, віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності.

**Навантаження антропогенне** – ступінь прямого і непрямого впливу діяльності людини на природне середовище в цілому або на його окремі компоненти.

**Навколишнє середовище (довкілля)** – оточуючий людину природний і створений нею матеріальний світ. Навколишнє середовище включає природне і штучне (техногенне) середовище, тобто сукупність елементів середовища, створених працею людини і які не мають аналогів у природі (будинки, споруди тощо). Антропогенна діяльність змінює

навколишнє середовище, прямо або опосередковано впливаючи на всі його елементи. Останнім часом ці зміни охопили практично всю географічну оболонку Землі і стали врівень з глобальними природними процесами.

**Навколишнє природне середовище (природне середовище) (НПС)** – природна складова частина навколишнього середовища.

**Ніша екологічна** – місце організму чи виду в природі, яке включає не лише положення його в просторі, а й функціональну роль у біоценозі та ставлення до абіотичних факторів середовища існування; фізичний простір з властивими йому екологічними умовами, що визначають існування будь-якого організму.

**Норма санітарно-гігієнічна** – якісно-кількісний показник стану навколишнього середовища, дотримання якого гарантує безпечні або оптимальні умови існування живих організмів.

**Об'єм стоку** – кількість води, що протікає через розрахунковий створ водотоку за певний період часу; об'єм води, який надходить із водозбору за певний інтервал часу.

**Оптимізація навколишнього середовища** – система заходів з приведення навколишнього середовища у компромісний стан, який найбільш близький до природного і відповідає потребам життя та діяльності людини згідно з концепцією сталого розвитку.

**Опустелювання** – виснаження аридних та напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух.

**Охорона вод** – заходи, спрямовані на збереження кількості і якості підземних та поверхневих вод в інтересах держави, зокрема роботи зі збереження лісів, водоохоронних зон і прибережних захисних смуг, запобігання ерозії, очищення вод, які скидаються промисловими підприємствами, тощо.

**Охорона навколишнього середовища** – комплекс законодавчих, адміністративних, економічних, технологічних та інших заходів щодо гармонізації взаємодії людини з природою і раціонального використання природних ресурсів.

**Охорона навколишнього природного середовища** – комплексна система заходів, спрямована на збереження, раціональне використання та відтворення природних ресурсів, в тому числі – на збереження біологічного різноманіття, земних надр, водних ресурсів, атмосферного повітря. Для досягнення мети використовуються такі форми природоохоронної діяльності:

- створення заповідних комплексів;
- регламентація використання природних ресурсів, організація їх оцінювання та обліку, підготовка кадрів для інспекції й проектування різних споруд, розробка механізмів і технологій, які б забезпечували екологічно безпечну експлуатацію природних ресурсів та ін.;

– захист природного середовища: скорочення об'ємів скидання стічних вод, регулювання якості поверхневого стоку, водоохоронні засоби, рекультивація земель та ін.;

– незалежна екологічна експертиза проектів як засіб попередження екологічних помилок та порушень;

– моніторинг стану навколишнього природного середовища та ін.

**Оцінювання стану природного середовища** – співвіднесення реальної ситуації з ідеальною та тимчасовою нормою згідно зі стандартизованими параметрами.

**Оцінювання соціо-еколого-економічне** – підхід до оцінювання подій, явищ, ресурсів території і об'єктів, який виходить з визнання однакової важливості екологічної, соціальної та економічної складових. Складається з екологічного оцінювання з урахуванням динаміки впливу, з визначення соціальної значимості подій, явищ, ресурсів і об'єктів (також в динаміці) та їх економічного оцінювання. Може бути представлене інтегрованим показником або вектором показників в натуральному вимірюванні, в балах або вартісно.

**Паводок** – швидке, порівняно короткочасне підвищення рівня води у будь-якому фіксованому створі річки, яке завершується таким же швидким спадом.

**Параметр** – це величина, що характеризує будь-яку властивість процесу або явища, що відбувається у навколишньому середовищі.

**Парки національні** – природоохоронні території (акваторії) з малопорушеним природним комплексом, часто з унікальними об'єктами (водоспадами, каньйонами, гейзерами тощо), що охороняються державою.

**Перифітон** – поселення водних рослин і тварин на підводних скелях, камінні, річкових суднах, палях та інших занурених у воду об'єктах.

**Період вегетації** – час, необхідний для проходження повного циклу розвитку рослин.

**Пестициди** (лат. *pestis* – зараза, чума і *caedo* – вбиваю) – загальна назва хімічних речовин, що використовуються для знищення або зменшення чисельності патогенних бактерій (бактерициди), грибів (фунгіциди), нематод (нематоциди), шкідливих комах (інсектициди), кліщів (акарициди), хребетних тварин (зооциди), бур'янів (гербіциди).

**Площа водозбору діюча** – частина площі водозбору, з якої здійснюється стік при даному шарі опадів, що надходять на всю поверхню водозбору.

**Поверхневі води** – води суходолу, що постійно або тимчасово перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів у рідкому (водотоки, водойми) і твердому (льодовики, сніговий покрив) стані.

**Повінь** – фаза водного режиму річок, яка характеризується найбільшою водністю, значним, відносно тривалим підвищенням рівня води і спостерігається щороку в один і той же сезон, як правило, весною.

**Показники якості води гідробіологічні** – показники якості води, що їх визначають при гідробіологічному аналізі: біомаса живих рослинних і тваринних організмів, чисельність популяцій, колі-титр, колі-індекс, сапрофіти та ін.

**Пост водомірний** – обладнання для систематичного вимірювання рівня води в річках, морях, озерах, каналах.

**Пост гідрологічний** – пункт на водному об'єкті, обладнаний приладами і пристроями для проведення систематичних гідрологічних спостережень.

**Природні ресурси** – конкретні види матерії та енергії (вода, ґрунт, мінерали, рослинність, тварини, газ, нафта, вугілля та ін.), які використовуються в процесі життєдіяльності людини. Ресурси можуть бути вичерпними (тобто можуть бути використані одноразово) та невичерпними (багаторазового використання). До вичерпних належать ресурси, що відновлюються (рослини, тварини, ґрунти та ін.) і не відновлюються (корисні копалини). Темпи використання відновних ресурсів повинні відповідати швидкості їх самовідновлення, інакше вони стануть невідновними. До невичерпних ресурсів відносять повітря, воду, ґрунт (якщо ці ресурси розглядати не як фізичне тіло, а як біологічно повноцінне середовище життя, то треба пам'ятати, що сильне антропогенне забруднення може „перевести” їх до рангу вичерпних), сонячна енергія, енергія вітру та ін.

**Прогнозування змін у навколишньому середовищі** – передбачення можливих змін у природному середовищі внаслідок складних ланцюгових реакцій, пов'язаних як із прямим впливом людини на середовище, так і з віддаленими опосередкованими наслідками таких впливів.

**Програма спостережень** – теоретично і експериментально визначена необхідна кількість показників і послідовність досліджень, які дають змогу отримати повну і достовірну інформацію про якість води у певному місці у визначений час.

**Продуктивність біологічна** – здатність біоценозів (або їхніх компонентів) підтримувати певну швидкість відтворення своїх складових. Мірою біологічної продуктивності служить продукція (біомаса), утворена за одиницю часу (година, доба, місяць, рік). Матеріально-енергетичну основу біологічної продуктивності складає органічна речовина первинних продуцентів (продукція автотрофів). Біологічна продуктивність – один з найважливіших проявів біотичного кругообігу речовин.

**Продуктивність екосистеми** – кількість живої речовини, що утворюється в екосистемі протягом року на одиницю площі чи об'єму середовища.

**Психрометр** – прилад для вимірювання вологості повітря.

**Пункт (пост) спостереження** – географічно визначене місце, де проводять комплекс робіт для одержання даних про якісні і кількісні характеристики середовища.

**Режим ґрунту водний** – сукупність явищ, що визначають надходження, переміщення, витрату й використання рослинами ґрунтової вологи.

**Режим річок** – закономірні зміни (добові, сезонні, багаторічні) рівнів і витрат води, швидкості течії, температури і льодових явищ, хімічного складу води, а також рельєфу русла, характеру берегів тощо.

**Рекреація** – відновлення здоров'я та працездатності людей шляхом відпочинку поза постійним житлом (санаторій, ліс, річка, море, туризм та ін.).

**Рекультивация** – штучне відновлення ґрунтового і рослинного покривів після техногенного порушення природи.

**Рекультивация земель** – система заходів, спрямованих на відновлення господарської цінності і комплексного поліпшення земель, пошкоджених у процесі господарської діяльності людини.

**Ренатуралізація** – ліквідація негативних наслідків господарської діяльності інженерними засобами. Наприклад: відновлення русел річок, ліквідація меліоративних систем, рекультивация земель після гірничодобувних робіт, насадження лісосмуг та ін.

**Речовина антропогенна** – хімічна сполука, введена у сферу Землі завдяки діяльності людини.

**Ризик екологічний** – можливість несприятливих наслідків для будь-яких існуючих природних об'єктів і факторів в результаті антропогенних впливів.

**Рівень води максимальний** – найвище положення рівня води в момент найбільшого наповнення русла річки, водосховища, озера.

**Рівень радіоактивності** – сумарна інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у навколишньому середовищі. Залежить від природного фону радіоактивності й кількості антропогенних радіоактивних забруднювачів середовища.

**Річки (ріки)** – водні потоки, що течуть у природних руслах і живляться за рахунок поверхневого і підземного стоків з їх басейнів.

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

**Рослина-монітор** – рослина, за ознаками ушкодження якої можна отримати інформацію про кількість забруднювальних речовин або їх суміші у довкіллі.

**Самоочищення** – сукупність фізичних, хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, які зумовлюють розклад і утилізацію забруднювальних речовин, при яких частково або повністю відновлюється природний стан екосистем.

**Санітарно-захисні зони (СЗЗ)** – спеціально облаштовані ділянки землі певного розміру навколо підприємств, які створюють з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на навколишнє середовище та здоров'я людини.

**Сапробіонти** (грец. *sapros* – гнилий і *biontos* – той, що живе) – організми, що існують у водах, забруднених органічними речовинами.

**Сапробність** – рівень забруднення води органічними речовинами; комплекс фізико-хімічних властивостей організму, що зумовлює його здатність існувати у водах, забруднених органічними речовинами.

**Седиментація** – процес осадження дрібних часточок під дією гравітаційного поля або відцентрових сил.

**Середовище** – сукупність конкретних абіотичних та біотичних умов, в яких мешкає дана особина або вид. Середовище має три складових – природну, штучну і соціальну. Реакція середовища на зовнішнє втручання характеризуються його стійкістю, еластичністю, інерцією, ємністю, припустимими межами змін та ін.

**Смуга відчуження** – територія обабіч залізниць (по 50 м) та автошляхів (по 25 м), що використовується за транспортним призначенням і вилучена з іншого землекористування.

**Смуга захисна** – лісові й незалісенені площі, виділені для захисту доріг від снігових, піщаних, пилових заносів та для виконання санітарно-гігієнічних і естетичних функцій.

**Смуга прибережна захисна** – частина водоохоронної зони відповідної ширини вздовж річки, моря, навколо водойм, на якій встановлено більш суворий режим господарської діяльності, ніж на решті території водоохоронної зони

**Солоність води** – вміст розчинних солей у природних водах (прісна вода – до 0,5—1, солонувата – від 1 до 3, слабосолона – від 3 до 10, солоні і дуже солоні вода – від 10 до 50, розсіл або ропа – понад 50 г/л.)

**Сорбція** – поглинання твердим тілом або рідиною речовини з навколишнього середовища.

**Спостереження візуальні** – метод визначення стану водного об'єкта шляхом безпосереднього його огляду.

**Сталий розвиток** (англ. *sustainable development*) – еколого-економічно збалансований, тривкий, безперервно підтримуваний розвиток

людства. **С.Р.** – розвиток, який задовольняє сьогоденні потреби людства не за рахунок прийдешніх поколінь.

**Створ пункту спостереження** – умовний поперечний переріз водоймища або водотоку, де проводиться комплекс робіт для отримання інформації про якість води.

**Стійкість середовища екологічна** – властива екосистемі внутрішня здатність протистояти змінам, зберігати свою структуру і функціональні особливості при дії зовнішніх факторів.

**Території (землі) природоохоронного призначення** – це ділянки суші і водного простору з природними комплексами та об'єктами, що мають особливу природоохоронну, екологічну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність, яким відповідно до закону надано статус територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

**Техногенна геологічна система (ТГС)** – це просторово обмежена система взаємодії об'єктів геологічного середовища з техногенними об'єктами, що характеризується відносною самостійністю, однаковістю і специфікою прояву кількісних і якісних змін у геологічному середовищі. ТГС є головними структурними елементами формування і розвитку геологічного середовища. В даний час на території України склався цілий ряд складно побудованих регіональних техногенних геологічних систем, таких як Донбас, Крим, Прикарпаття, Кривбас, Полісся і ін. У свою чергу, регіональні ТГС сформовані з локальних (місцевих) ТГС.

**Техносфера** – частина біосфери, трансформована під впливом техногенної діяльності людини.

**Тропосфера** – нижня частина атмосфери, висота якої доходить до 20 км, де життя вже немає, але відбувається міграція біогенних газів.

**Території (землі) сільськогосподарського призначення** – землі, відведені під виробництво сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення відповідної виробничої інфраструктури або призначені для цих цілей.

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

**Урбанізація** – процес збільшення кількості міст і зростання числа міських жителів.

**Фактор** – це причина або рушійна сила будь-якого процесу, що відбувається у навколишньому середовищі.

**Фактори абіотичні** – сукупність неорганічних умов існування організму. Поділяються на хімічні (склад атмосфери, вміст в ній різних домішок, склад морських та прісних вод, донних відкладень, ґрунтів тощо) і фізичні (температура повітря, води, ґрунту, барометричний тиск,



переважний напрямок вітру, течія, інсоляція, характер субстрату, радіаційний фон та ін.).

**Фактори атмосферні** – структура і склад атмосфери, фізичні та хімічні властивості атмосфери, які спроможні впливати на живі організми.

**Фактори біотичні** – сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших, а також на неживе середовище існування.

**Фактори гідрографічні** (фактори водного середовища) – фізичні та хімічні властивості води як середовища існування живих організмів.

**Фактори екологічні** – окремі властивості або елементи довкілля, які впливають на організм. Поділяються на абіотичні, біотичні і антропогенні.

**Фактори едафічні** (грунтові) – структура і склад ґрунтів, сукупність фізичних і хімічних властивостей ґрунту, що справляють екологічний вплив на живі організми.

**Фітомеліорація** (грец. *phyton* – рослина, лат. *melioratio* – поліпшення) – система заходів, спрямована на поліпшення природних умов шляхом регламентованого використання і культивування рослинних угруповань (створення лісосмуг, вирощування меліорантних культур тощо).

**Фітопланктон** (грец. *plankton* – блукаюче) – сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води морських та прісних водоймищ і пасивно переносяться течіями.

**Фітоценоз (рослинне угруповання)** (грец. *coinos* – загальний) – історично складена сукупність видів рослин, що існує на території з більш-менш однотиними кліматичними, ґрунтовими та іншими умовами і характеризується певним видовим складом, структурою та взаємодією рослин між собою і навколишнім середовищем.

**Фоновий вміст** встановлюється в межах території зі статистично відокремленими вибірковими сукупностями конкретних вимірів вмісту речовини. У зв'язку з активною господарською діяльністю в даний час визначення природних фонових вмістів елементів і сполук у геологічному середовищі практично неможливе. Тому як так звані фонові приймаються вмісти, визначені в районах найменшого впливу техногенних чинників, і при цьому використовується метод аналогії.

**„Хвостосховище”** – замкнутий чи напівзамкнутий басейн для збереження відходів збагачення корисних копалин – „хвостів”.

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

**Хімічне споживання кисню (ХСК)** – показник, який означає кількість кисню, що була витрачена на окислення органічної речовини під впливом сильнодіючого окислювача – біхромату калію.

**«Цвітіння» води** – масовий розвиток фітопланктону, що викликає зміну забарвлення води, значне погіршення умов існування у водоймах, особливо кисневого режиму.

**Ядерний паливний цикл** – комплекс виробничих процесів з видобування, виготовлення, експлуатації, транспортування і утилізації радіоактивних матеріалів.

**Якість атмосферного повітря** – сукупність властивостей повітря, яка визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних чинників на людей, рослинний та тваринний світ, а також на матеріали, конструкції і довкілля загалом.

**Якість води** – ступінь відповідності біологічних, фізико-хімічних та інших властивостей води потребам людини та технологічним вимогам.

**Якість ґрунту** – характеристика складу і властивостей ґрунту, яка визначає його родючість і придатність для вирощування сільськогосподарських культур.

**Якість навколишнього середовища** – відносне поняття, що відображає суб'єктивно-об'єктивний вплив навколишнього середовища на людину. Оцінювання якості навколишнього середовища здійснюється шляхом порівняльного спостереження вимірюваних станів його компонентів з нормативами (стандартами чистоти вод, повітря, ґрунтів тощо).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

АІВС	Автоматизована інформаційно-вимірювальна система
АІС	Автоматизована інформаційна система
АП	Атмосферне повітря
БД	База (банк) даних
БСК	Біохімічне споживання кисню
ВМ	Важкі метали
ВМО	Всесвітня метеорологічна організація
ГДВ	Гранично допустимий викид
ГДЕГВ	Гранично допустимі еколого-геологічні впливи
ГДЕГН	Гранично допустимі еколого-геологічні навантаження
ГДК	Гранично допустима концентрація
ГДН	Гранично допустиме навантаження
ГДС	Гранично допустимий скид
ГІС	Геоінформаційна система
ГІС-пакет	Пакет комп'ютерних програм для роботи з ГІС
ГС	Геологічне середовище

ГСМоНС	Глобальна система моніторингу навколишнього середовища
ГТС	Геолого-техногенне середовище
ДЕІ	Державна екологічна інспекція
Держводгосп	Державний комітет України по водному господарству
Держгеослужба	Державна геологічна служба Мінприроди України (колишній Державний комітет України по геології і використанню надр – Держкомгеології)
Держгідрометслужба	Державна гідрометеорологічна служба МНС України (колишній Державний комітет України гідрометеорології – Держкомгідромет; Головне управління гідрометслужби СРСР – ГУГМС)
Держкомзем	Державний комітет України по земельних ресурсах
Держкомлісгосп	Державний комітет України по лісовому господарству
ДЗЗ	Дистанційне зондування Землі
ЕГБД	Еколого-географічна база даних
ЕГД	Еколого-геологічні дослідження
ЕС	Екологічна система, екосистема
САНС	Європейська агенція з навколишнього середовища
ЗА	Забруднення атмосфери
ЗГ	Забруднення ґрунтів
ЗДССКА	Загальнодержавна служба спостережень і контролю за станом атмосфери
ЗР	Забруднювальні (забруднюючі) речовини
КМУ, КМ України	Кабінет Міністрів України
КНД	Керівні нормативні документи
ЛК	Летальна концентрація
ЛОШ	Лімітувальна ознака шкідливості
МАП, Мінагрополітики	Міністерство аграрної політики України
МГС	Моніторинг геологічного середовища
Мінжитлокомунгосп	Міністерство з питань житлово-комунального господарства України (колишній Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства – Держжитлокомунгосп)
Мінприроди	Міністерство охорони навколишнього природного середовища України
МНС	Міністерство України з питань надзвичайних

МОЗ	Міністерство охорони здоров'я України
НААНУ	Національна академія аграрних наук України (колишня Українська академія аграрних наук – УААН)
НАН України	Національна академія наук України
НГО	Неурядова громадська організація
НДІ	Науково-дослідний інститут
НКАУ	Національне космічне агенство України
НМУ	Несприятливі метеорологічні умови
ННІ	Науково-навчальний інститут
НП	Нафтопродукти
НПС	Навколишнє природне середовище
ОБРД	Орієнтовно безпечний максимальний разовий рівень дії забруднення повітря
ОНПС	Охорона навколишнього природного середовища
ПАР	Поверхнево-активні речовини
ПТК	Програмно-технічний комплекс
ПТС	Природно-технічна система
РЗА	Рівень забруднення атмосфери
РК	Розчинений кисень
РСМД	Регіональні системи моніторингу довкілля
СанПіН	Санітарні правила і норми
СЕС	Санітарно-епідеміологічна станція (МОЗ)
СЗЗ	Санітарно-захисні зони
СНП	Сільські населені пункти
СП	Споживання повітря
СПАР	Синтетичні поверхнево-активні речовини
ТДК	Тимчасова допустима концентрація
ТЗА	Таблиця забруднення атмосфери
ФАО, FAO	Food and Agriculture Organization, з англ. – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН
ХСК	Хімічне споживання кисню
ЕЕА	European Environment Agency – з англ. «Європейська агенція з навколишнього середовища» (ЄАНС)
ЕОС	Environmental Observance System, з англ. – «Система спостережень за станом навколишнього середовища»
ЕРА	Environmental Protection Agency, з англ. – «Агенція з охорони навколишнього природного

GPS	середовища США» Global Positioning System, з англ. – «Система глобального позиціонування»
ICP Forest	International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, з англ. – «Міжнародна програма моніторингу лісів»
IEOSC	International Earth Observations Satellite Committee, з англ. – «Міжнародний комітет із природно-ресурсних супутників»
MAC	Maximum Admissible Concentration, з англ. – «Максимально допустима концентрація» або «ГДК»
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment, з англ. – Науковий комітет з проблем навколишнього середовища
UNEP, ЮНЕП	United Nations Environment Programme, з англ. – «Програма ООН з навколишнього середовища»

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абраменко С. В. Географические информационные системы. Создание цифровых карт / Абраменко С. В., Апарин Г. П., Крючков А. Н. — Минск : Ин-т техн. кибернетики НАН Беларусь, 2000. — 276 с.
2. Автоматизована система екоінспекційного контролю стану забруднення довкілля України та викидів, скидів і відходів «ЕкоІнспектор»: Методичний посібник / В. Б. Мокін, Б. І. Мокін, Г. Ю. Псарьов, Ю. Л. Зіскінд та ін. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. — 128 с.
3. Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко Г. І. Рудько — К. : Манускрипт, 1998. — 350 с.
4. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований / Безуглая Э. Ю. — Л. : Гидрометеиздат, 1986. — 200 с.
5. Беккер А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / Беккер А. А., Агаев Т. Б. — Л. : Гидрометеиздат, 1989.
6. Белогуров В. П. Концепция системы экологического мониторинга Украины / В. П. Белогуров. — Харьков, 1996.
7. Бронштейн Д. Л. Современные средства измерения загрязнения атмосферы: [учеб. пособие для гидрометеорологич. техникумов] / Д. Л. Бронштейн. — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 325 с.

8. Брюханов А. В. Аерокосмічні методи в географічних дослідженнях / А. В. Брюханов і др. — М. : МГУ, 1992. — 232 с.
9. Бурдин К. С. Основи біологічного моніторингу / Бурдин К. С. — М. : Изд-во МГУ, 1985. — 158 с.
10. Бусыгин Б. С. Інструментарій геоінформаційних систем : [справочне посібня] / Бусыгин Б. С., Гаркуша І. Н. — К. : ИРГ «ВБ», 2000. — 172 с.
11. Виноградов Б. В. Космічні методи вивчення природної середовища / Б. В. Виноградов. — М. : Мысль, 1976.
12. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення — К. : 2006. — 244 с.
13. Водний Кодекс України (Відомості Верховної Ради, 1995, № 24, ст.189) (введений в дію Постановою ВР № 214/95-ВР від 06.06.95).
14. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. — Львів : Ліга-Прес, 1998. — 356 с.
15. Геоінформаційна система «КАРТА 2009» («Панорама 9.x» 1991–2009) Руководство пользователя («Mapguide») — РФ, Ногинск : КБ Панорама, 2009. — 134 с.
16. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР, сер. Геогр. — № 3. — 1975. — С. 13-25.
17. Герасимов И. П. Мониторинг окружающей среды. Современные проблемы географии / И. П. Герасимов. — М. : Наука, 1976. — С. 19–29.
18. Дорохова Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В. — М. : Высш. шк., 1991. — 256 с.
19. Дьяконов В. П. Mathcad 7 в математике, физике и в Internet / Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. — М. : Нолидж, 1999. — 352 с.
20. Закон України «Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства» від 17 січня 2002 року № 2988-III із змінами і доповненнями.
21. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10 січня 2002 року № 2918-III, зі змінами і доповненнями.
22. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-XII із змінами і доповненнями.
23. Застосування інформаційних технологій в управлінні навколишнім середовищем // Під ред. В. Чабанюка. — К. : Мінекобезпеки України, ГЕО, 1998. — 125 с.
24. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1984. — 534 с.
25. Израэль Ю. А. Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 398 с.

26. Как организовать общественный экологический мониторинг : руков. для общественных организаций / [под ред. к.х.н. М. В. Хотулевой / Е. А. Васильева, В. Н. Виниченко, Т. В. Гусева и др.]. — Волгоград-Экопресс : Электронная версия — ECOLOGIA и ЭКОЛАЙН. — 1998.
27. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.1.101-02) «Положення про порядок інформаційної взаємодії органів Мінекоресурсів України та інших суб'єктів системи моніторингу довкілля при здійсненні режимних спостережень за станом довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В. — К. : Мінекоресурсів, 2002. - 11 с.
28. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.6.102-02) «Номенклатура та позначення структурних елементів Державної системи моніторингу довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В. — К. : Мінекоресурсів, 2002. — 14 с.
29. Керівні нормативні документи (КНД 211.1.1.106–2003) «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)» / Білогуров В. П., Бакланова В. Ю., Діяконова С. О. — К. : Мінекоресурсів, 2003. — 70 с.
30. Керівні нормативні документи «Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів забруднення» / За ред. В. Ф. Осики, М. С. Кравченка. — К. : Мінекобезпека України, 1997. — 662 с.
31. Київський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату – ратифіковано Законом України № 1430-IV від 04.02.2004 р.
32. Клименко М. О. Моніторинг довкілля : підручник / Клименко М. О., Прищепя А. М., Вознюк Н. М. — К. : Академія, 2006. — 360 с.
33. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми : монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. — Вінниця : Вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2005. — 315 с.
34. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля : підручник / О. М. Крайнюков. — Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009. – 176 с.
35. Красовський Г. Я. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водопостачання міст / Красовський Г. Я., Петросов В. А. — К. : Наукова думка, 2003. — 224 с.
36. Кубланов С. Х. Моніторинг довкілля : навчально-методичний посібник / Кубланов С. Х., Шпаківський Р. В. — К., 1998. – 92 с.
37. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник / [В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна] ; під. ред. В. І. Лаврика — К. : ВЦ Академія, 2010. — 400 с.
38. Лялюк О. Г. Моніторинг довкілля : навчальний посібник / Лялюк О. Г., Ратушняк Г. С. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 140 с.

39. Манн Р. Е. Основные принципы и критерии системы комплексного мониторинга. — В кн.: Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды международного симпозиума. — Л. : Гидрометеиздат, 1980.
40. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины / В. В. Медвеев. — Харьков : Антиква, 2002. — 248 с.
41. Медведев В. В. Методологічні і методичні основи ґрунтового моніторингу УРСР / В. В. Медведев — Х., 1989.
42. Меннинг У. Дж. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / Меннинг У. Дж., Федер У. А. ; под ред. Л. М. Филиповой. — Л. : Гидрометеиздат, 1985.
43. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / Л. Г. Руденко, В. П. Разов, В. М. Жукинський та ін. — К. : СИМВОЛ-Т, 1998. — 48 с.
44. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК — М., 1984.
45. Митчел Э. Руководство по ГИС-анализу. Пространственные модели и взаимосвязи / С. Митчел. — К. : ЕСОММ, 2000. — 180 с.
46. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие в двух частях : Ч. 2. Специальная / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин, В. В. Меньшиков и др. — М. : Изд-во МНЭПУ, 2001. — 337 с.
47. Мониторинг загрязнения атмосферы в городах / Под ред. А. С. Зайцева. Тр. Вып. 543. — Л. : Гидрометеиздат, 1991. — 108 с.
48. Нормативний документ «Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод» / [Білогуров В. П., Крайнюкова А. М., Коваленко та ін.]. — К. : Мінприроди, 2001. — 54 с.
49. Нормативний документ «Методичні рекомендації з підготовки регіональних та загальнодержавної програм моніторингу довкілля» / [Варламов Є. М., Катриченко Г. М., Юрченко Л. Л., та ін.]. — К. : Мінекоресурсів, 2001. — 37 с.
50. Патика В. П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / Патика В. П., Тараріко О. Г. — К. : Фітосоціоцентр, 2002. — 256 с.
51. Петрук В. Основи науково-дослідної роботи : навчальний посібник / Петрук В. Г., Володарський Є. Т., Мокін В. Б. ; під ред. В. Г. Петрука. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 144 с.
52. Постанова Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р. № 815 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» зі змінами і доповненнями.
53. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» зі змінами і доповненнями.



54. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 березня 1999 р. № 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», зі змінами та доповненнями.
55. Правила створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки / [Варламов Є. М., Квасов В. А., Катриченко Г. М. та ін.]. — К. : Мінприроди, 2009. — 24 с.
56. Примак А. В. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы / А. В. Примак, А. Н. Щербань. — К. : Наукова думка, 1980. — 296 с.
57. РД 211.0.7.104-02 «Методичні вказівки щодо проведення інвентаризації лабораторій аналітичного контролю» / Варламов Є. М., Квасов В. А., Яковенко А. М. — К. : Мінекоресурсів, 2002. — 19 с.
58. РД 211.0.8.107-05 «Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня» / Варламов Є. М., Юрченко Л. Л., Катриченко Г. М., Єрмоленко Ю. В. — К.: Мінприроди, 2005, - 35 с
59. РД 211.1.105-02 «Методичні вказівки та вимоги щодо оснащення типових пунктів оперативного контролю води» / Варламов Є. М., Квасов В. А., Яковенко А. М. — К. : Мінекоресурсів, 2002. —11 с.
60. РД 211.1.8.103-2002 «Рекомендації щодо співставлення даних моніторингу вод» / [Білогуров В. П., Чорна А. В., Калініченко О. О. та ін.]. — К. : Мінприроди, 2002. — 20 с.
61. Регламент створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки / [Варламов Є. М., Квасов В. А., Катриченко Г. М. та ін.]. — К. : Мінприроди, 2009. — 46 с.
62. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін.].— К. : СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
63. Рудько Г. Екологічний моніторинг геологічного середовища : підручник / Рудько Г., Адаменко О. — Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2001. — 260 с.
64. Система підтримки прийняття управлінських рішень керівниками водогосподарських організацій для басейну річки Сиверський Донець з використанням геоінформаційних технологій: Методичний посібник / [В. Б. Мокін, Б. І. Мокін, М. Я. Бабич, та ін.]; під ред. В. Б. Мокіна — Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. — 352 с.
65. Статистична обробка даних : монографія / Бабак В. П., Білецький А. Я., Приставка О. П., Приставка П. О. — К. : МІВВЦ, 2001. — 388 с.
66. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования / Яцык А. В. — К.: Генеза, 1997. — 628 с.
67. ESRI Map Book V. 15-25 — ESRI : Redlands, USA, 2009.

68. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS — ESRI : Redlands, USA, 2004.— 265 p.
69. ArcGIS 9. What is ArcGIS. — ESRI : Redlands, USA, 2004.— 119 p.
70. Mann R.F. Global environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCORE. Rep. 3 – Toronto, 1973. — 130 p.
71. Report of the international meeting on monitoring Held at Nairobi 11 - 20 Feb. 1974. — 60 p.
72. Zeiler M. Modeling our World — ESRI : Redlands, USA, 1999. — 202 p.
73. Using ArcGIS Spatial Analyst — ESRI : Redlands, USA, 2002. — 232 p.

### **Рекомендовані інформаційні Інтернет-ресурси**

#### ***Відомості про державну систему моніторингу та дані про стан довкілля України:***

1. Сайт Міністерства охорони навколишнього природного середовища України (Мінприроди) (усе про стан довкілля в Україні, тексти нормативно-методичних документів, національні доповіді про стан навколишнього природного середовища України та її регіонів, програми моніторингу довкілля регіонів країни та ін.): <http://www.menr.gov.ua/>
2. Сайт Інформаційно-аналітичного центру (ІАЦ) Мінприроди (поточна аналітична інформація про стан довкілля в Україні): <https://iac-menr.rgdata.com.ua/ShowPage.aspx?PageID=200>
3. Сайт Українського гідрометеорологічного центру (про мережу спостережень, результати гідрометеомоніторингу України та ін.): <http://meteo.com.ua/>
4. Сайт Державного комітету України по водному господарству (Держводгоспу) (відомості про результати моніторингу стану вод в Україні, тексти нормативно-методичних документів та ін.): <http://scwm.gov.ua/>
5. Сайт МНС України з даними про надзвичайні ситуації, у т.ч. природного характеру, за задану добу та інший період на прикладі даних за 23.05.2010 р.: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/4689.html>

#### ***Інтерактивні Інтернет-системи даних моніторингу довкілля***

6. Інтерактивна веб-система моніторингу басейнів річок Європи Європейської агенції з навколишнього середовища (карти мереж моніторингу вод, дані про якість вод, карти скидів вод, водозаборів тощо): <http://www.eea.europa.eu/themes/water/mapviewers/myRBD>
7. Інтерактивна веб-система моніторингу якості поверхневих вод української частини басейну річки Західний Буг: <http://zbbuvr.lutsk.ua/Monitoring/Results.html>
8. Інтерактивна веб-система моніторингу якості поверхневих вод у

Вінницькій області: <http://edem.vstu.vinnica.ua/monitoring/>

***Бази даних та ГІС/ДЗЗ-технології:***

9. Карти Google Maps – комплекти супутникових та векторних карт з атрибутивним наповненням, рельєфом та інформаційними та фотовідеоматеріалами на всю планети та багато природних і техногенних об'єктів різними мовами (переважно – англійською): <http://maps.google.com/>
10. Дані спостережень НАСА: <http://earthobservatory.nasa.gov/>
11. Дані про стан довкілля в Європі – сайт Європейської агенції з навколишнього середовища (ЄАНС): [www.eea.europa.eu/](http://www.eea.europa.eu/)
12. Бази даних про стан повітря Європейського тематичного центру стану повітря та змін клімату ЄАНС: <http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/#aq>
13. Каталог даних ДЗЗ ДНВЦ «Природа» Мінприроди та Національного космічного агентства України на всю територію України: [http://www.pryroda.gov.ua:8080/katalog/search\\_film.do](http://www.pryroda.gov.ua:8080/katalog/search_film.do)
14. Приклади даних ДЗЗ Національного космічного агентства України: <http://www.nkau.gov.ua/nsau/photo.nsf/photoU!open&collapse=all>
15. Дані ДЗЗ від багатьох супутників: <http://search.kosmosnimki.ru/>
16. Приклади використання ГІС-технологій – сайт фірми «Дата+» (РФ): [www.dataplus.ru](http://www.dataplus.ru), у т.ч. каталог картографічних ресурсів світу: [www.dataplus.ru/win/Catalog](http://www.dataplus.ru/win/Catalog)
17. Інформація про продукти ГІС «ArcGIS» в Україні (сайт офіційного дилера ESRI (США) - «ЕКОММСо», Україна): [www.ecomm.kiev.ua](http://www.ecomm.kiev.ua)
18. Інформація про приклади застосування та про продукти ГІС «Панорама» загалом: сайт КБ «Панорама» (РФ): [www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru) та їх офіційного дилера в Україні: <http://www.panorama.vn.ua/>
19. Інформація про ГІС «Digitals» (сайт НВП «Геосистема», Україна): [www.vingeo.com](http://www.vingeo.com)
20. Інформація про ГІС «VNetGIS» та інтерактивні карти областей і міст України – сайт Українського картографічного серверу [www.uamap.net](http://www.uamap.net)
21. Інформація про приклади застосування, про продукти ГІС «Mapinfo» загалом та інтерактивні карти областей і міст України: сайт офіційного дилера продуктів Mapinfo в Україні: <http://isgeo.com.ua/>

## Додаток А

### Методичні вказівки до виконання курсових, розрахункових і самостійних робіт з дисципліни “Моніторинг довкілля”

Курсова робота (розрахункова, самостійна тощо) з моніторингу довкілля (МД) є індивідуальною письмовою роботою виробничо-дослідницького характеру, в якій узагальнюється сучасний стан питань при організації конкретної системи МД (бажано прив'язаної до теми майбутньої дипломної роботи або проекту):

- вибирається об'єкт досліджень;
- розробляється програма і методика моніторингових досліджень;
- забезпечуються спостереження за об'єктами досліджень з метою отримання, обробки і аналізу інформації;
- виконується аналіз отриманої інформації, розробляється прогноз стану довкілля і рекомендації щодо його поліпшення.

Рекомендується тему курсової (розрахункової) роботи розглядати і виконувати як складову частину дипломної (кваліфікаційної) роботи.

Пропонуються такі орієнтовні напрямки для вибору теми курсової (розрахункової) роботи.

1. Моніторинг природоохоронних територій (грунтове і водне середовище, атмосферне повітря, біомоніторинг, фоновий моніторинг, моніторинг радіоактивного забруднення тощо).

2. Моніторинг міських територій (грунтове, водне середовище, атмосферне повітря, санітарно-гігієнічний, біомоніторинг, моніторинг радіоактивного забруднення, соціально-екологічний).

3. Моніторинг промислових територій (грунтове, водне середовище, атмосферне повітря, санітарно-гігієнічний, біомоніторинг, моніторинг радіоактивного забруднення, соціально-екологічний).

4. Моніторинг сільськогосподарських територій (грунтове, водне середовище, птахофабрика, свиноферма, тваринницька ферма тощо). Є різні варіанти: біомоніторинг, соціально-екологічний моніторинг, моніторинг радіоактивного забруднення, санітарно-гігієнічний моніторинг.

5. Моніторинг агропромислових комплексів (санітарно-гігієнічний, біомоніторинг, моніторинг радіоактивного забруднення, соціально-екологічний, грунтове, водне середовище, атмосферне повітря).

За змістом курсова (розрахункова) робота складається зі *вступу*, *основної частини*, *висновків* і *переліку* використаних літературних джерел.

**У вступі** стисло наводиться обґрунтування актуальності теми, її завдання та наукова новизна (на основі аналітичного огляду літературних джерел).

1. **Основна частина** складається з:

- опису території місцезнаходження об'єкта досліджень;

- аналізу потенційних джерел і видів забруднень;
- розробки (вибору) програми і методики моніторингових досліджень або зі створення бази даних чи геоінформаційної системи моніторингу довкілля;
- аналізу отриманих результатів;
- розробки рекомендацій щодо використання результатів.

**Висновки** повинні носити конкретний характер, бути структурованими і узагальнювати результати виконаних досліджень.

**Список використаних літературних джерел** оформляється за вимогами до оформлення науково-технічних звітів.

*Опис території і місцезнаходження об'єкта.*

Важливо визначити антропогенні зміни, що відбулися протягом певного часу і пов'язані, наприклад, зі зрощуванням ґрунтів, міським та промисловим будівництвом тощо. Така постановка питання потребує проведення певного ретроспективного (історичного) пошуку даних, за допомогою яких з'ясовують еволюцію ландшафту, викликану антропогенним впливом.

Дається характеристика освоєння конкретної території (у % до всієї території):

- *сільськогосподарське освоєння* – рілля, наявність тваринних комплексів, пасовищ тощо;
- *промислове освоєння* – заводи, промислові майданчики та ін.;
- *селітебне* – житлові масиви, навчальні заклади тощо;
- *особливості ландшафту* – яри, балки, стан берегів, ухил поверхні ґрунту відносно водойми тощо.

Опис середовища можна давати в такій послідовності:

- дата опису, район, назва населеного пункту;
- схематична карта місцевості з розмірами досліджуваної ділянки;
- топографічні особливості: характер поверхні, рельєф, експозиція висот, висота над рівнем моря, гідрологічна мережа, рівень ґрунтових вод тощо;
- *кліматоп*: температура повітря (середня, діапазон коливань), освітленість, вологість повітря, опади, напрямок і сила вітру;
- *едафотоп*: тип ґрунту і його рН, потужність горизонтів, температурний і гідрологічний профілі;
- *біоценоз*: перелік домінуючих видів рослин і тварин;
- *екосистема*: оцінка первинної продуктивності екосистеми, трофічна мережа, стадія і напрямок сукцесійних процесів тощо.

*Аналіз потенційних джерел і видів забруднень території.*

Дані про наявність потенційних джерел забруднень (шлакошламосховищ, гноєсховищ, відстійників, місць захоронення відходів, «труб» ТЕС та інших технічних споруд, водоохоронних і санітарно-захисних зон; наявність скидів стічних вод та категорій їх якості тощо).

Класифікація джерел здійснюється за такими ознаками:

- вид джерела (точкове, лінійне, площинне);
- періодичність впливу (постійний, випадковий, сезонний тощо);
- середовище впливу (атмосферне – викиди, водне – скиди, ґрунтове – захоронення відходів або ж внесення забруднювальних речовин);
- характер впливу (фізичний, хімічний, інформаційний, біологічний);
- ступінь впливу (ледь помітний, слабкий, помірний, сильний, дуже сильний).

Аналіз екологічних проблем супроводжується інвентаризацією (складанням якомога більш повного списку джерел забруднення довкілля і «прив'язкою» їх до місцевості) та класифікацією антропогенного впливу на територію.

*Розробка (вибір) програми і методики моніторингових досліджень.*

Програма моніторингових досліджень розробляється з урахуванням особливостей об'єкта досліджень і вимог до організації моніторингових досліджень за складовими довкілля (атмосферне повітря, поверхневі чи морські води, геологічне (ґрунтове) середовище тощо).

Програма досліджень повинна відповідати на питання *що* (які показники), *де* (територіально), *коли* (сезон, місяць, тиждень, час доби), *як часто* (кількість вимірювань на добу, місяць, сезон) і *яким чином* (інструментально, лабораторно) *вимірювати*.

Розробка методики моніторингових досліджень передбачає вибір методів вимірювання, виходячи з особливостей території, наявних джерел забруднення і можливостей наявних (доступних) лабораторій. Рекомендується використовувати стандартні методики спостережень і сертифіковані технічні засоби вимірювань.

Методика досліджень повинна відповідати на питання *яким чином і якими засобами* (технічними, хімічними чи біологічними) *проводяться вимірювання визначених показників*.

Програма і методика моніторингових досліджень повинна передбачати повторність і статистичну обробку результатів досліджень з визначенням достовірності отриманих результатів.

*Створення бази даних чи геоінформаційної системи моніторингу довкілля.*

На основі зібраних іншими дослідниками або фахівцями державної системи моніторингу довкілля даних про стан НПС у заданому регіоні проводиться їх систематизація. Визначаються основні складові даних, таблиці, їх поля (атрибути). Дані поділяються на статичні (що не змінюються у часі, наприклад, паспортні дані річок) та динамічні (що змінюються у часі, наприклад, дані спостережень). Формуються необхідні довідники (назви і параметри природних і техногенних об'єктів, назви

показників якості НПС, гранично допустимі вимоги та ін. Створюються необхідні таблиці та форми реляційної бази даних. У розроблену базу даних вводяться дані згідно з технічним завданням (ТЗ). Формуються запити, згідно з ТЗ, наприклад, на вибірку середньорічних значень заданого показника якості води у заданій річці за заданий період у заданому створі(ах), які перевищують гранично допустиме значення цього показника. У пояснювальну записку до курсової роботи вставляються копії екрана (скріншоти) створених форм (з прикладом даних) та результатів виконання запитів у вигляді таблиць.

На ГІС у вибраному середовищі наносяться пости (пункти, створи, ділянки) моніторингу, для яких проводяться дослідження. За необхідності, яка визначається у ТЗ, може будуватись тематична карта (з круговими чи стовпчиковими діаграмами, які відображають виявлені закономірності). Може використовуватись офіційно безкоштовне програмне забезпечення та карти планети, які надає Інтернет-сервіс Google Map. У пояснювальну записку до курсової роботи вставляються копії екрана (скріншоти) створених карт ГІС.

Інформація про об'єкти та елементи моніторингової мережі може доповнюватись рисунками (фотографіями їх вигляду на природі або фрагментами карт з відображенням їх місця знаходження), згідно з вимогами ТЗ.

## **2. Аналіз отриманих результатів**

Аналіз отриманих результатів проводиться шляхом порівняння отриманих значень показників між собою і з гранично допустимими концентраціями (навантаженнями, викидами і скидами). Порівнюються показники, отримані в системі державного моніторингу в попередні роки, а також отримані автором самостійно в різні часові терміни і в різних місцях (постах) спостережень. При цьому повинні використовуватись комп'ютерні обчислювальні пакети: MS Excel, Mathcad, Matlab, Statistica та ін.

## **3. Висновки та пропозиції**

У висновках стисло наводяться отримані результати та практичні рекомендації щодо їх впровадження, зокрема:

- вдосконалення систем очищення і скорочення обсягів викидів забруднень в атмосферу;
- вдосконалення систем очищення і скорочення об'ємів скидання стічних вод;
- створення водоохоронних і водозахисних зон чи розширення їх меж;
- створення природоохоронних територій;
- проведення рекультивациі ґрунтів;

- впровадження технологій, що забезпечують дотримання агрохімічних вимог при внесенні добрив і використанні засобів захисту рослин;

- використання методів біологічного землеробства;
- дотримання природоохоронного законодавства;
- фітомеліоративні заходи.

Висновки слід викладати з чітким указанням того, що саме зроблено автором роботи: «Розглянуто .... Проаналізовано... Вибрано .... Проведено дослідження та зібрано... Розроблено та наповнено базу даних ... Побудовано... Аналіз показав, що... Розроблено рекомендації щодо..., які передано в ... для подальшого вивчення та використання на практиці».

У разі виконання роботи в межах науково-дослідної роботи чи господарських договорів це повинно бути зазначено у висновках з указанням дати, номера, назв сторін і назви відповідного договору.

У разі, якщо протягом виконання курсової роботи результати доповідались на конференції чи були опубліковані, про це також варто зазначити у висновках (коли опубліковані, назва доповіді та співавтори).

Обсяг курсової роботи має становити 20-30 аркушів (A4) у редакторі MS Word через 1,5 інтервалу (шрифт "TNR", розмір 14). Обсяг розрахункової роботи – 10-15 аркушів.

***Список використаних літературних джерел (список літератури).***

Бібліографічні відомості про використані джерела літератури наводяться в кінці роботи у відповідності з вимогами до друкованих праць. Наприклад:

*Посилання на монографії, посібники та підручники:*

*а) за прізвищем автора:*

1. Красовський Г. Я. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст / Г. Я. Красовський, В. А. Петросов – К. : Наукова думка, 2003. – 224 с.

2. Ровинский Ф. Я. Проблемы анализа при контроле загрязнений окружающей среды / Ф. Я. Ровинский, Н. К. Гасилина // Журнал аналитической химии. – 1978. – Т. 33. – № 1. – С. 160-170.

3. Zeiler M. Modeling our World.– ESRI: Redlands, USA, 1999. – 202 p.

*б) за назвою:*

1. Математика в поняттях, позначеннях і термінах : У 2 ч. : Ч. 2.– К. : Радянська школа, 1986.– 320 с.

*Посилання на методички та нормативно-методичні документи:*

1. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін.]. – К. : СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.

2. РД 211.0.8.107-05 «Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня» / [Варламов Є. М.,



Юрченко Л. Л., Катриченко Г. М., Єрмоленко Ю. В.]. – К.: Мінприроди, 2005. – 35 с.

*Посилання на статті:*

*а) з книг, збірників документів, хрестоматій, довідників:*

1. Созінов О. О. Моніторинг біологічної різноманітності в агроєкосистемах / О. О. Созінов // Агроєкологія і біотехнологія. – Вип. 3. – 1999. – С. 9-19.

2. Бусыгин Б. С. Инструментарий геоинформационных систем: [справочное пособие] / Б. С. Бусыгин, И. Н. Гаркуша — К. : ИРГ «ВБ», 2000. — 172 с.

3. Mokin V. B. River Water Control of Sewage Disposal Detection / V. B. Mokin, B. I. Mokin // XVI World Congress — ІМЕКО 2000. — V. VII. — Vienna, Hofburg, Austria: Abteilung Austauschbau and Messtechnik Karlsplatz, 2000. — P. 297–301.

*б) із журналів та газет:*

1. Красовський Г. Я. Практичні завдання регіонального моніторингу поверхневих вод суші з космосу з застосуванням ГІС-технологій / [Красовський Г. Я., Брук В. В., Волошкіна О. С., Готинян В. С.] // Екологія і ресурси. – 2002. – № 3. – С. 135-147.

*Посилання на Інтернет-видання (електронні ресурси):*

1. Мокін В. Б. Новий підхід до формалізації та автоматизації обробки схем відбору проб води в підсистемі „Вода та скиди” АСУ "ЕкоІнспектор" Держекоінспекції Мінприроди України / [Мокін В. Б., Боцула М. П., Яцолт А. Р.] // [Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Електронне видання]. — 2008. — № 2. — Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-2/2008-2.files/uk/08vbmpou\\_uk.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-2/2008-2.files/uk/08vbmpou_uk.pdf).

## **О ф о р м л е н н я**

Курсову (розрахункову) роботу слід виконувати як у друкованій, так і в електронній формі. Охайність оформлення, точність і відсутність орфографічних і граматичних помилок – обов'язкова вимога. Також, за вимогами кафедри, може бути необхідним дотримання відповідності оформлення результатів роботи усім вимогам щодо оформлення кваліфікаційних робіт. Може вимагатись і перевірка роботи відповідальним на кафедрі за «нормоконтроль» (у разі, якщо робота є частиною майбутньої кваліфікаційної роботи студента).

Оформлення титульної сторінки проводиться за зразком, але у кожному вищому навчальному закладі можуть вимагатись додаткові елементи оформлення титульного аркуша, а якісь можуть бути відсутні.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
Факультет екології та біотехнології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

Петренко І. І.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КУРСОВА РОБОТА**

з дисципліни „Моніторинг довкілля”

на тему:

„Ґрунтовий моніторинг сільськогосподарських територій  
на прикладі села Калинівка Київської області”

Виконав:  
студент 3-го курсу

\_\_\_\_\_  
(П.І.Б.)

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_  
(П.І.Б.)

МІСТО - рік

*Навчальне видання*

**Боголюбов Володимир Миколайович**

**Клименко Микола Олександрович**

**Мокін Віталій Борисович**

**Сафранов Тимур Абісалович**

**Горова Алла Іванівна**

**Прилипко Валентина Антонівна**

**Адаменко Олег Максимович**

**Полстасва Лариса Миколаївна**

**Картавцев Олег Миколайович**

## **МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ**

Підручник

Редактор В. О. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено В. Боголюбовим та В. Мокіним

Підписано до друку 2.08.2010 р.  
Формат 21×29,7 ½ Папір офсетний  
Гарнітура Times New Roman  
Друк різнографічний Ум. друк. арк.13,46  
Наклад 500 прим. Зам. № 2010-147

Вінницький національний технічний університет.  
Науково-методичний відділ ВНТУ.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114  
Тел. (0432) 59-85-32  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.