

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ**  
Підручник

*Рекомендовано Вченою радою Національного університету біоресурсів і  
природокористування України як підручник для студентів  
вищих навчальних закладів*

Вид. 2-ге, перероблене. і доповнене

За редакцією професора В.М. Боголюбова

Київ – 2018

ББК 28.081  
А 49  
УДК 504.06

*Рекомендовано Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України як підручник для студентів вищих навчальних закладів (протокол № \_\_\_\_ від 26.10.2018 р.).*

**Рецензенти:**

**Мальований М.С.** – доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою прикладної екології та збалансованого природокористування Національного технічного університету "Львівська політехніка"

**Білявський Георгій Олексійович**, професор кафедри екологічної безпеки Державної академії післядипломної освіти Мінприроди України, професор, докт. г.-м. наук;

**Волох Анатолій Михайлович**, професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища Таврійського агротехнологічного університету, професор, докт. біол. наук;

*Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., М77 Мокін В. Б. та ін.]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. – Київ: НУБіПУ, 2018. – 435 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 підручнику ґрунтовно викладені теоретичні і практичні аспекти моніторингу, описані особливості організації різних рівнів системи моніторингу довкілля, а також розглянуто сучасні методи і засоби моніторингових досліджень. Вперше наведена характеристика таких видів моніторингу як соціально-екологічний, еколого-гігієнічний та ін. Авторами зроблена спроба детальної класифікації різновидів моніторингу довкілля. Вперше велика увага приділена застосуванню в системі екологічного моніторингу дистанційних методів зондування Землі та геоінформаційних систем і технологій, а також основам екологічного картографування.

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

**УДК 504.06**  
**ББК 28.081**

ISBN 978-966-641-373-7

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

**Зміст**

	Стор.
--	-------

<b>Вступ</b> .....	6
<b>Розділ 1. Загальні положення</b> .....	9
1.1. Основні поняття, класифікація систем моніторингу довкілля.....	10
1.1.1. <i>Історичні аспекти формування поняття «моніторинг довкілля»</i> .....	10
1.1.2. <i>Етапи формування моніторингу довкілля як системи</i> .....	12
1.2. Класифікація систем моніторингу довкілля .....	13
1.2.1. <i>Підходи до визначення об'єктів моніторингу довкілля</i> .....	
1.2.2. <i>Фактори, індикатори та показники, які досліджуються в системі моніторингу довкілля</i> .....	
1.3. Державна програма моніторингу довкілля України.....	
1.3.1. <i>Суб'єкти державної системи моніторингу довкілля</i> .....	
1.3.2. <i>Функціонування державної системи моніторингу довкілля</i> .....	
1.3.3. <i>Взаємовідносини суб'єктів державної системи моніторингу довкілля</i> .....	
1.4. Світовий досвід організації систем екологічного моніторингу ..	
1.4.1. <i>Організація моніторингових досліджень в Росії</i> .....	
1.4.2. <i>Системи моніторингових досліджень атмосферного повітря</i> ..	
1.4.3. <i>Системи моніторингових досліджень поверхневих вод</i> .....	
1.4.4. <i>Стан робіт з моніторингу ґрунтів</i> .....	
1.5. Реєстр викидів і переносу забруднювачів – як елемент системи моніторингу .....	
Питання до семінарських занять.....	
<b>Розділ 2. Організація моніторингу за складовими довкілля</b> .....	61
2.1. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря.....	65
2.1.1. <i>Джерела забруднення атмосферного повітря</i> .....	
2.1.2. <i>Категорії, розміщення і кількість постів спостережень</i> .....	
2.1.3. <i>Програма і методи спостережень</i> .....	
2.1.4. <i>Періодичність і кількість спостережень</i> .....	
2.1.5. <i>Принципи вибору забруднювальних речовин для контролю їх вмісту в атмосфері</i> .....	
2.1.6. <i>Методи відбору проб атмосферного повітря</i> .....	
2.1.7. <i>Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря</i> .....	
2.1.8. <i>Проведення підфакельних спостережень</i> .....	
2.1.9. <i>Збирання і обробка результатів хімічних аналізів</i> .....	
2.1.10. <i>Безперервна реєстрація забруднень атмосферного повітря</i>	
2.2. Моніторинг поверхневих вод суші .....	
2.2.1. <i>Джерела і види забруднень поверхневих вод</i> .....	
2.2.2. <i>Організація системи моніторингу водних середовищ</i> .....	
2.2.3. <i>Пункти спостережень і контрольні створи</i> .....	
2.2.4. <i>Програми спостережень</i> .....	
2.2.5. <i>Методи та терміни відбору проб</i> .....	
2.2.6. <i>Гідробіологічні спостереження за якістю води та донними відкладами</i> .....	
2.2.7. <i>Інтегральні показники оцінки якості води</i> .....	

<p>2.2.8. Моніторинг у сфері питної води .....</p> <p>2.3. Особливості моніторингу морських вод і вод океанів.....</p> <p>2.3.1. Джерела і види забруднення вод океанів та морів.....</p> <p>2.3.2. Пункти і програми спостережень за забрудненням морського середовища .....</p> <p>2.3.3. Суб'єкти та об'єкти моніторингу морських вод в Україні...</p> <p>2.4. Моніторинг геологічного середовища.....</p> <p>2.4.1 Особливості геологічного середовища.....</p> <p>2.4.2. Показники техногенного порушення геологічного середовища</p> <p>2.4.3. Загальна структура моніторингу геологічного середовища....</p> <p>2.4.4. Методи вивчення техногенних змін геологічного середовища.</p> <p>2.4.5. Стадії проведення еколого-геологічних досліджень.....</p> <p>2.5 Особливості організації моніторингу ґрунтів.....</p> <p>2.5.1. Техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу</p> <p>2.5.2. Джерела і види деградації ґрунтів.....</p> <p>2.5.3. Показники техногенного порушення і забруднення ґрунтів....</p> <p>2.5.4. Принципи організації спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів.....</p> <p>2.5.5.Організація спостережень за забрудненням ґрунтів.....</p> <p>Питання до семінарських занять.....</p>	
<p><b>Розділ 3. Особливі види моніторингу довкілля.....</b></p> <p>3.1. Глобальна система моніторингу навколишнього середовища.....</p> <p>3.1.1. Головні задачі і напрями глобального моніторингу</p> <p>3.1.2. Міжнародні програми системи глобального моніторингу</p> <p>3.2. Особливості організації фонових моніторингу.....</p> <p>3.3. Кліматичний моніторинг.....</p> <p>3.3.1. Спостереження за основними кліматичними показниками...</p> <p>3.3.1. Спостереження за основними кліматичними показниками ...</p> <p>3.3.3. Супутниковий кліматичний моніторинг</p> <p>3.4. Організація радіаційного моніторингу.....</p> <p>3.4.1. Особливості системи радіоекологічного моніторингу «ГАММА» .....</p> <p>3.4.2. Методи радіоекологічного моніторингу сільсько-господарських територій.....</p> <p>3.5. Особливості біотичного моніторингу.....</p> <p>3.5.1. Проведення біоіндикації за допомогою рослин</p> <p>3.5.2. Проведення біоіндикації за допомогою тварин</p> <p>3.6. Еколого-гігієнічний моніторинг.....</p> <p>3.6.1. Обстеження земель навколо підприємств та поблизу автомобільних трас.....</p> <p>3.6.2. Відбір проб ґрунтів для цитогенетичних досліджень .....</p> <p>3.6.3. Оцінка токсико-мутагенного фону атмосферного повітря...</p> <p>3.6.4. Оцінка токсико-мутагенного фону ґрунтів та водних джерел .....</p> <p>3.6.5. Оцінка мутагенності території за «Мікроядерним тестом»</p>	129

<p>3.6.6. Оцінка токсичності об'єктів довкілля за допомогою «Ростового фітотесту».....</p> <p>3.6.7. Методика розрахунку умовних показників ушкодження стану довкілля за токсико-мутагенним фоном.....</p> <p>3.7. Моніторинг лісових екосистем.....</p> <p>3.7.1. Міжнародна програма ICP Forest.....</p> <p>3.8. Агроекологічний моніторинг.....</p> <p>3.9. Соціально-екологічний моніторинг.....</p> <p>3.9.1. Принципи соціоекологічного моніторингу</p> <p>3.9.2. Соціально-екологічний моніторинг населених пунктів</p> <p>3.10. Особливості громадського екологічного моніторингу.....</p> <p>3.10.1. Громадський екологічний моніторинг як додатковий інформаційний канал. ....</p> <p>3.10.2. Доступ громадськості до екологічної інформації.....</p> <p>Питання до семінарських занять.....</p>	
<p><b>Розділ 4. Основи екологічного картографування.....</b></p> <p>4.1. Картографічні твори, їх класифікація.....</p> <p>4.2. Елементи карт та способи відображення тематичного змісту.....</p> <p>4.2.1. Математична основа карти</p> <p>4.2.2. Картографічне зображення</p> <p>4.2.3. Допоміжні елементи карти</p> <p>4.3. Етапи створення тематичних карт.....</p> <p>4.3.1. Польове еколого-географічне картографування</p> <p>4.3.2. Лабораторний метод створення екологічних карт</p> <p>4.4. Картографічне моделювання в екологічних дослідженнях.....</p> <p>4.5. Картографічний метод в моніторингових дослідженнях.....</p> <p>4.5.1. Описи за картами</p> <p>4.5.2. Графічні прийоми</p> <p>4.5.3. Графоаналітичні прийоми аналізу карт</p> <p>4.6. Особливості екологічних досліджень за картами</p> <p>4.6.1. Вивчення структури процесів і явищ.....</p> <p>4.6.2. Вивчення взаємозв'язків.....</p> <p>4.6.3. Вивчення динаміки.....</p> <p>4.6.4. Картографічні прогнози</p> <p>4.7. Уявлення про геоінформаційне картографування.....</p> <p>Питання до семінарських занять.....</p>	194
<p><b>Розділ 5. Методи і засоби моніторингових досліджень.....</b></p> <p>5.1. Метрологічні засади організації спостережень за параметрами довкілля.....</p> <p>5.2. Методи і технічні засоби вимірювання параметрів довкілля.....</p> <p>5.2.1. Класифікація методів дослідження стану довкілля.....</p> <p>5.2.2. Аналітичні методи аналізу речовин</p> <p>5.2.3. Оптико-спектральні методи аналізу речовин</p> <p>5.2.4. Дистанційні методи зондування навколишнього середовища</p> <p>5.2.5. Іонізаційні методи.....</p>	252

5.2.6. Теплові методи.....	
5.2.7. Хроматографічний метод.....	
5.2.8. Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі	
5.2.9. Електрохімічні методи аналізу речовин	
5.3. Методи оцінювання і аналізу стану довкілля . . . . .	
5.4. Методи прогнозування стану довкілля . . . . .	
5.5. Автоматизовані системи спостережень за станом довкілля	
5.5.1. Основні поняття автоматики	
5.5.2. Автоматизовані інформаційні системи моніторингу	
5.5.3. Автоматизована система Держгідрометслужби	
5.5.4. Автоматизація аналітичних підрозділів Держекоінспекції	
5.5.5. Автоматизовані інформаційні системи контролю радіаційної обстановки на АЕС України	
5.5.6. Методи і технічні засоби автоматичного контролю якості природних вод	
5.6. Забезпечення наукової підтримки управлінських рішень за даними моніторингових досліджень. . . . .	
Питання до семінарських занять.....	
<b>Розділ 6. Інформаційні технології у системі моніторингу довкілля</b>	<b>316</b>
6.1. Основні функції та структура геоінформаційних систем.....	
6.2. Основи дистанційного зондування Землі.....	
6.3. Аналіз даних моніторингових досліджень.....	
6.4. Регіональні системи моніторингу довкілля.....	
6.4.1. Принцип функціонування РСМД	
6.4.2. Приклад розробки РСМД для міста Києва	
6.4.3. Приклад розробки РСМД Запорізьської області	
6.5. Моніторинг біотичної компоненти екосистем методами геоінформатики (біотогеоінформатики)	
Питання до семінарських занять.....	
ГЛОСАРІЙ .....	405
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	422
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	424
ДОДАТКИ.....	428

## Вступ

Навчальна дисципліна “Моніторинг довкілля” (“Моніторинг навколишнього середовища”) є однією з найважливіших прикладних дисциплін екологічного спрямування і на сьогодні викладається практично у

всіх ВНЗ України, де готують фахівців-екологів. Ця дисципліна забезпечує формування цілісних знань майбутнього еколога на рівні бакалавра у галузі отримання достовірної інформації про стан екологічних систем з метою їх збереження і своєчасного попередження можливих негативних змін в будь-яких компонентах навколишнього природного середовища, а також для запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

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

За останнє десятиріччя в Україні підготовлено і видано декілька навчальних посібників і підручників з моніторингу навколишнього середовища (О.Адаменко, Г.Рудько, В. Медведєв, М.Клименко, В.Патика та ін.), але в більшості з них розглянуто тільки окремі аспекти моніторингу довкілля і висвітлено лише окремі види моніторингу (моніторинг геологічного середовища, моніторинг ґрунтів, агроекологічний моніторинг тощо). Вийшли також десятки наукових статей, присвячених розробці і вдосконаленню різних типів, видів і методів екологічного моніторингу. Проте, навчального видання, в якому висвітлено на основі сучасних підходів всі аспекти моніторингу довкілля, включаючи найновіші його підрозділи, на сьогодні ще немає. Тому, колектив авторів, які мають багаторічний досвід як в розробці систем екологічного моніторингу, так і у викладанні відповідної дисципліни, об'єднали свої зусилля і підготували цей підручник, маючи на меті максимально повно, детально і обґрунтовано висвітлити всі аспекти сучасної системи моніторингу довкілля. В шести розділах підручника вперше ґрунтовно викладені теоретичні і практичні аспекти моніторингу, описані особливості організації різних рівнів системи моніторингу довкілля, а також розглянуто сучасні методи і засоби моніторингових досліджень. Вперше наведена характеристика таких видів моніторингу як соціально-екологічний моніторинг, екологічний моніторинг морських акваторій тощо. Авторами зроблена спроба детальної класифікації різновидів моніторингу довкілля. Вперше велика увага приділена застосуванню дистанційних методів зондування Землі та геоінформаційних систем і технологій в системі екологічного моніторингу, а також основам екологічного картографування.

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

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

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

Автори:

*Адаменко О.М.*, д.г.-м.н, проф. (1.2, 2.4, 4.9 – Івано-Франківський НТУ нафти і газу); *Білявський Г.О.*, д.г.-м.н., проф. (вступ, 2, 3 – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління); *Боголюбов В.М.*, к.т.н., доцент (вступ; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – Національний університет біоресурсів і природокористування України); *Волошин І.М.*, д.г.н., проф. (4.4, 4.5, 4.8, 4.9 – Львівський національний університет ім. Івана Франка); *Гатинян В.С.*, к.т.н., ст. наук. співр. (6.1-6.4 – ДНТЦ “Природа”); *Горова А.І.*, д.б.н., проф. (3.6 – Дніпропетровський національний гірничий університет); *Ісаєнко В.М.*, д.б.н., проф. (вступ, 2.8; 2.9 – Національний педагогічний університет); *Картавцев О.М.* (1.4, 4.4, 4.5, 6.4, 6.5 – Національний університет “Києво-Могилянська академія”); *Клименко М.О.*, д.с.-г.н, проф. (вступ, 1, 2, 3 – Державний технічний університет природокористування і водних ресурсів); *Красовський Г.Я.*, д.т.н., проф. – 6.1 (Національний авіакосмічний університет “ХАІ”); *Кульчицький-Жигайло І.Є.*, к.с.-г.н., доцент (3.6 – Національний лісотехнічний університет); *Медведев В.В.*, д.г.н., проф. (1.4; 2.4 – Український НДІ ґрунтознавства та агрохімії ім.О.Н. Соколовського); *Мокін В.Б.*, д.т.н., проф. (1, 2, 3, 4, 5, 6 – Вінницький державний технічний університет); *Пересацько В.А.*, к.г.н., доцент – 5 (Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна); *Полатасва Л.М.*, к.г.н., доцент (1, 2, 3, 4 – Одеський державний екологічний університет); *Посудін Ю.І.*, д.б.н., проф. (4.2.2-4.2.3 – Національний університет біоресурсів і природокористування України); *Придатко В.І.*, к.б.н., доцент (6.1, 6.7, 6.8 – Національний університет біоресурсів і природокористування України); *Прилипко В.А.*, д.м.н., проф. (2.8.1 – Національний університет біоресурсів і природокористування України); *Ракоїд О.О.*, к.с.-г.н., доцент (1.3, 1.4.4, 2.5, 3.1.2 – Національний університет біоресурсів і природокористування України); *Ратушняк Г.С.*, д.г.н., проф. (4.1-4.3 – Вінницький державний технічний університет); *Сафранов Т.А.*, д.г.-м.н, проф. (вступ; 1; 2; 3.3; 4 – Одеський державний екологічний університет); *Чернишов д.г.н.*, проф. (3.4 – Севастопільський національний університет ядерних виробництв і технологій).





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

*Система моніторингу повинна в інформаційному плані забезпечити організацію необхідних інформаційних потоків і поліпшити спостереження за основними процесами та явищами в біосфері. Для прийняття раціональних управлінських рішень необхідною умовою є наявність якісного інформаційного забезпечення щодо динаміки різних показників, які характеризують стан навколишнього середовища. При цьому, всі негативні тенденції, що відбуваються в розвитку складної системи «людина – природа – суспільство», підвищують актуальність як екологічного, так і соціально-економічного моніторингу.*

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

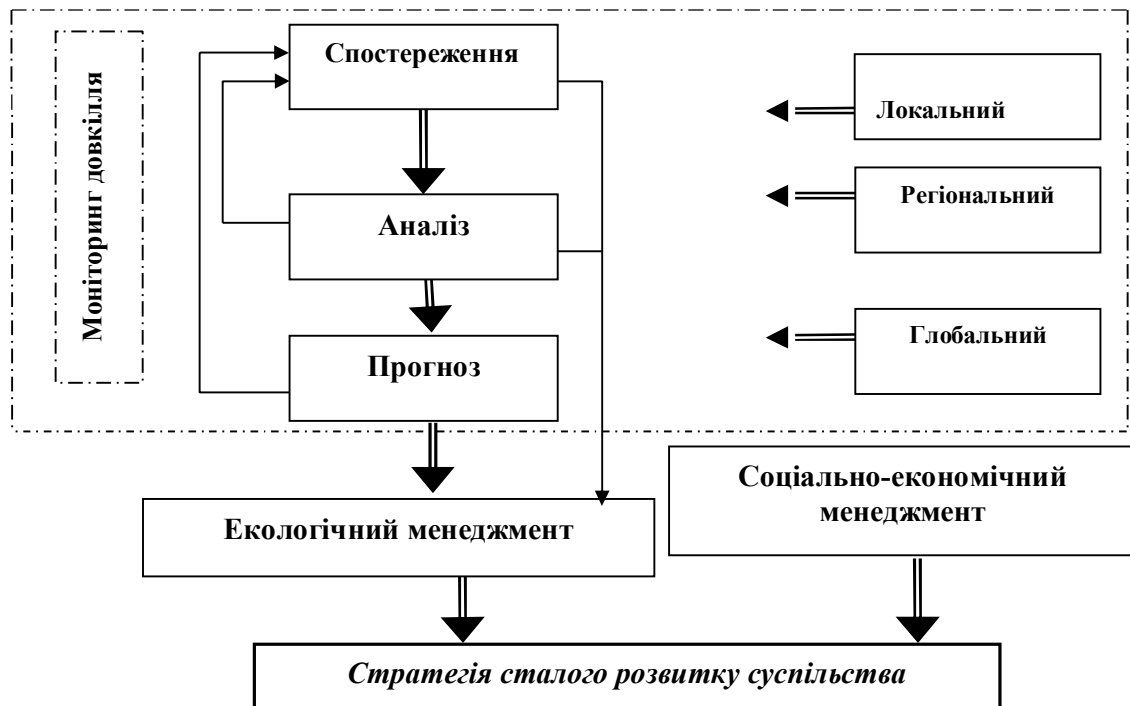


Рисунок 1.1 – Орієнтовна блок-схема реалізації концепції сталого розвитку суспільства

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. Ізраєля (Ізраєль, 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 симпозиумі 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).

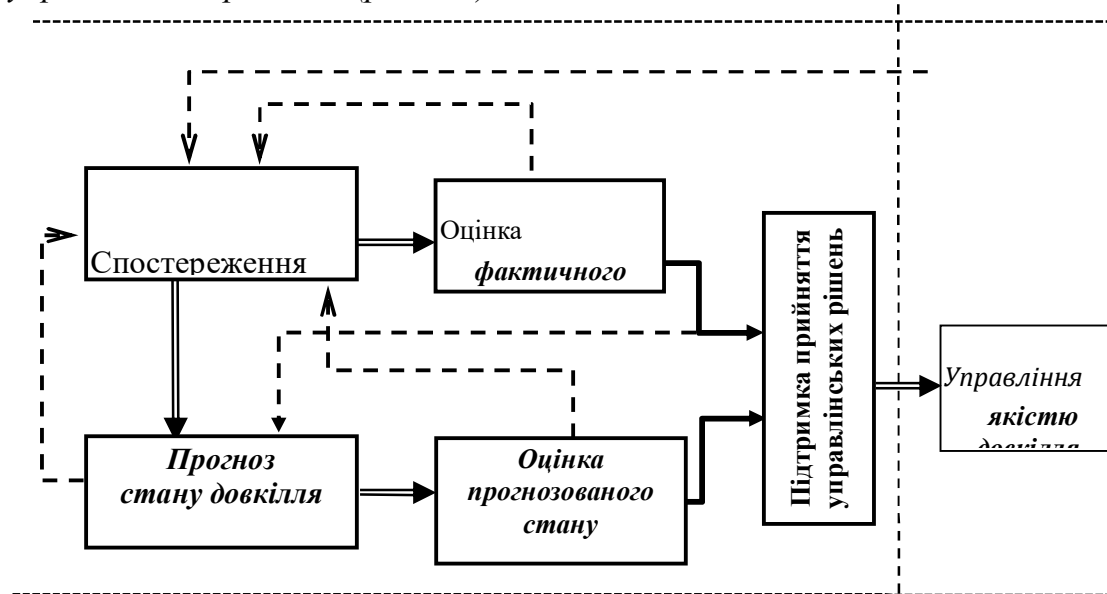


Рисунок 1.2 – Структура системи моніторингу довкілля

⇒ – прямиий

---> – 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 різких змін у природному середовищі.

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

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

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

Оперативний (кризовий) моніторинг — це вивчення спеціальних показників на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками для забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їхньої ліквідації, 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 (рис. 1.1).

**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.

Рис. 1.3. Узагальнена класифікація систем моніторингу

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

Таблиця 1.1 – Узагальнена схема класифікації систем моніторингу

Принцип	Існуючі або перспективні системи моніторингу
---------	--

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

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 охоплюють системою моніторингу (Ізраель, 1984)

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

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

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

Розділ **В** включає спостереження за реакцією біоти на різноманітні фактори впливів і змін станів довкілля. До цих спостережень належать спостереження за 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 та вимагає спеціальних узагальнень і оцінок.

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

Для оцінювання стану довкілля, з урахуванням змін антропогенного характеру, необхідно вміти впізнавати додаткові природні можливості самовідновлення для використання їх в інтересах людини. Для цього потрібно знати величину гранично допустимих навантажень (ГДН) на середовище та екологічний резерв даної екосистеми.

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

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

2. Система екологічного моніторингу в контексті екологічного менеджменту<sup>1</sup>. Місце моніторингу у системі екологічного менеджменту показано на рис. 1.4.

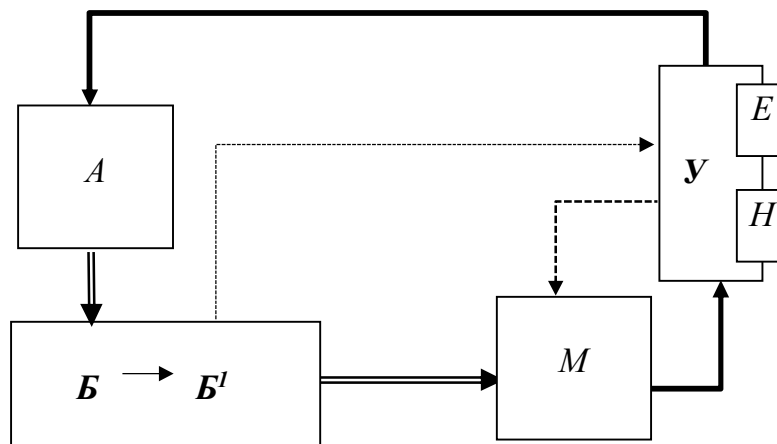


Рис. 1.4 – Блок-схема системи екологічного менеджменту (Ізраель, 1984)

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'**. За допомогою системи моніторингу (**М**)

<sup>1</sup> Система екологічного менеджменту – ISO 14000

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

Як відомо, комплекс антропогенних факторів (рис. 1.4) дуже різноманітний – це і забруднення природного середовища різними речовинами, і фізичний вплив, який порушує природне покриття планети, і вилучення поновлюваних і неповнолюваних 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.

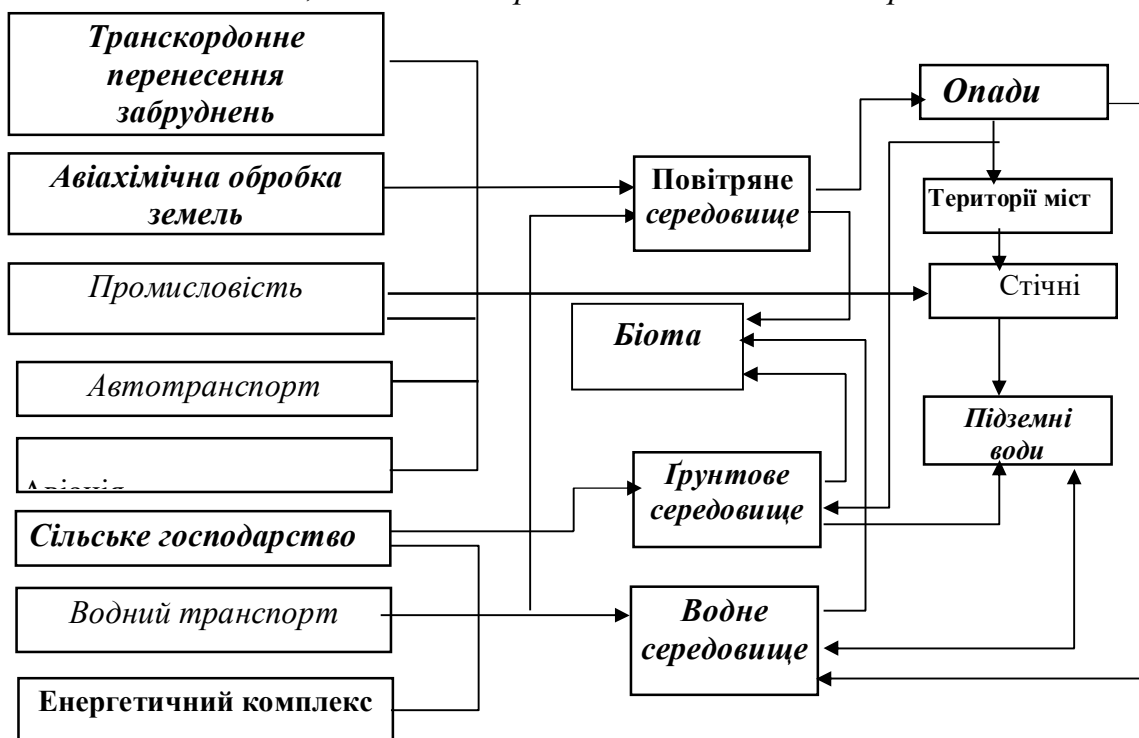


Рисунок 1.3 – Блок-схема впливу основних джерел забруднення на біосферу

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.

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.

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, а також 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 спостережень 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 і причинно-наслідкових зв'язків.

В Європейській агенції з навколишнього середовища (ЄАНС; англ. – ЕЕА) виділяють п'ять типів інтегральних показників.

Описові показники (А). Наприклад, частка органічного землеробства 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 (Е) – 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 збурень), а також виявляти елементи біосфери, найбільш чутливі до таких збурень або критичні ключові елементи, пошкодження яких може призводити до гибелі екосистем. Необхідно відмітити, що визначення пріоритетів для підсистем моніторингу при вирішенні різних задач може призвести до різних результатів для одного і того ж фактора збурення. Наприклад, збитки від збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері для деяких екосистем незначні, а в багатьох випадках збільшення CO<sub>2</sub> навіть корисне – воно сприяє збільшенню продуктивності рослин. З іншого боку, накопичення CO<sub>2</sub> призводить до парникового ефекту і можливих змін клімату з різними негативними наслідками для біосфери.

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

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

Клас	Забруднювальна речовина	Середовище	Тип програми
1	Діоксид сірки, завислі частинки Радіонукліди ( $^{90}\text{Sr} + ^{137}\text{Cs}$ )	Повітря Їжа	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>2</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);*
- 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:*

---

<sup>2</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.

- 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 прогностичної 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.



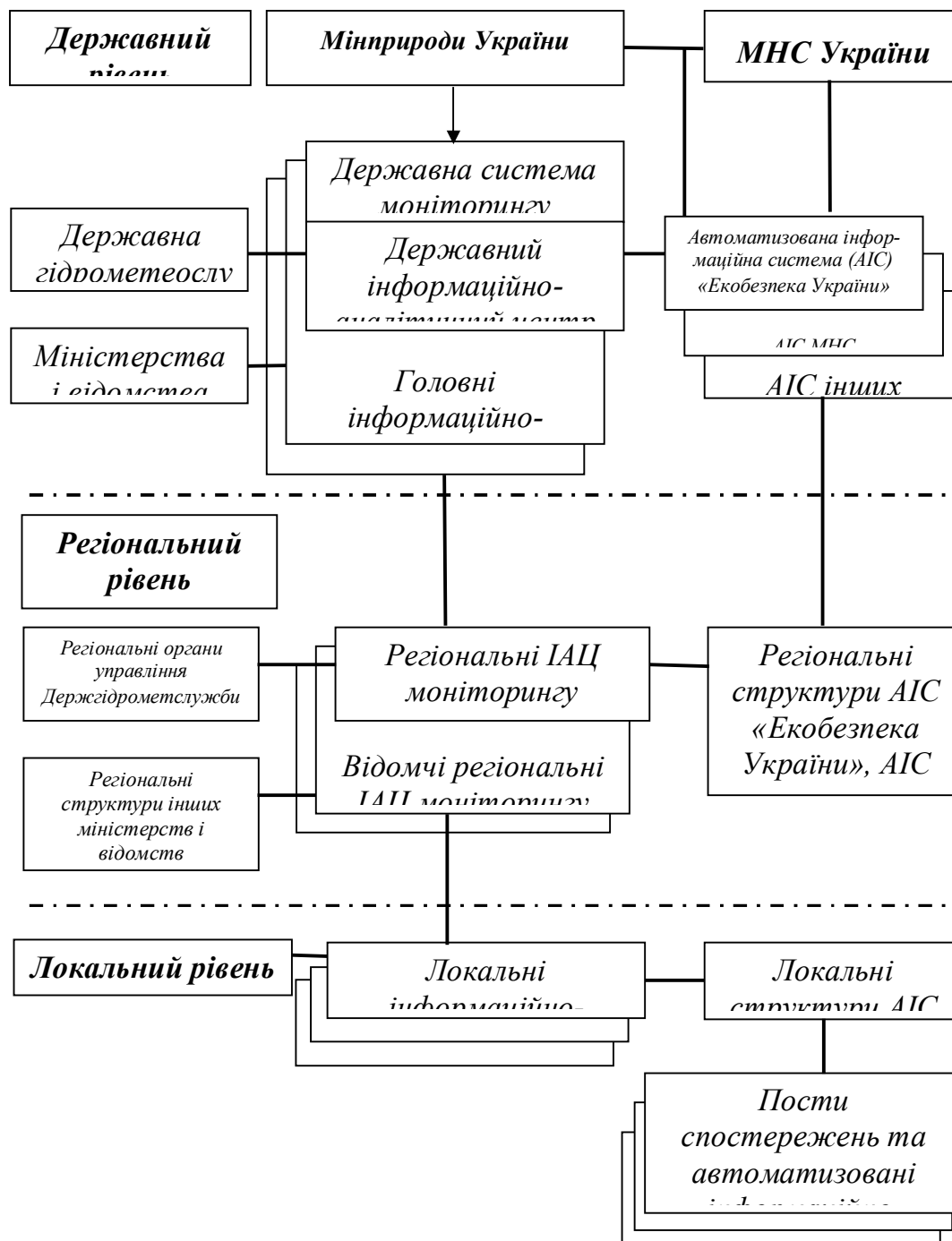


Рисунок 1.5 – Ієрархічна структура Державної системи моніторингу довкілля України

**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, екологічний моніторинг організовується також в межах адміністративних підрозділів (областей, районів, міст, сіл), рекреаційних зон, або в межах галузей нафтогазового, агропромислового, лісгосподарського та інших комплексів (рис.1.7).

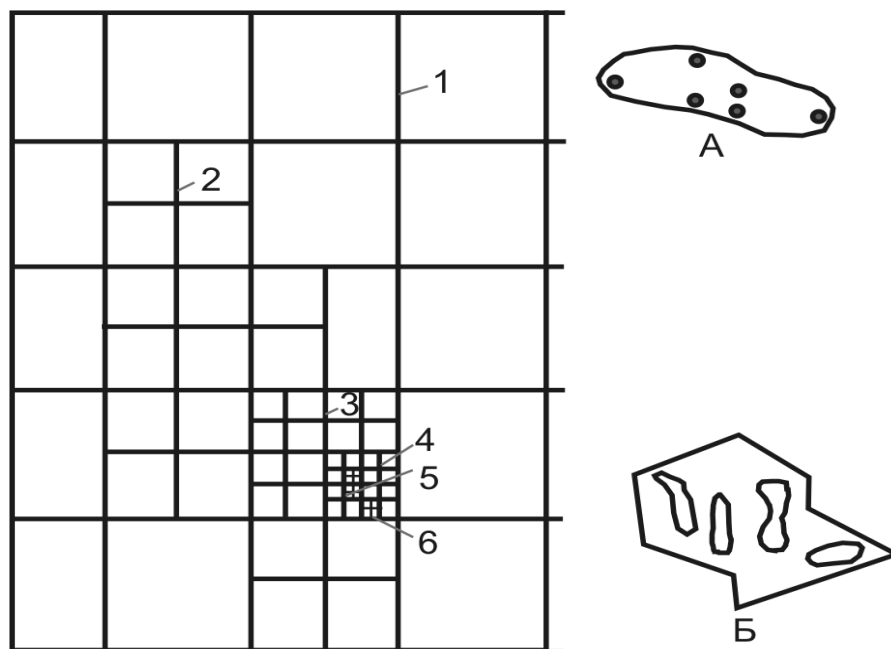


Рис. 1.7 – Картографічна ієрархія систем екологічного моніторингу України:

А – природна екосистема, Б – природно-антропогенна екосистема.

1 – національний рівень (1 : 1000000, розмір сітки мережі – 10 x 10 км);

2 – регіональний рівень (1 : 500000, 5 x 5 км), 3 – обласний рівень (1 :

200000, 2 x 2 км); 4 – локальний районний рівень (1 : 50 000, 500 x 500 м);

5 – міський рівень (1:10000 м, 100x100 м); 6 – об'єктний рівень, рівень

підприємства (1:5 000 – 1:1000, від 50x50 до 10x10м).

Дієва організація і впровадження екологічного моніторингу довкілля України та її адміністративних областей, районів і міст – це невідкладна задача державної природоохоронної служби. 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<sup>3</sup> – 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 екології та природних ресурсів (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>4</sup>.

<sup>3</sup> Формується відповідно до положень системи стандартів ДСТУ ISO 14000.

<sup>4</sup> Див. Методичні рекомендації з підготовки регіональних та загальнодержавної програм

*Моніторинг довкілля здійснюють (суб'єкти моніторингу):*

*1. Мінприроди – контроль атмосферного повітря та опадів: вміст забруднювальних речовин (ЗР), у т.ч. радіонуклідів; транскордонне перенесення ЗР; джерел промислових викидів в атмосферу (вміст ЗР, у т.ч. радіонуклідів); поверхневих і морських вод (гідрохімічні та гідробіологічні дослідження, вміст ЗР, у т.ч. радіонуклідів); підземних вод (оцінка ресурсів, гідрогеологічні та гідрохімічні дослідження складу і властивостей, у т.ч. залишкової кількості пестицидів та агрохімікатів); джерел скидів стічних вод (вміст ЗР, у т.ч. радіонуклідів); водних об'єктів у межах природоохоронних територій (фонова кількість ЗР, у т.ч. радіонуклідів); ґрунтів різного призначення, у т.ч. на природоохоронних територіях (вміст ЗР, у т.ч. радіонуклідів); 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 та екзогенних геологічних процесів (їх видові і просторові характеристики, активність прояву), повеней, наводків, снігових лавин, селів (у районах спостережних станцій); підземних вод; ендегенних та екзогенних процесів; геофізичних полів (фонові та аномальні визначення); геохімічного стану ландшафтів; 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. радіонуклідів); звалищ промислових і побутових відходів (склад відходів, вміст ЗР, у т.ч. радіонуклідів).*

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

*3. МОЗ (у місцях проживання і відпочинку населення, у т.ч. на природних територіях курортів) – контроль 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 території);

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>5</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).

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

9. Держгідрометслужба<sup>6</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);

<sup>5</sup> Раніше моніторинг цих об'єктів здійснював Держкомбуд.

<sup>6</sup> Нині входить в структуру МНС України, а результати спостережень передає в єдиний банк даних Мінприроди України.

*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.*

### **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>7</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 Президентіві 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;*

---

<sup>7</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).

– загальних правил створення і ведення розподілених баз та банків даних і знань, картування і картографування екологічної інформації, стандартних технологій з використанням географічних інформаційних систем.

Метрологічне забезпечення державної системи моніторингу також покладається на Мінприроди із залученням інших 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.

### **1.3. Досвід організації систем екологічного моніторингу в зарубіжних країнах**

Зарубіжний досвід організації систем екологічного моніторингу, зокрема автоматизованих, свідчить про велику зацікавленість органів виконавчої влади різних країн у розвитку національних систем моніторингу, а також про високу економічну і соціальну ефективність цих систем, незважаючи на необхідність високого рівня інвестиційних вкладень.

#### *1.3.1. Організація моніторингових досліджень в Росії*

Найближчою за структурою і організаційними формами до державної системи моніторингу України є система екологічного моніторингу Російської Федерації, яка також базується на системі моніторингу, створеній в СРСР. Організаційною формою моніторингу в Росії є Єдина державна система екологічного моніторингу (ЄДСЕМ), яка створена спеціальним рішенням

уряду у 1993 році<sup>8</sup>. В російській системі управління природоохоронною діяльністю ЄДСЕМ відіграє важливу роль і є основою інформаційного забезпечення управлінських рішень в екологічній сфері<sup>9</sup>. Як і в Україні ця система поки що знаходиться на стадії формування і вдосконалення, але вже охоплює практично всі адміністративні райони і промислові центри.

На даний час ЄДСЕМ забезпечує:

- моніторинг джерел антропогенного впливу на навколишнє середовище;
- моніторинг забруднень абіотичної складової природного середовища;
- моніторинг біотичної складової навколишнього природного середовища;
- соціально-гігієнічний моніторинг;
- формування і функціонування екологічних інформаційних систем (баз даних, геоінформаційних систем тощо).

Після 2000 року системою екологічного моніторингу в Росії керують два спеціальних державних органа:

– *Росгідромет*, забезпечує організаційні функції в ЄДСЕМ, здійснює моніторинг забруднень атмосфери, поверхневих і морських вод, ґрунтів та навколоземного космічного простору, а також радіаційний моніторинг, комплексний фоновий моніторинг і космічний моніторинг стану природних об'єктів (в Україні це нацивають дистанційним зондуванням Землі). Окрім того, ця організація формує і забезпечує життєздатність державної мережі спостережень, супроводжує Єдиний державний фонд даних про стан навколишнього природного середовища і веде централізований облік екологічної інформації.

– *Міністерство природних ресурсів РФ*, забезпечує загальну координацію діяльності інших міністерств і відомств в сфері моніторингу навколишнього середовища. Спільно з іншими державними органами це міністерство забезпечує спостереження за станом надр, водних об'єктів і моніторинг лісів.

Як і в Україні розвиток національної системи екологічного моніторингу РФ тісно пов'язано з розвитком підсистем на локальному і регіональному рівні. На локальному рівні система екологічного моніторингу техногенних впливів пов'язана з підсистемою контролю і управління технологічними процесам виробничих об'єктів.

У структурі ЄДСЕМ існують тематичні і територіальні підсистеми екологічного моніторингу.

*Тематичні системи* здійснюють спостереження і контроль за екологічним станом окремих об'єктів навколишнього природного середовища, слідкують за екологічною безпекою людей в залежності від стану компонентів довкілля, за станом природних ресурсів і джерелами антропогенного впливу.

*Територіальні системи* створюються відповідно до адміністративного поділу РФ за ієрархічним принципом. З метою створення єдиного науково-

---

<sup>8</sup> *Постановление Правительства РФ “О создании Единой государственной системы экологического мониторинга” от 24.11.93 №1229 // САПП, 1993, №48. – С.4661.*

<sup>9</sup> *Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Уч. пособие. Ч.2. Специальная / Ю.А.Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 337 с.*

методичного підходу до комплексних спостережень за станом довкілля в РФ визначені декілька експериментальних базових територій (Татарстан, Кіровська обл. та ін.), де відпрацьовуються і впроваджуються в практику управління природоохоронною діяльністю та екологічною безпекою системи екологічного моніторингу. Для них були розроблені тимчасові положення про територіальні системи моніторингу, керівні документи, програми і плани заходів з розробки і впровадження цих систем.

Поширється також і виробничий моніторинг, який зобов'язує природокористувачів здійснювати облік впливів на довкілля їхньої виробничої діяльності, що відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO 1400.

Звертає на себе увагу, що у російській науковій літературі вирази “екологічний моніторинг” і “моніторинг навколишнього середовища” розглядаються як синоніми.

### 1.3.2. Організація моніторингових досліджень атмосферного повітря

*США. Національне управління по боротьбі з забрудненням атмосфери США у 1968 р. розділило територію країни на 15 районів (кущів) за допустимою ступінню забруднення повітря. В кожному з цих районів встановлено комплекс автоматичних датчиків та телеметричних систем, об'єднаних в загальнодержавну систему контролю атмосфери. Організована у 1970 р. Агенція з охорони навколишнього середовища США (Environmental Protection Agency – EPA) об'єднала вказані райони в 10 регіонів, розділені в свою чергу на районні управління охорони атмосфери у відповідності з кущовими системами контролю забруднення повітря. Зараз функціонують телеметричні системи в Чикаго, Пітсбурзі, Нью-Йорку, Лос-Анджелесі, Детройті, Вашингтоні, Філадельфії, Сент-Луїсі та інших містах. Системи дозволяють використовувати багатоступеневу оперативну систему сигналізації про небезпечне забруднення атмосфери. Якщо на пунктах з неперервним вимірюванням забруднення атмосферного повітря (ЗП) отримують дані про перевищення критичних концентрацій забруднювальних речовин (ЗР), то по всій мережі вимірювань даного штату оголошується початок більш інтенсивного відбору проб. В подальшому, якщо концентрації забруднювальних речовин перебільшують значення, встановлені для першого сигналу тривоги, а прогноз метеорологічних умов не показує різких змін погоди, державна служба контролю отримує повідомлення про необхідність об'явлення сигналу “попередження”. Далі, якщо протягом 24 годин рівень ЗП зберігається або зростає, а прогноз погоди вказує на подальше збереження застійних умов, об'являють другий сигнал тривоги “застереження”. При першому сигналі зупиняють спалювання сміття, від великих споживачів вимагається добровільне зменшення споживання палива і перехід на паливо з низьким вмістом сірчаних сполук, адміністрація звертається до населення з попередженням про небажаність користування автотранспортом. При другому сигналі тривоги добровільне обмеження розповсюджується на опалення будинків, закриваються деякі заводи, зменшуються викиди решти підприємств (за спеціальним планом), поліція обмежує рух автотранспорту. Третій ступінь тривоги “небезпека” пов'язаний з зупинкою підприємств,*

зведенням до мінімуму руху автотранспорту. Небезпечна ситуація визначається в цілому по контрольованому району на основі фонових (емісійних) даних, а при локальних підвищеннях концентрацій застосовують заходи до найближчих підприємств. Всі три типи “димових тривог” відносяться до надзвичайно інтенсивного ЗП: вже при оголошенні тривоги першого типу максимально допустимі концентрації CO, SO<sub>2</sub> та NO<sub>2</sub>, наприклад, в десятки разів перевищують ГДК.

Ще в кінці минулого століття в США створено інформаційні мережі “державних банків даних” про стан атмосфери та тенденції в зміні її якості, які використовуються для планування і реалізації заходів по боротьбі з ЗП. Американські спеціалісти вважають, що успіх подібних програм залежить в першу чергу від складності контрольно-вимірювальних станцій, ефективності процесів збору та переробки інформації про забруднення повітря.

Досвід побудови та експлуатації систем контролю ЗП в США використано рядом інших країн – Японією, Нідерландами, Францією, Великобританією, Канадою та деякими іншими.

Аналіз характеристик відомих зарубіжних систем свідчить про те, що ці системи суттєво відрізняються одна від одної числом контрольно-вимірювальних станцій (КВС) та частотою опитування мережі КВС. Перше визначається географічними, топографічними та метеорологічними умовами контрольованого району. Спостерігається тенденція до збільшення числа КВС: Чикаго – з 7 до 60, Нью-Йорк – з 10 до 40, Піттсбург – з 3 до 99, Берлін – з 6 до 82, Мюнхен – з 15 до 80, Нідерланди – з 31 до 250 (Примака, 1980). Відмічається тенденція до зменшення часу осереднення інформації датчиків і збільшення частоти опитування КВС із збільшенням площі контрольованого району.

Більшість зарубіжних систем використовують телефонні канали зв’язку. Комутовані телефонні лінії використовуються в одній з найбільш досконалих цифрових телеметричних систем “Емпайр стейтс систем” штату Нью-Йорк (та в кустовій системі Баварії), яка контролює забруднення одночасно повітряного і водного басейнів.

Сучасні автоматизовані системи контролю забруднень повітря використовують комп’ютерні системи, які працюють в реальному масштабі часу, що забезпечує високу ефективність та можливість прогнозування небезпечних ситуацій.

Аналіз зарубіжних систем контролю ЗП (Примака, 1980) дозволяє визначити основні задачі такої системи:

1. Оперативний відбір та експрес-оцінка отриманої інформації, аналіз її репрезентативності, зміна режиму роботи в залежності від результатів, видача оброблених даних для наступного аналізу.

2. Накопичення та статистична обробка і сортування інформації про ЗП (отримання середньодобових, місячних, сезонних, річних та інших даних).

3. Створення картотеки джерел ЗП з даними про їх розташування, потужність, вид та циклічність викидів, присутність очисних споруд та можливих заходах тимчасового зменшення викидів.

4. Визначення ступеня небезпечності окремих джерел забруднення, розробка рекомендацій щодо характеру та черговості дій при несприятливих метеорологічних умовах.

5. Оперативний прогноз ЗП.

6. Попередження промисловим підприємствам та службі регулювання руху автотранспорту про значні поточні та прогнозовані концентрації ЗП та необхідність прийняття відповідних заходів.

7. Аналіз ефективності різних пристроїв та методів очистки викидів у процесі експлуатації, оперативна оцінка короточасних локальних заходів по захисту біосфери від забруднень.

8. Аналіз ступеня ЗП в залежності від географічних, топографічних і метеорологічних факторів, пори року, доби і т.д., який відкриває широкі можливості для оптимального планування швидко зростаючих промислових комплексів і місць масового відпочинку населення, а також для довгострокового прогнозу ЗП з врахуванням розвитку промисловості та транспорту.

9. Забезпечення центральних, регіональних, обласних та міських органів та зацікавлених організацій терміною і систематичною інформацією про ЗП, а також прогнозами і попередженнями про можливі різкі зміни його рівня для розробки і здійснення захисних заходів.

Оскільки змінити технологію виробництва, ввести нові ефективні комплекси очисних споруд на діючих підприємствах не завжди і не всюди економічно доцільно, особливе значення мають методи і засоби раціонального "управління" забрудненням повітря промислових комплексів та міст.

У **Великобританії** не має єдиної, попередньо запланованої, системи охорони навколишнього природного середовища. Це пояснюється в основному тим, що її формування розпочалось ще на початку 19 століття і продовжувалось майже до кінця 20 століття.

Серед задач охорони навколишнього середовища на перше місце у Великобританії ставлять питання, пов'язані з попередженням негативного впливу на здоров'я людини, захист тварин і рослин, питання рекреації і проблеми зменшення любых негативних наслідків для навколишнього середовища.

У Великобританії існує система заказників, національних парків, зелених поясів для захисту і збереження біологічних систем. Для боротьби із забрудненням на додаток до існуючих заходів організовується система моніторингу забруднень.

Система моніторингу створюється у Великобританії з 1980 р. у відповідності з існуючими потребами, а отримані результати використовуються для прийняття рішень в управлінні станом навколишнього середовища. Ця програма повинна забезпечити слідування як за причинами, так і за наслідками збурень. Основною метою моніторингу у Великобританії є визначення зв'язку між зміною рівнів забруднення і наслідками таких забруднень для біологічних систем.

*Важливим для організації моніторингу визнається економічний аспект. Окрім того, визначення балансу між витратами на контроль і регулювання забруднень та іншими програмами охорони природи потребує точної і повної інформації.*

*Моніторинг у Великобританії будується за двома напрямками:*

*1) контроль якості – оперативно оцінюється “що діється” – проводяться вимірювання відомих забруднювачів, визначаються стандарти на такі забруднюючі речовини для навколишнього середовища і здоров'я людини;*

*2) напрямок, який характеризується як “пильність” – мова йде про нову можливу небезпеку – нові забруднювачі, нова отрута, нові прояви реакцій біоти на дії різних речовин, нові хвороби. Для цієї частини моніторингу найбільш важливою є оцінка нових ефектів.*

*Особливістю побудови різних систем у Великобританії є те, що відповідальність за їх функціонування покладено на місцеву владу, окрім того, особлива увага приділяється тісному співробітництву між населенням і приватними компаніями.*

*Таким чином, незважаючи на те, що у Великобританії існують деякі національні програми, основні заходи в напрямку моніторингу виконуються на локальному рівні. Існують дві головні програми нагляду: Національна служба контролю забруднення атмосфери і Служба забруднення рік. Обидві програми представляють результати у вигляді карт рівнів забруднень.*

*Проведені вимірювання показали чітку кореляцію між визначеними концентраціями діоксиду сірки і диму та розрахованими (за кількістю і типом палива) викидами забруднень, а також частотою захворювань населення. Ця закономірність дозволяє дещо спростити моніторинг.*

*В працях англійських вчених відмічається, що для ефективної роботи необхідна організація централізованих служб; створюється мережа даних “раннього попередження” про найбільш небезпечні хімічні сполуки. Проводяться регулярні токсикологічні дослідження, епідеміологічні обстеження, клінічні випробування.*

*Для гармонізації (координації) програм моніторингу на різних рівнях у Великобританії створено декілька груп (комітетів) управління моніторингом. Вони займаються проблемами фізичних аспектів різних природних середовищ, питаннями здоров'я людей та станом біологічних систем. У Великобританії встановлені узгоджені показники якості навколишнього середовища, які враховують здатність окремих середовищ переносити навантаження (природний ресурс). Таким чином, тут надають перевагу контролю показників якості навколишнього середовища над контролем джерел забруднення. У Великобританії визнано пріоритетним і здійснюється комплексний аналіз впливу різних речовин ще до їх появи з врахуванням реальної обстановки (особливо лікарських препаратів і пестицидів). Створено централізовану мережу реєстрів хімічних сполук, яка збирає основні відомості про забруднювальні речовини, результати їх перевірки та оцінки стану*

навколишнього середовища, створено єдиний банк даних по забрудненню біосфери.

Поблизу міста Бедфорда розташована одна з найбільш відомих фірм Великобританії в галузі метеорологічного приладобудування – CASELLA, яка розробляє і випускає найсучасніші прилади для вимірювання забруднення повітря газоподібними домішками та пилом, метеорологічних параметрів, в тому числі й автоматизовані прилади і системи.

**Фінляндія.** Провідною організацією Фінляндії, яка займається питаннями моніторингових досліджень стану довкілля, є Фінський метеорологічний інститут (ФМІ), який було створено при Університеті Хельсінкі у 1919 році. Головними завданнями діяльності ФМІ є:

- спостереження за фізичним і хімічним станом атмосфери та магнітного поля Землі;
- підготовка і розповсюдження інформації про існуючий стан атмосфери, а також про її стан в минулому і майбутньому;
- дослідження в галузі метеорології, фізики та хімії атмосфери, космічної фізики, геомагнетизму.

Вирішення практичних задач здійснюється в тісному контакті з всесвітньо відомою фірмою VAISALA (яка має філії в США, Японії, ФРН, Франції та інших країнах) та Фінською Міжнародною Агенцією розвитку (яка бере активну участь у фінансуванні міжнародних програм з охорони навколишнього середовища).

Найбільшим відділом ФМІ є департамент приладів, який включає підрозділи з проблем спостереження за різними природними середовищами та засобів обробки результатів спостережень – 38% працюючих. При загальній чисельності працюючих близько 600 чоловік, в адміністративному департаменті працює всього 36 чоловік (6%). Головним джерелом фінансування є бюджет (у 1994 році становив приблизно \$50 млн.).

ФМІ організовано і утримується на території Фінляндії (площа 338 тис км<sup>2</sup>, населення – 5 млн. чол.) три обсерваторії, 133 синоптичні та кліматологічні станції, 57 автоматичних станцій.

#### 1.4.3. Системи моніторингових досліджень поверхневих вод

До найголовніших документів у сфері водних ресурсів відноситься також Директива ЄС щодо моніторингу та менеджменту водних ресурсів (Water Framework Directive, 2000\60\ЕС), яка передбачає досягнення і дотримання статусу „доброї якості” усіх водних об’єктів Європи до 2015 року шляхом впровадження басейнового менеджменту. Практично всі країни ЄС інтенсивно працюють в цьому напрямку в плані визначення пріоритетів, завершення реєстру водних об’єктів, які потребують підсиленої охорони в кожному річковому басейні. Такий моніторинг повинен забезпечувати контроль за цілим рядом „елементів якості води”, включаючи біологічні, хімічні (органічні та неорганічні забруднювальні речовини), гідро морфологічні та фізико-хімічні параметри.

Ця директива передбачає три типи моніторингу, який повинен забезпечити менеджмент водних ресурсів:

- спостережний моніторинг, спрямований на оцінку довгострокових змін якості води та формування бази даних щодо річкових басейнів;
- оперативний моніторинг, спрямований на отримання основних та додаткових даних про водні об'єкти, визначені в Директиві як такі, що знаходяться в незадовільному стані або містять антропогенно порушені екосистемами;
- аналітичний моніторинг, спрямований на оцінку причин негативних змін в річкових басейнах.

З метою забезпечення репрезентативності результатів екологічного моніторингу водних ресурсів Директива ЄС ініціює методи хімічних та біологічних досліджень, які вважаються необхідними для створення ефективних систем контролю за біонебезпеками та специфічними високо небезпечними хімічними сполуками (табл. 1.7).

Галузь науково-експериментального та інженерно-технологічного забезпечення моніторингу водних ресурсів в країнах ЄС та США динамічно розвивається. З найсучаснішими розробками цієї галузі (портативні прилади, обладнання, витратні матеріали, аналітичні процедури спеціалізованих лабораторій, складні автоматизовані системи постійного моніторингу тощо) можна ознайомитись у періодичному міжнародному виданні *International Environmental Technology*. В сучасних розробках перевага надається методам, що дозволяють проводити комплексні вимірювання в неперервному автоматичному режимі, на противагу традиційним підходам з методологією точкового відбору проб, які останнім часом вважаються недосконалими. Найбільш прогресивними інженерними рішеннями в організації і проведенні моніторингу водних ресурсів вважаються застосування пробовідбірників пасивної дії, імуноіндикаторів та біосенсорів.

Таблиця 1.7 – Методи біологічного та хімічного моніторингу якості води, рекомендовані Водною Директивою ЄС

Назва методу	Будова, класифікація, аналітичні величини та принцип дії	Сфера застосування та основні переваги
Біоіндикація та біотестування	Оцінка реакції тест-організму (мікроорганізми, водорості, безхребетні) на забруднення в пробах води або в умовах <i>in-situ</i> . Біоломінесценція, стан метаболізму, кількість хлорофілу, флуоресценція; темпи росту чи розвитку. Входять до аналітичних систем визначення токсичності при складанні характеристик складних розчинів.	Регулювання токсичності стоків очисних споруд, встановлення змін токсичності після аварійних розливів або визначення джерел забруднення. Враховується біоаккумуляція і фізичні перетворення політантів.
Біосистеми завчасного попередження	Живий організм (чутливий елемент детектування змін в тест-організмі) або процесорний елемент передачі сигналу до системи реагування. Фізіологічні чи поведінкові зміни при гострій токсичності: в мікроорганізмах чи водоростях –	Моніторинг точок забору в системах питного водопостачання. Моніторинг стічних вод чи забруднених стоків з місць проведення ремедіаційних робіт.



	<p>потреба в біологічно активному кисні, темпи росту, чисельність популяції, фотосинтетична активність;</p> <p>в молюсках – темпи дихання;</p> <p>в безхребетних чи рибах – поведінка у плаванні.</p>	
Біомаркери	<p>Біореакції в середині організму під впливом дії полютантів (забруднювальних речовин):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- експозиції (вимірювання екзогенних речовин, їх метаболітів та продуктів взаємодії з ксенобіотиками);</li> <li>- ефекту (біохімічні, фізіологічні та інші зміни в середині організму);</li> <li>- чутливості (реакція організму на величину експозиції того чи іншого специфічного полютанта).</li> </ul>	<p>Ефекти полютантів спочатку з'являються на молекулярному та субмолекулярному рівнях, потім на рівні організму та популяції. Як сигнали попереднього реагування при проведенні наукового моніторингу.</p>
Пробовідбірники пасивної дії	<p>Абсорбція чи адсорбція полютантів з проби води рецепторним розчином. Еквілібричні (термодинамічної рівноваги).</p> <p>Кінетичні – визначається ступінь масового переносу до акцепторного розчину, яка пропорційна різниці в хімічних активностях полютанта в воді та акцепторному розчині, вираховується часово-вагова варіація концентрації полютантів.</p>	<p>Можна вимірювати епізодичні змін концентрації полютантів без використання методу точкового відбору проб, порівнювати концентрації полютантів в біоті та у водному середовищі, оцінювати місце знаходження джерел забруднення; в поєднанні з біомаркерами та біоіндикаторами.</p> <p>Дозволяє встановлювати релятивну токсикологічну значимість полютантів (науковий моніторинг).</p>
Біосенсори	<p>Імунохімічні, ензиматичні (ферментні), інкорпоровані в ДНК, цілі організми.</p> <p>Базуються на хімічному чи фізичному рецепторі розпізнавання окремого хімічного елемента чи речовини та перетворювача сигналу у доступну для обчислення форму (вольт амперметричні мікро прилади, інкорпоровані полімери тощо).</p> <p>Детектування реакції електрохімічним сенсорами відбувається на принципах потенціометричних вимірювань або вимірювань електроємності чи електропровідності.</p>	<p>Можна отримувати інформацію відносно біонакопичення полютантів та цитотоксичності, генотоксичності чи мутагенності водної проби. В поєднанні з системами оптичної чутливості для детектування пестицидів, а в системах з флуоресцентними чи люмінесцентними вимірюваннями для визначення токсичності та концентрацій полютантів. При моніторингу заборів питної води, стоків, поверхневих та ґрунтових вод. Для оперативного складання карт забруднення.</p>
Імуноіндикатори	<p>Містять антитіла селективного розпізнавання. З'єднані антигени з</p>	<p>Для оцінки присутніх у воді патогенів, скринінгу</p>

	антитілами іммобілізуються на поверхні. Для фіксації цих точок з'єднання та передачі доступного для обчислення сигналу використовуються мічені атоми або інші індикатори (люмінесцентні).	(екранування), встановлення місця подальшого проведення аналітичних робіт, термінового картування та встановлення джерел забруднення.
--	---	---

Моніторинг надзвичайних ситуацій. Останнім часом в інформаційних джерелах часто зустрічається словосполучення „аварійний моніторинг” або „кризовий моніторинг”. Під ним розуміють оперативні дії спеціалізованих аналітико-експертних груп реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру спрямовані на екстрену оцінку ситуації на місці та прийняття термінових заходів щодо ліквідації наслідків.

Найбільш складним завданням при проведенні аналітичних робіт на місці аварії є надзвичайно велике число сполук, які необхідно одночасно проаналізувати. Для того, щоб прийняти правильне рішення щодо вибору необхідних аналітичних методів та інструментів, доцільно керуватись спеціальним реєстром найбільш токсичних сполук, що можуть бути присутніми при виникненні подібних аварій. Одним із таких списків промислових токсичних речовин є „Реєстр надзвичайно небезпечних сполук”, створений EPA US і доступний на вебсайті EPA. До цього реєстру входять 356 сполук. Нижче наведено список сполук, аналітичне визначення яких є особливо проблематичним (табл. 1.6).

До цього реєстру додаються також методики та інструкції щодо аналітичного визначення та правил поводження з цими сполуками, зокрема, надаються рекомендації із застосування таких комбінованих інструментальних методів, як газова хроматографія та мас спектроскопія. Інноваційним методом для вимірювання миш'яку у воді вважається застосування приладу американської фірми TraceDetect, що складається із системи підготовки проб, аналізатора послідовного введення та анодного вольтамперометричного вольтаметра з датчиком-електродом Nano-Band.

У Великобританії моніторинг криптоспоридії (найпростіший паразит, що викликає діарею, стійкий до хлорування та інших дезинфікуючих засобів, може довгий час жити у воді) є стандартизованим і зареєстрований в протоколі методів моніторингу Державної інспекції питної води.

Таблиця 1.6 – Список речовин з „Реєстру надзвичайно небезпечних промислових сполук”

Класифікація	Приклади
Органічні сполуки (50% від всіх)	Акролеїн, акриламід, акрилонітрил, хлорометилкетон, анілін, хлороформ, колхіцин, циклогексиламін, ерготамін, тетрат, етилтіоціанід, гідрохінон, пропілонітрил, мітоміцин С, вініл ацетат
Пестициди (30%)	Алдріл, хлордан, ендосульфан, етіон, метідатіон, паратіон, фосмет
Неорганічні сполуки (10%)	Хлорид хрому, трихлорид галію, гексахлорид телурию, селеніт натрію, сульфат талію, фосфід алюмінію, ціанід калію
Газу (5%)	Амоній, хлор, атілонексид, ціанід водню, фосфін, сульфід водню,

	<i>трифторид бору, арсин, діоксид сірки</i>
<i>Органометалічні сполуки (5%)</i>	<i>Карбоніл кобальту, метилциклопентадіенілманганіз три карбоніл, карбоніл нікелю, фенілртутьацетат, тетраетил свинцю</i>

*Світова практика свідчить, що ефективна система моніторингу та менеджменту водних ресурсів є основною передумовою раціонального, контрольованого та безпечного водокористування.*

*В США, Англії та інших країнах Європи існують державні екологічні управління (агенції), до яких входять підрозділи, відповідальні за організацію і проведення моніторингу всіх складових довкілля (повітряного, водного, ґрунтів, біоресурсів). Ці підрозділи відповідають, також за акредитацію і сертифікацію лабораторій, персоналу, технологій, інструментарію і автоматизованих систем моніторингу як на промислових, так і на житлово-комунальних об'єктах. В сферу діяльності цих підрозділів входить також розробка нормативно-правової документації та науково-інформаційне забезпечення, підготовка та реалізація цільових програм та проектів.*

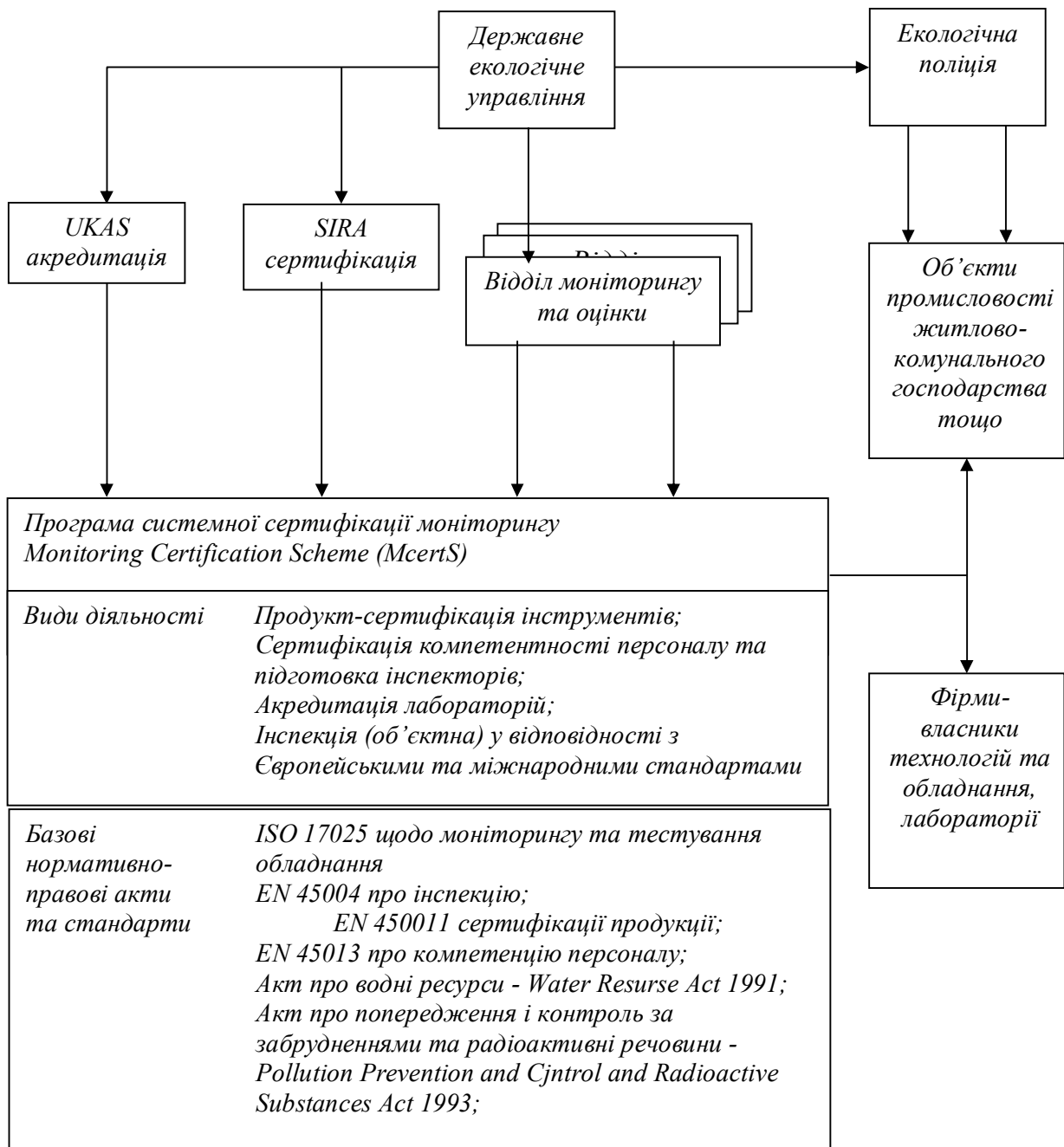
*Керуючись положеннями Водної Директиви при Державному екологічному управлінні Великобританії започаткована нова програма сертифікації технологій моніторингу довкілля (рис. 1.8).*

*- Метою цієї програми є забезпечення якості і достовірності даних водного моніторингу, особливо їх відповідність прийнятим стандартам. Якість даних залежить від правильного використання відповідних методів, стандартів, процедур та обладнання, тренованого та кваліфікованого персоналу, ефективного планування, забезпечення та контролю якості. Завдяки цій програмі:*

*- відбувається забезпечення замовників (користувачів) сертифікованим інструментарієм та процедурами для проведення моніторингу з дотриманням як національних, так і міжнародних стандартів, зокрема, зростаючих вимог директив ЄС;*

*- надається можливість для виробників інструментів та провайдерів послуг у забезпеченні замовників потрібними сертифікованими інструментами та послугами;*

*- на вимогу ЄС на об'єктах проводяться незалежні інспектування систем моніторингу довкілля.*



*Рис. 1.7. Структура системи управління моніторингом водних ресурсів у Великобританії*

*До сфери діяльності цієї програми входить також розробка регламентів та іншої документації, створення та обслуговування реєстрів сертифікованих лабораторій, фірм-виробників, обладнання та технологій моніторингу. Інформація про реалізацію цієї програми розміщується на вебсайті.*

*Environmental Agency GB разом з відомим видавництвом SWIG та Environmental Technology здійснюють проект під назвою “Екологічний моніторинг води та стічних вод” (Water Wastewater Environment Monitoring – WWEM). Мета проекту полягає у своєчасному висвітленні інформації про*

інновації у сфері моніторингу якості води шляхом організації міжнародних конференцій, семінарів, виставок тощо.

З 1977 році розпочалися роботи за міжнародною програмою UNEP/Water (United Nation Environment Program/Water) щодо організації системи спостережень за станом прісних вод, яка входить в систему глобального моніторингу навколишнього середовища (табл. 1.8). Міжнародна система моніторингу прісних вод базується на 344 станціях (з них 240 – розміщено на річках, 43 – на озерах, 61 – на джерелах підземних вод). Станції розташовані таким чином, щоб вести спостереження як на незабруднених, так і на забруднених територіях. Всі дані спостережень акумулюються в Канадському центрі континентальних вод (м. Барлінгтон, провінція Онтаріо) з метою вивчення стану забруднення прісних вод та розробки світових стандартів чистої води.

Таблиця 1.8 – Мережа постів спостережень за станом поверхневих вод у різних країнах світу

Країна	Площа, тис.км <sup>2</sup>	Кількість пунктів (станцій, постів)	Густина мережі, км <sup>2</sup> на один пункт
Австрія	84	700	120
Білорусь	208	130	1600
Велика Британія	244	250	877
Індія	3288	302	10889
Італія	301	489	615
Канада	9976	1116	8939
Китай	9597	3189	3009
Нідерланди	41,2	260	158
Німеччина	357	1122	318
Норвегія	324	607	534
Польща	313	690	453
Росія	17075	3470	4920
США	9363	60000	156
<b>Україна</b>	<b>603</b>	<b>434</b>	<b>1388</b>
Фінляндія	337	595	566
Франція	551	1005	548
Швейцарія	41,3	332	124
Швеція	450	590	763
Японія	372	4200	89

За головними структурними ознаками національні системи моніторингу вод в різних країнах відносяться в основному до трьох типів: першого – коли у країні діє єдина загальнонаціональна мережа гідрологічних і гідрохімічних станцій та постів (Велика Британія, Канада, Нідерланди, Японія); другого – коли паралельно діють декілька рівноцінних мереж збору інформації (Швеція); третього – коли пріоритетними є одна-дві мережі контролю якості води, а їх доповнюють ще декілька регіональних структур (США, Україна та деякі інші пострадянські країни).

На основі моніторингових досліджень зроблені висновки, що у слабо розвинутих країнах світу забруднення води здійснюється в основному побутовими водами; в країнах, що розвиваються – максимально високий рівень забруднення всіма видами стоків; а в розвинутих країнах кількість забруднених вод останнім часом зменшується, а пік забруднення припадає на 30-і – 50-і роки 20 століття.

#### *1.4.4. Стан робіт з організації моніторингу ґрунтів<sup>10</sup>*

Як вже згадувалось, моніторинг ґрунтів як самостійний науково-практичний напрямок був сформований на початку 70-х років минулого століття. У наступні роки значення моніторингу було визнано в багатьох країнах. У деяких з них були розроблені методологічні підходи і навіть функціонують повноцінні мережі, в інших – проводяться лише окремі спостереження. В цілому ж характерним є те, що до сих пір не має жодної методики, немає узгоджених програм і мереж. Навіть у країнах такого добре забезпеченого континенту, яким є Європа, моніторинг розвивається не достатніми темпами.

Австрія. Методика моніторингу ґрунтів була затверджена Федеральним міністерством сільського і лісового господарства у 1989 р. Згідно цієї методики, були відібрані зразки ґрунтів по мережі 4x4 км, а в деяких регіонах 2x2 і навіть 1x1 км. Глибина відбору проб – до 50-70 см через кожні 10 см. У відібраних зразках визначені щільність, гранулометричний склад, рН, загальний вуглець, вміст карбонатів, органічного вуглецю, загального азоту, обмінних катіонів Fe, Al, Mn, Ca, Mg, K, Na, ємність катіонного обміну, важкі метали (Al, P, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn), ємність нейтралізації, водорозчинні аніони і електропровідність. Результати першого (початкового) туру ґрунтового моніторингу показали, що більшість ґрунтів країни різко підкислені (рН < 4,2). Останній показник впливає на трансформацію мінералів, біохімічні і біологічні процеси. Середній вміст мікроелементів не перевищує фонових оцінок (Eikmann, 1991), виключаючи Cu, Cr, і As в деяких регіонах, а також Cd – в усіх лісних ґрунтах. В той же час констатувалось забруднення ґрунтів окремими елементами поблизу промислових комплексів.

У наступні роки в країні обговорювались питання подальшого ведення робіт з моніторингу ґрунтів. Від початкової ідеї повторювати дослідження першого туру кожні 5-10 років відмовлялись внаслідок її надмірної вартості. Було вирішено ввести наступні спостереження на строго фіксованих ділянках. Одночасно вдосконалювались методичні основи: ґрунтові карти і місця відбору зразків були узгоджені з ФАО, уточнена програма спостережень. Зокрема, гостро варіабельні показники вирішено було доповнити сезонними вимірюваннями, для ряду показників, параметри яких залежать від вологості ґрунтів, були знайдені моделі їх переводу до повітряно-сухого стану.

---

<sup>10</sup> Матеріал підрозділу складено на основі монографії В.В. Медведєва “Моніторинг почв України”. – Х.: Антикава, 2002. – 428 с.

Одночасно вдосконалювались методи обробки інформації, зокрема, оцінені різні моделі розрахунків ризику забруднення і ідентифікації причин деградації ґрунтів. Зокрема, була запропонована модель DVWK для прогнозування рухомості важких металів і забруднення ґрунтових вод (DVWK, 1988).

Бельгія. В цій країні поки що відсутня програма моніторингу, але дуже жваво обговорюються концептуальні підходи до вирішення цієї задачі. Важливо відмітити, що в Бельгії, починаючи з післявоєнних років до початку 80-х років, функціонувала Національна ґрунтова служба. За 25 років в службі накопичена значна кількість ґрунтової інформації в цифровому і аналоговому форматах, складені різномасштабні карти ґрунтів і їх окремі властивості. В останні роки ці дані були інтегровані в автоматизовану базу даних, яка містить інформацію високої якості. Геостатистична обробка бази даних (варіограми, крайгинг-аналіз), дозволила достатньо коректно екстраполювати ці дані і використовувати їх для розробки різних прогностичних моделей. Зараз бельгійські ґрунтознавці зробили висновок про те, що обстеження у рамках ґрунтознавчої служби себе вичерпали. Їм на заміну повинен прийти моніторинг ґрунтів на сучасній методологічній основі (ГІС; геопозиціювання; засоби дистанційного зондування, сумісні з наземними автоматизованими системами; педотрансферні функції; експертні системи тощо). При цьому, поступово сформувався наступний підхід до моніторингу ґрунтів.

Перший етап включає контроль окремих ґрунтових характеристик шляхом вимірювань, які повторюються. Набір визначень і їх глибина є стандартною, а періодичність – 5-10 років. Підвищена деталізація досліджень стосується лише так званих “hot spots” – “гарячих точок”. Ґрунтові вимірювання повинні доповнюватись вивченням якості ґрунтових вод.

Другий етап передбачає екстраполяцію отриманих на попередньому етапі “крапкових” спостережень в просторі за допомогою педотрансферних функцій (ПТФ). Прогностичні моделі розроблені для більшості ґрунтових процесів (міграції води, металів, теплового і харчового режимів і навіть продуктивності) і регіоналізовані. При цьому дослідники достатньо чітко собі уявляють вірогідну природу ПТФ, а деякі з них характеризують цей підхід як сурогат моніторингу (Н. Vereecken, 1992), хоча і здатний відчутно зменшити витрати на прямі визначення.

Третій етап включає використання більш складних моделей, в яких ґрунтові дані інтегруються з метеорологічними, гідрологічними, даними продуктивності рослин і утворюють геоінформаційну систему, здатну відповісти на більшість запитань (агрономічного, економічного і особливо екологічного напрямку): баланс води і солей, загроза забруднення зони аерації нітратами, фосфором, важкими металами, силікатами, а також потребу в ресурсах та інші.

Німеччина. Рішення про розвиток робіт в галузі моніторингу ґрунтів і створенні відповідної інформаційної системи в країні було прийнято ще в 1985

р. Концепція системи була розроблена в 1987 р., а вже через 2 роки почалися систематичні спостереження<sup>11</sup>.

Основою концепції була прийнята мережа з постійних моніторингових ділянок, яка керується і фінансується урядом Федеральних земель (Федеральним міністерством навколишнього середовища, охорони природи і ядерної безпеки, а також Федеральною Агенцією з навколишнього середовища). В Баварії були облаштовані 238 ділянок, в Баден-Вюртемберзі – 155, Нижній Саксонії – 25, Шлезвіг-Гольштейні – 22 і т.д. З цією мережею пов'язана мережа моніторингу лісових ґрунтів. Є також мережа вивчення забруднень ґрунтів повітряного походження (всього таких ділянок 17), а також мережа з 9 ділянок для спеціальних наземних і водних спостережень.

Структура і зміст інформаційної системи ґрунтового моніторингу розроблені групою дослідників із Нижньої Саксонії. Там же збираються і обробляються всі матеріали. База має відповідні системи управління, що дозволяє оперативно використовувати дані і виконувати велику кількість замовлень. Центральною частиною системи є пошукова частина, яка містить ключові слова, словник користування, каталог карт, даних, методів, посилань та ін. Так, наприклад, можна отримати інформацію про місце відбору зразків, використані методи дослідження (на даний час ці методи стандартизуються відповідно до вимог ISO/TC 190 і навіть забезпечені, в разі необхідності, перехідними коефіцієнтами для методів, розповсюджених у країнах бывшего Радянського Союзу), а також про результати обробки даних і карти. Основна база забезпечена різними підсистемами (“діоксини”, “ґрунтові умови в лісах”, те саме в орних ґрунтах та в інших категоріях ґрунтів тощо).

Не можна не підкреслити, що в Німеччині гармонізовано більшість складових інформаційної системи ґрунтового моніторингу – об'єкти, джерела фінансування, методи, виконавці. Дуже важливо також те, що доступ громадськості до цієї інформації є вільним.

Угорщина. Розгортанню робіт із моніторингу ґрунтів передувала значна робота з упорядкування, обробки і картування раніш отриманих матеріалів. Наслідком цих робіт став Національний атлас Угорщини, в якому відображені результати метеорологічних (з 1850 р.), гідрологічних (майже 1000 точок з 1935 р.), геологічних (з 1830 р.) і геоморфологічних спостережень. Ці дані склали основу ґрунтової інформаційної системи як фактори ґрунтоутворення. Власне ґрунтова інформаційна система включає карти трьох рівнів (крупно-, середньо-, і дрібномасштабні) та різноманітні аналітичні дані. Великомасштабні карти, вперше складені ще у 30-ті роки, включають так звані практичні карти, генетичні ґрунтові карти, карти, які

---

<sup>11</sup> Початок активних дослідницьких робіт в Україні в цій галузі відноситься практично до тих же років: концепція була готова на кінець 80-х років, в Земельному кадастрі стаття про моніторинг ґрунтів і необхідність його розвитку з'явилась у 1990 р. Але навіть сьогодні в Україні немає повномасштабної інформаційної системи ґрунтового моніторингу, а моніторингові дослідження залишаються справою окремих відомств.



оцінюють можливості або обмеження для розвитку зрошення, і, нарешті, карти різних ґрунтово-меліоративних проектів. Середньомасштабні карти – це, в основному, цифровані (електронні) карти ґрунтів і ґрунтових властивостей, використані для інтегрованої оцінки агроекологічного потенціалу ґрунтів країни в М 1:100000. Разом із загальновідомими показниками на картах відображені дані найменшої вологоємкості, інфільтрації, насиченої і ненасиченої вологопровідності. Дрібномасштабні карти – це результат участі угорських ґрунтознавців в міжнародних проектах: ґрунтова карта світу ФАО/ЮНЕСКО, ґрунтова карта Європи ФАО, карта засолених ґрунтів світу, деградації (GLASOD), SOTER (цифрова карта ґрунтів і територій Європи), SOVEUR (карти можливого забруднення ґрунтів Європи), EUSOPOL (карта забруднення ґрунтів Європи), карта СТВ (“Chemical Time Bomb” – довготривала оцінка ризику забруднення ґрунтів).

В 90-ті роки в Угорщині складені карти можливих деградацій ґрунтів (підкислення, фізичної деградації, ерозії і ін.).

Всі перераховані дані об’єднані в географічну інформаційну ґрунтову систему (HUNSI-TIR), яка складається з двох великих частин: банк ґрунтової інформації (топографічна, точкова і просторова) і банк моделей для оцінки режимів вологи, живильних елементів, можливих деградацій (водна і вітрова ерозія, підкислення, засолення, погіршення структури, ущільнення, забруднення та ін.).

Нова система моніторингу ґрунтів як незалежна підсистема інтегрованої системи інформації про навколишнє середовище і моніторинг діє з 1992 р. Вона включає 1200 репрезентативних постійних ділянок, в тому числі 800 – на сільськогосподарських землях, 200 – в лісах і 200 – у так званих “hot spots” (які охоплюють 12 різних типів екологічної небезпеки або найбільш вразливих об’єктів: деградовані ґрунти; меліоративні об’єкти; ділянки, що розташовані поряд з джерелами забезпечення питною водою; заповідні території; промислові, сільськогосподарські і міські забруднені об’єкти; військові полігони; території відкритих гірських розробок; об’єкти акумуляції стічних вод та ін.).

Програма включає визначення майже 100 показників ґрунтів, рослин і вод, частина з яких вимірюється кожний рік, частина – 1 раз на 3 роки, частина – 1 раз на 6 років. Програма фінансується з державного бюджету і координується в основному науково-дослідницьким інститутом ґрунтознавства, меліорації і агрохімії. Результати моніторингу відкриті для громадськості, але з деякими обмеженнями із-за можливих помилок в інтерпретації результатів.

Самий головний результат майже 10-річного функціонування програми: в країні сформувалась атмосфера сприяння цій роботі і вважається, що без моніторингу створити комфортні умови для життя і чисте навколишнє середовище неможливо.

Італія. В цій країні початкові умови для розвитку моніторингу значно гірше, ніж в описаних вище країнах. Ґрунтові карти Італії в М 1:1000000 і 1:500000 видані в 60-і роки, вони схематичні і в значній мірі застаріли. В

останні роки деякі регіони приклали зусилля в частині детального ґрунтового картування в М 1:250000. Більш детальні карти 1:100000 і 1:80000 є лише в окремих регіонах, а потрібного масштабу (детальніше, ніж 1:50000) – лише на території університетів і дослідницьких установ. Лише Ломбардія, Емілія-Романья і П'ємонт на даний час здійснюють детальне ґрунтове картування і супроводжують його фізико-хімічними аналізами в відповідності з європейськими підходами.

В останні роки зусиллями Міністерства продовольства, сільського і лісного господарства визначений список стандартних методів вивчення основних властивостей ґрунтів, а також введений в дію проект RAJSA (комплексне наземне і дистанційне зондування територій з поступовим формуванням ГІС, яке включає декілька шарів ґрунтової, геоморфологічної, гідрографічної, соціально-економічної і статистичної інформації на локальному, провінціальному, регіональному і національному рівнях). Загальна мета проекту – охорона навколишнього середовища і розробка комплексу спеціальних обмежень, які б не допускали погіршення його якості<sup>12</sup>.

Нідерланди. Єдина концепція моніторингу ґрунтів, води і повітря розроблена і здійснюється під керівництвом Національного інституту охорони здоров'я і навколишнього середовища. В цьому ж інституті збирається отримана на місцевому рівні інформація. Моніторинг ґрунтів включає періодичні спостереження на 4500 крапках (в 12 провінціальних регіонах), які складаються з описів профілів, аналітичних даних і карт, інтегрованих в ГІС. Система керується програмним засобом ORACLE. Картографічний матеріал (1:250000 і 1:50000) цифровано, цифрова полігональна версія карт обробляється за допомогою ARC/INFO, а растрова інформація – FORTRAN і ERDAS. Програмні засоби містять моделі для оцінки і прогнозу вилужування азоту, фосфору, пестицидів, підкислення, а також дозволяють розробляти рекомендації по керуванню всіма компонентами навколишнього середовища і продуктивністю аграрної сфери. Зокрема, за допомогою геостатистичної обробки даних, в комбінації з більш простими засобами, система моніторингу ґрунтів здатна складати різні тематичні карти (особливо важливі карти-факти і карти-прогнози забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, відкладання забруднень повітряного походження, карти стану рослинності з урахуванням результатів дистанційного зондування), а також розробляти агрономічні і екологічні прогнози.

В останні роки голландські вчені намагаються поширити розроблену концепцію на всі країни об'єднаної Європи, використовуючи для цього фонди Європейської Комісії. Поки що ці акції були успішні в цілях гармонізації карт окремих частин континенту, створенні фрагментів різних ґрунтових баз,

---

<sup>12</sup> Проф. Медведєв звертає увагу на те, що Україна, володіючи різноманітною і досить сучасною картографічною і аналітичною інформацією про ґрунти, має значні стартові переваги (навіть на даний час) в розвитку ґрунтового моніторингу в порівнянні з такою розвинутою країною як Італія.

оцінки передрозташованості ґрунтів до забруднення, стандартизації методів і майже безуспішні в формуванні моніторингу ґрунтів.

**Норвегія.** Системи моніторингу в цій країні побудовані дуже раціонально. Окрім звичайної мережі періодичних спостережень, яка майже всюди зустрічається, невід'ємною частиною моніторингу тут є всі довгострокові польові дослідження, які проводяться за єдиною методикою і обов'язково мають обладнання для визначення та обліку твердого і рідкого стоку (потім за цими даними в США розраховують інтенсивність водної ерозії), а також втрат хімічних елементів (N, P, K, Ca, Mg і S). Норвегія, згідно Конвенції про охорону Північного моря, зобов'язалась до 1995 р. знизити викиди хімічних елементів на 50% у порівнянні з 1989 р. і виконала ці зобов'язання. Для цього сільськогосподарське використання водорозділів ретельно контролюється, поступово зменшується внесення в ґрунт добрив і пестицидів, а їх стік контролюється в кожному базисі ерозії, перед його потраплянням в бухти. Моніторингові ділянки для контролю стоку розташовані майже на всіх водозборах, при цьому кожна з них охоплює площу у 5-10 км<sup>2</sup>, або від 5 до 30 ферм.

Іншою особливістю системи моніторингу ґрунтів в Норвегії є прийняття участі в ній всіх фермерів, котрі щорічно відповідають на питання по обробці, добривах та інших технологічних деталях. Відповіді фермерів контролюються дистанційними засобами. Останні строго орієнтовані на діагностику методів обробки ґрунту (оранка або поверхневі методи), визначення висіяної культури, напрям посіву, структура сівозмін. За даними зйомки розраховується ерозійний ризик і контролюються параметри полів, які входять в універсальне рівняння ерозії.

Аналітичні дані про ґрунти (їх програма майже стандартна, а періодичність 1 раз в 5-7 років) отримуються в основному в польових дослідженнях і на територіях поряд з ними (1 зразок з 20 га), а дані про скиди хімічних елементів в море дають можливість фактично оцінити якісний (природоохоронний) рівень сільськогосподарської практики.

Як і в інших країнах, результати моніторингу ґрунтів разом з іншими даними (метеорологічними, геологічними, агрономічними, радіоактивності та іншими) інтегровані в ГІС і відкриті для вільного використання.

**Румунія.** Моніторинг ґрунтів як 3-х рівнева система (безпосередні спостереження в постійній мережі 16x16 км, всього 960 репрезентативних ділянок, в тому числі 740 – на сільськогосподарських землях, 240 – в лісах; ідентифікація причин, які викликають негативний стан ґрунтів; розробка методів управління ситуацією) діє з 1992 р. Перший тур спостережень виконаний в основному співробітниками Інституту ґрунтознавства і агрохімії. Програма періодичних спостережень складена з врахуванням європейських підходів, передбачає спостереження на суміжними середовищами (вода, повітря), "hot spots", використання стандартних методів, обладнання, відомих програмних засобів і моделей прогнозу, поступове формування ГІС. Румунія активно співпрацює з європейськими

країнами в проектах ґрунтового картування, оцінок передрозташованості ґрунтів до деградації (забруднення, переуцільнення та інші).

В країні є довгострокова програма реалізації моніторингу ґрунтів, яка передбачає 3 фази: 1-а фаза (3-4 р.) – підготовка кадрів для ведення безпосередніх спостережень і покращення інструментальної бази вимірювань; 2-а фаза (2-3 р.) – налагодження систематичних спостережень; 3-а фаза – повноцінне функціонування мережі і використання оброблених матеріалів в практичній роботі міністерств і відомств.

**Словаччина.** Концепція моніторингу ґрунтів розроблена в 1986р. Як початкові (умовно фонові) були зібрані дані про властивості ґрунтів, визначені в 1961-1970р.р. Програма передбачає спостереження в рамках широкої програми близько 50 показників ґрунтів, вод і рослин. Моніторинговий цикл складає 3-5 років. Мережа в лісових ґрунтах, створена на регулярній основі, включає 338 точок, в сільськогосподарських ґрунтах (нерегулярна мережа) – 248 точок. Ще 31 точка відбору дунайської води.

Система моніторингу ґрунтів Словаччини узгоджена зі спеціальною мережею контролю забруднення навколишнього середовища (1000 крапок спостереження) і геохімічною мережею (600 крапок). Дані всіх трьох окремих баз (“ґрунт”, “забруднення”, “геохімія”) експортуються за допомогою ARC/INFO в єдину географічну мережу. В останні роки Словаччина робить активні кроки для гармонізації своєї системи з системами сусідніх країн і в цілому з європейськими підходами.

**Словенія.** Система знаходиться в розробці, ознаки, які її відокремлюють – геоорієнтовність, висока суміжність різних релевантних баз даних, які є в країні, наявність засобів каталогізації, експорту-імпорту даних, стандартизація методів і оцінок, чітке відокремлення крапкової, полігональної і просторової інформації, наявність детального кодування всіх елементів, які входять до складу і значні можливості автоматизації любих операцій.

Вище був описаний дослід становлення і функціонування моніторингу ґрунтів в країнах, де застосовуються деякі зусилля для його розвитку. Як видно, цей дослід має як загальні, так і специфічні (місцеві) особливості. На жаль, задача гармонізації методів і підходів, яка здається настільки вірогідною і необхідною, до сих пір не вирішена. Навіть в країнах Європейського Союзу, не кажучи вже про країни Західної Європи, які знаходяться в тисках перехідного періоду, теоретичні основи, практика ведення робіт і наступні узагальнення далекі від закінчення. Все ж таки, наведена інформація представляє чималу цінність для всіх, хто цікавиться проблемами моніторингу ґрунтів. В тому числі і для України, яка в 70-80 роки мала добрі посилення для розвитку нового напрямку в дослідженні ґрунтів, знаходилась на рівні розвинутих країн Заходу, але сьогодні, на жаль, починає відчутно відставати. Відомчі підходи до моніторингу, які домінують в Україні, себе вичерпали. Потрібно активніше і повніше використовувати можливості геоінформаційних систем, які дадуть змогу інтегрувати тематичну початкову інформацію різних відомств в єдину систему. Нову

інформацію потрібно отримувати з врахуванням міжнародного досвіду в спеціалізованій мережі, яка узгоджена з мережами інших компонентів середовища (водою, лісом, повітрям, надрами).

#### *1.4. Реєстр викидів і переносу забруднювачів – як елемент системи моніторингу*

*Починаючи з 1983 року в США введено реєстр токсичних викидів (Toxic Release Inventory – TRI), який передбачав систематичне збирання інформації про 330 хімічних речовин, що викидаються різними підприємствами штату Нью-Джерсі. В 1991 році Група попередження і контролю забруднень організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) запропонувала країнам, членам ОЕСР, впровадити механізм збору, обробки і публікації даних про забруднення навколишнього середовища шляхом створення Реєстру викидів і переміщення забруднювачів (РВПЗ), в англійській редакції – Pollutant Release and Transfer Register (PRTR). По суті програми TRI та PRTR ідентичні. В Україні більш правильно говорити про необхідність створення Реєстру надходження та поширення забруднювачів (РНПЗ), оскільки за термінологією, що у нас склалася, під терміном "викиди" в основному мають на увазі надходження забруднень тільки в атмосферу.*

Досвід деяких країн (у т.ч. з високорозвинутими економіками) показує, що впровадження реєстрів (реєстрів, інвентарів) надходження та поширення забруднювачів (РНПЗ) у навколишнє середовище є не тільки дієвим інструментом екологічної політики але й суттєвим доповненням і, в деякій мірі, альтернативою системи моніторингу навколишнього середовища. До цього ж Україну зобов'язує підписання і ратифікація Орхуської конвенції про доступ громадськості до інформації, що стосується довкілля.

З іншого боку, в конкурентному середовищі ринкової економіки, інформація про забруднення, є частиною позитивного «зеленого» іміджу компанії і стає для суб'єктів ринку одним з додаткових важелів конкурентної боротьби за споживачів і ринки збуту. Ефективність політичного тиску на країни та їх уряди через доступ до екологічної інформації громадськості спонукала певні міжнародні структури ініціювати прийняття низки міжнародних угод, більшість з яких вже підписала і Україна.

*Разом з тим, різні форми та методи отримання екологічної інформації з розвитком інформаційних та телекомунікаційних технологій потребують визначення обсягу мінімально-достатніх даних для обґрунтування екологічних рішень в ланцюгу «забруднювач-орган управління-громадськість».*

Головними користувачами інформації РНПЗ є органи державного управління та громадськість. РНПЗ розглядається, з одного боку, як інструмент стратегічного екологічного управління, направлений на визначення пріоритетів та цілей щодо зменшення впливу забруднення на населення, екосистеми і природно-територіальні комплекси, а з іншого, як інструмент, який дозволяє об'єктивно контролювати досягнення екологічних цілей. Відкритість доступу до даних РНПЗ широких кіл громадськості в свою чергу дозволяє оцінювати ефективність діяльності екологічних служб та органів

політичної влади. Власне участь широких кіл громадськості (самоврядування, неурядових громадських організацій, політичних партій та рухів, наукових, молодіжних, релігійних громад тощо) у вирішенні екологічних питань вимагає від адміністративних органів володіння якісною екологічною інформацією.

Історично, РНПЗ складається з трьох організаційних рівнів: міжнародного, національного та регіонального. Зрозуміло, що така чітка ієрархічна будова визначається головним чином цілями та завданнями, які формулюються при створенні РНПЗ певного рівня, причому, базовим виступає національний рівень РНПЗ. Організаційні рівні зв'язані між собою інформаційними каналами через складну систему взаємоузгоджених класифікаторів, таких, наприклад, як довідники хімічних сполук, види галузей економіки, політико-адміністративного (територіального) устрою та інші. Оскільки політико-економічні регіони України мають свої певні і чіткі особливості економічної діяльності, вони повинні мати і власні регіональні РНПЗ. Отримана якісна і достовірна інформація щодо специфічних забруднювачів у регіонах може не завжди відповідати критеріям національної РНПЗ, але контроль за надходженням та поширенням саме їх може бути важливою регіональною екологічною ціллю. Таким чином, регіональний РНПЗ може мати деякі властивості, притаманні тільки йому – серед них перелік хімічних сполук, відбір і перелік джерел надходження забруднення, їх просторове положення, організаційні особливості та інші. Розглянемо їх більш детально.

Почнемо з найголовнішого, з джерел інформації для РНПЗ. Відомо, що в Україні є три основних джерела первинної інформації щодо надходження та поширення забруднювальних речовин, це:

- форми державної статистичної звітності;
- дозволи та ліміти на спеціальне використання природних ресурсів;
- фактичні дані про обсяги емісій, які надаються підприємствами при обчисленні екологічних зборів.

На жаль, як відомо, державною статистичною звітністю охоплена незначна частина промислових підприємств, а інформація наведена у відповідних формах здебільшого низької якості. При цьому самі ці форми не відповідають вимогам РНПЗ. Поточна система отримання спеціальних дозволів на емісію забруднювачів у навколишнє середовище, не зважаючи на позитивні моменти, має свої певні недоліки. Використання в РНПЗ такої інформації можливе лише за умови її суттєвої модифікації. Так, по-перше, необхідно перейти на використання міжнародних класифікаторів хімічних сполук, оскільки, ідентифікація таких забруднювачів як, наприклад, «аерозоль лакофарбових матеріалів» не відповідає на питання, яка, власне, хімічна сполука(и) надходить в атмосферне повітря. По-друге, визначившись з якісним складом, важливо розглянути кількісний аспект. Знову ж, дозвільно-лімітна система діючого нормативно-правового поля передбачає принципове обмеження емісії будь-якого масового обсягу хімічних сполук. Єдине обмеження, яке існує, це вісім знаків після коми для викидів обсягу 1 г/с для

всієї номенклатури забруднювачів. На практиці перевірити такі емісії та контролювати їх концентрації просто технічно неможливо.

Для вирішення регіональних екологічних проблем після відповіді на питання «Що?» та «Скільки?» постає питання «Де?». Просторове (географічне) положення джерела емісії має надзвичайно важливе значення, особливо на регіональному рівні, яке зараз, на жаль, ігнорується. Використання даних РНПЗ має проводитися не тільки в часовому зрізі, але і в просторовому. Тільки тоді використання даних РНПЗ допоможе реально вирішувати задачі екологічного управління.

*Виконання проекту РНПЗ можна розділити на декілька напрямків, які можуть виконуватись фахівцями робочої групи і третіми особами паралельно:*

- створення нормативно-правового забезпечення;
- підготовка організаційного забезпечення;
- розробка інформаційно-технічного забезпечення.

*Нормативно-правове забезпечення передбачає обґрунтування можливості і доцільності висвітлення екологічної інформації з точки зору діючого в Україні законодавства. В цьому напрямку можлива розробка відповідних пропозицій щодо розробки нових Законів України (наприклад, "Про оцінку впливу на навколишнє середовище", "Про охорону атмосферного повітря", "Про відходи" тощо), а також внесення пропозицій про зміни і доповнення до Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища".*

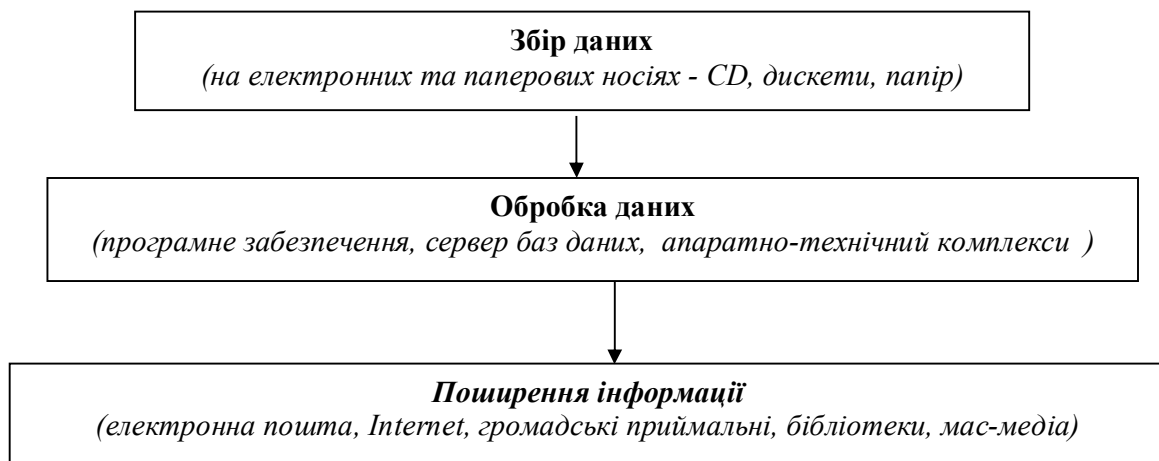
*Організаційне забезпечення передбачає систему заходів, яка б допомагала об'єднати зусилля різних відомств та установ, а також процедурно здійснювала отримання, обробку і висвітлення екологічної інформації, перевірку даних на достовірність та пристосування існуючих в Україні форм звітності до вимог РНПЗ в плані міжнародного співробітництва. При цьому треба пам'ятати, що питання про те, яку екологічну інформацію про надходження та поширення забруднювачів, з якою періодичністю, кому та для вирішення яких екологічних задач власне необхідно збирати, накопичувати та передавати є нетривіальним і потребує ґрунтовного наукового дослідження. Проведені протягом останнього десятиріччя спеціальні дослідження та практичні приклади впровадження РНПЗ показали, що цей екологічно важливий інформаційний ресурс може досягати значних обсягів і становити досить складну для реалізації технічну проблему.*

Організаційні засади є не менш важливими та складними при створенні РНПЗ, оскільки постає питання про те, хто має збирати та накопичувати інформацію: державні чи недержавні органи. Яким чином отримати дійсно правдиву та об'єктивну інформацію, як перевірити її достовірність? Така інформація повинна надходити в регіональний центр, організований при авторитетній науковій організації або вищому навчальному закладі. Це дасть змогу запобігти адміністративному тиску з боку державних служб екологічного контролю, а з іншого – забезпечити доступ громадськості до

РНПЗ, а також ефективно використовувати екологічну інформацію РНПЗ для наукового обґрунтування прийняття рішень. Зрозуміло, що такий центр повинен мати відповідний статус (підтриманий органами політичної влади) та відповідні матеріально-технічні і кадрові ресурси.

*Інформаційно-технічне забезпечення включає в себе корпоративний сервер баз даних (наприклад, компанії INFORMIX, IBM, ORACLE, AQL та ін.), сервер просторових даних, програмне забезпечення і пакети Arc SDE та ArcView GIS компанії ESRI, для роботи з картографічною складовою екологічної інформації.*

*Блок-схема реалізації проекту РНПЗ має такий вигляд (рис. 1.8).*



**Рис. 1.8 – Блок-схема реалізації проекту РНПЗ в Україні**

*Структурно проект РНПЗ складається з чотирьох взаємопов'язаних блоків:*

- 1-й блок – “Юридичні особи”. Формується у відповідності з класифікаторами Мінстату України з інформацією про належність до певної адміністративної території, міністерства (відомства), основної галузі економічної діяльності.
- 2-й блок – “Реєстр пріоритетних забруднювальних речовин”. Формується в обсязі переліку граничнодопустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно-безпечних рівнів впливу забруднювальних речовин на довкілля та здоров'я людей (визначених МОЗ України та Мін ОНПС).
- 3-й блок – “Джерела емісії”. Формується в обсязі, достатньому для проведення аналітичних розрахунків програмними пакетами, затвердженими Мінприроди України.
- 4-блок – “Склад емісій підприємств”. Формується з двох баз даних:
  - 4.1. БД “Нормативні емісії”, в кількості, яка встановлена для підприємств Дозволом та Лімітом на емісії;
  - 4.2. БД “Фактичні емісії”, в кількості, що дозволена підприємствам за державною статистичною звітністю по формі 2ТП.

Таким чином, створення Реєстру надходження та поширення забруднювачів (РНПЗ) є актуальною і науково обґрунтованою проблемою. Можна вважати, що зараз існують всі передумови для створення концепції



розробки РНПЗ національного рівня. Практично ж цю роботу доцільно розпочинати з розробки РНПЗ регіональних рівнів, враховуючи особливості регіонів, а також національні та міжнародні вимоги до структури, форм звітності і якості інформації для РНПЗ.

### ***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 фоновому 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 забруднювальні речовини 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?*
18. *Коли була організована глобальна система моніторингу навколишнього природного середовища (GEMS)?*
19. *Для чого створюють реєстри надходження та поширення забруднювальних речовин?*
20. *Які перспективи створення в Україні Реєстру надходження та поширення забруднювальних речовин (РНПЗ).*

## **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. Усі ці гази, що входять до складу атмосфери (табл. 2.1) 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	0,00003
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 суб'єкти державної системи моніторингу довкілля, зокрема, Мінприроди (Державна екологічна інспекція), МНС (Державна гідрометеорологічна служба), 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 викопного (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 Кіотським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату встановлюються спеціальні квоти для кожної країни, що підписала та ратифікувала цей протокол, включаючи Україну: діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні та гексафторид сірки ( $\text{SF}_6$ ).

Знання мінливості концентрації шкідливих домішок 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 залежить ефективність всіх заходів з охорони повітря.

Необхідність організації системи спостережень за забрудненням повітряного басейну в містах зумовлена тим, що на локальному і регіональному рівнях ступінь забруднення атмосфери може перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи.

Спостереження за забрудненням атмосфери (ЗА) здійснюються в країнах СНД з початку 60-х років 20-го сторіччя. 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 в Україні включає вісім забруднювальних речовин: пил, двоокис азоту ( $NO_2$ ), двоокис сірки ( $SO_2$ ), оксид вуглецю, формальдегід ( $H_2CO$ ), свинець та бенз(а)пірен, а також радіоактивні речовини. Деякі станції здійснюють моніторинг за виявленням додаткових забруднювальних речовин.

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. 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 Мінприроди.

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 вибрати методи вимірювань, оптимальні періоди спостережень і кількість постів, а також сформулювати 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 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.

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.

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 діоксиду вуглецю. Значну частку становить оксид вуглецю – 1404,4 тис. т (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, 2007).

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 сажка 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.

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%  $Pb$  (свинець входить до антидетонаторної домішки –  $(C_2H_5)_4Pb$  або  $(CH_3)_4Pb$ . Основні ЗР, що надходять до атмосфери при спалюванні палива, наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика викидів забруднювальних 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.

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<sub>2</sub> і 1-2% SO<sub>3</sub>) і оксидів азоту (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). З'єднуючись з водяною парою, SO<sub>3</sub> дає початок сірчаній кислоті, суспензії якої надзвичайно небезпечні. На процеси окислення SO<sub>2</sub> і перетворення в SO<sub>3</sub> каталітично впливають суспензії важких металів у повітрі – заліза, цинку, марганцю та ін. Тому ці викиди найбільш небезпечні поблизу металургійних комбінатів.

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 легких синтетичних речовин і інертних газів. В результаті такої стійкості в атмосфері накопичуються значні кількості синтетичних речовин, зокрема, радіоактивні типу криптону <sup>85</sup>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<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) 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, які переміщуються осі факела джерела викидів.*

*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 забезпечує 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°С 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: напрям 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.

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.

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.

Між концентрацією  $q$  ЗР та її ГДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) повинно виконуватися таке співвідношення:

$$q \leq \text{ГДК}. \quad (2.2)$$

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

Для деяких 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

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

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

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

$\text{ГДК}_{\text{сд}}$  – 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.

$\text{ГДК}_{\text{рз}}$  – 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	$\text{ГДК}_{\text{мр}}$	$\text{ГДК}_{\text{сд}}$	$\text{ГДК}_{\text{рз}}$	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.

$LK_{50}$  і  $LK_{100}$  – 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.

#### 2.1.4. 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 (за погодженим переліком)
4. Свинець та його сполуки	
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  $ГДК_{cd\ i}$ :

$$СП_{mi} = \frac{M_i}{ГДК_{cd\ i}} \quad (2.5)$$

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: пилю,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  і за специфічними речовинами, характерними для промислових викидів більшості підприємств міста.

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

1. Аміак	6. Кислота азотна	11. Сірководень	16. Сажка
2. Анілін	7. Кислота сірчана	12. Фенол	17. Етилбензол
3. Бензол	8. Водень хлористий	13. Оксид азоту	18. Хлор
4. Озон	9. Фтористий	14. Ртуть та її	19. Толуол
5. Ксилол	водень	сполуки	20. Хлоранілін
	10. Водень ціаністий	15. Сірковуглець	
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	

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.

#### 2.1.5. 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: 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.

Метод заповнення посудин обмеженої ємності може бути:

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

У якості посудини можна використовувати 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 комплектних лабораторіях «Пост-1» і «Пост-2»<sup>13</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. ЕА-1 застосовують для відбору разових проб газоподібних ЗР; ЕА-2С – для відбору 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 фонових 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».

Для реєстрації обсягів повітря використовують електроаспіратори, реометри, ротаметри та інші витратоміри. Електроаспіратори ЕА-1, ЕА-2, ЕА-3 складаються зі збудника витрати АП (ротаційний насос, пилосос, вихровий вентилятор), фільтроутримувача, блока аспірації з витратоміром і пультом керування. Повітровідбірник «Компонент» складається з вакуумного насоса і корпусу, у якому розташовані реле часу, вакуумметр і система клапанів.

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

<sup>13</sup> У м. Києві станом на 2010 р. у різних районах працювало 16 стаціонарних постів типу «Пост-2».

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-II» призначена для визначення рівня забруднення атмосфери і вимірювання метеопараметрів при проведенні маршрутних і підфакельних спостережень. Це автофургон на базі шасі УАЗ, у приладовому відсіку встановлені прилади й устаткування для відбору проб на газові домішки, сажу і пил; газоаналізатори, метеостанція 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. 5.11, 5.12). Є також напіваавтоматичні переносні прилади-індикатори концентрацій  $SO_2$ ,  $H_2S$  («Атмосфера-1»),  $Cl_2$  і  $O_3$  («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 ( $5 \text{ мг/см}^2$ ). При відборі проб при мінусових температурах повітря підігрівається до  $20^\circ\text{C}$ . 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 концентрації домішки при відборі проб повітря зумовлені такими причинами:

1. Похибка при визначенні об'єму повітря, що пройшло через поглинальний прилад;

2. Похибка при вимірюванні часу відбору проб повітря на хвилину, збільшує похибку вимірювання на 5%;

3. Похибки при заниженні 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 і сорбція ЗР на часточках пилу, що



призводить до зниження їх концентрації;

б. Недостатня герметизація системи відбору повітря або неправильне приєднання поглинальних приладів, що призводить до підсмоктування повітря.

Для запобігання перерахованих вище похибок регулярно (не рідше раз у 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 раз у місяць. Загальна довжина гумових з'єднань у трубках 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  $\text{NH}_3$  і  $\text{NO}_x$ . Проби на  $\text{SO}_2$  повинні оберігатись від потрапляння світла. При  $t > 25^\circ\text{C}$  проби  $\text{SO}_2$  і  $\text{SC}$  розміщують у холодильнику чи у термосі з льодом.

#### 2.1.6. 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 (КЗА-1). Стан погоди оцінюють візуально за характерними ознаками 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 швидкістю і напрямком, 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 короткочасне посилення вітру до 20 м/с – шквалом, а повне безвітря – штилем.

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 вносять до журналу КЗА-1 (для швидкості з точністю вітру 0,5 м/с; для 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. Результати записують у КЗА-1 з точністю до 0,5°С. Протягом 20 хвилин спостереження проводять тричі: на 10-й, 12-й, 14-й хвилині.

**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.

#### 2.1.7. 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 (напрямку вітру). Радіус проведення спостережень – не менш 10-15 км. За робочу зміну спостереження проводять у 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 відстані 0,5 км – визначають 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 перешийкод (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 домішки.

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

#### 2.1.8. 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 (ТЗА-1Д). Таблиця ТЗА-1 містить 8 сторінок (100-120 спостережень на місяць). У неї записують дані спостережень за концентрацією домішок і метеопараметрів на метеостанції. У ТЗА-1Д заносять дані спостережень за концентрацією та метеорологічні дані на постах СЕС та інших відомств, а також результати спектрального аналізу проб.

Для підготовки даних до машинної обробки на титульному листі ТЗА-1 записуються закодовані значення у вигляді шестизначних груп відповідно до макета кодування (табл. 2.9):

Таблиця 2.9 – Форма титульної сторінки таблиці ТЗА-1

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

II II rr	MM hhh P <sub>λ</sub>	φφ 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			

де, rr – рік спостережень (дві останні цифри); MM – місяць; hhh – висота метеостанції над рівнем моря (висота 287 м кодується як 029); P<sub>λ</sub> – довгота (0 – східна довгота ≥ 100°; 1 – східна довгота < 100°; 2 – західна

довгота  $\geq 100^\circ$ ; 3 – західна довгота  $< 100^\circ$ );  $\phi\phi\phi \lambda\lambda\lambda$  – координати метеостанції;  $PP$  – кількість постів (якщо упродовж місяця вона змінюється, то ставиться найбільше число);  $RR$  – 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).

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.

### 2.1.9. Організація безперервної реєстрації забруднень атмосферного повітря

За даними дискретних спостережень важко встановити зв'язок забруднення з метеорологічними характеристиками і добові зміни концентрації домішки. Для цього на мережі моніторингу встановлюють газоаналізатори, що подають інформацію про добовий хід концентрації на діаграмній стрічці (рис. 2.1). Окрім того, дані газоаналізаторів необхідні проведення спектрального аналізу.

#### Концентрація

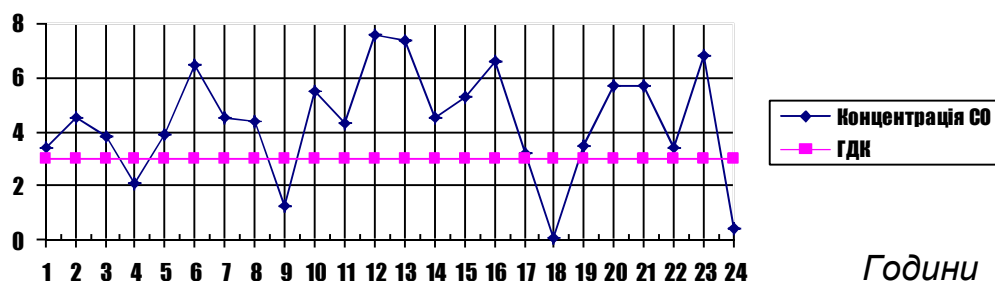


Рис. 2.1 – Схематичне зображення стрічки газоаналізатора ГМК-3

Найбільш поширені такі газоаналізатори:

ГКП-1 – кулонометричний газоаналізатор ( $SO_2$ );

667фф – флуоресцентний газоаналізатор ( $SO_2$ );

ГМК-3 – оптико-акустичний газоаналізатор ( $CO$ );

645ХЛ і 652ХЛ – хемілюмінесцентні газоаналізатори ( $NO_x$  і  $O_3$  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 (зазвичай 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 здоровницю 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 обґрунтованого 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.*

*У поверхневі водні об'єкти у 2007 році 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 Дніпропетровська, Донецької області) та об'єкти житлово-комунального господарства – 1459 млн. м<sup>3</sup> – переважно підприємства міст Києва, Дніпропетровська, Львова, Одеси, Кривого Рогу, Запоріжжя та ін. (Національна доповідь, 2007).*

*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 Землі речовин складає близько 15 млрд. т на рік. До найбільш небезпечних речовин належать солі важких металів, феноли, пестициди, нафтопродукти, органічні отрути, синтетичні поверхнево активні речовини, мінеральні добрива та ін.

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.

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 лімітованими 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 перспективний розвиток галузей економіки може здійснюватись лише на основі розробки і впровадження науково обґрунтованої системи ведення

водного господарства, оптимізації водокористування, раціонального використання води, переведення виробництва на безводні та маловодні технології, реалізації заходів, спрямованих на охорону і відтворення водних ресурсів 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-титру 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: сапрофіти, 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 *Simoscephalus serrulatus Koch*.

З 1 січня 2000 року в Україні діють нові санітарні правила і норми<sup>14</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 О<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 О<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.

---

<sup>14</sup> СанПіН “Вода питна. Гігієнічні вимоги господарсько-питного водопостачання”. Основою для розробки цих санітарних правил і норм стали: ГОСТ 2874-82, міжнародні підходи до нормування окремих показників якості питної води і, частково, рекомендаційні документи ВОЗ (насамперед, для країн, що розвиваються і тільки облаштовують системи централізованого господарсько-питного водопостачання).

Хімічне споживання кисню – кількість кисню  $O_2$  в  $мг/дм^3$ , котра необхідна для повторного окислювання органічних речовин у пробі води, у результаті чого  $C$ ,  $H$ ,  $S$ ,  $P$  та ін. окислюються до  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $SO_4$ ,  $P_2O_5$ , а азот  $N$  перетворюється до рівня амонійної солі. Ці реакції ще називають біхроматним окислюванням. ХСК для питної води не повинне перевищувати  $15 мгO_2/дм^3$ . Показник «ХСК» характеризує концентрацію у воді важкоокислюваних органічних речовин.

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 водні об'єкти 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 більше  $0,3 мг/дм^3$ . Зі збільшенням 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 є закислення поверхневих вод в результаті випадання кислотних дощів (при емісії  $SO_2$  в атмосферу). При  $pH < 5,8$  у водоймах зникає більшість діатомових та зелених водоростей; представники зоопланктону (дафнії) зникають при  $pH < 6,0$ . Збільшення іонів  $SO_3^{2-}$  в опадах призводить до падіння рівня  $pH$ . Відтворення риби має значні ускладнення при  $pH < 5,5$ .

Водні екосистеми, в яких живі компоненти представлені 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 теплового забруднення водойми 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 обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо покращення стану відкритих водних об'єктів<sup>15</sup>.*

*Основними завданнями моніторингу поверхневих вод є спостереження, оцінювання та прогнозування змін якості води у відкритих водних об'єктах. Система моніторингу поверхневих вод є необхідною складовою частиною державної системи управління навколишнім середовищем і регулювання його якості.*

*Основною метою системи моніторингу водних об'єктів є одержання достовірної інформації про 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 хімічними, фізичними та гідробіологічними показниками;*
- вивчає динаміку ЗР і виявляє умови, при яких проходять 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 і підземні води і джерела;*
- внутрішні морські води і територіальне море;*
- джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скиди, втрати продуктів і матеріалів при видобутку корисних копалин;*
- води поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь;*
- фільтрація забруднювальних речовин з технологічних водойм і сховищ;*
- масовий розвиток синьо-зелених водоростей;*
- надходження забруднювальних речовин з донних відкладень та ін.*

---

<sup>15</sup> Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 20.07.1996 р. № 815 „Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод”.

Моніторинг якості 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, а кількість показників, що спостерігаються – 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.

Водна рамкова директива ЄС. 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/ЄС (ВРД).

У ВРД програмам організації моніторингу вод присвячено статтю 8 «Моніторинг стану поверхневих вод, стану підземних вод та охоронних зон». Програми моніторингу поверхневих вод повинні охоплювати об'єм, 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), наведена 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, 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 (початкових) умов водних об'єктів. Усі поверхневі водні об'єкти розбиваються на типи за рядом критеріїв. Для кожного типу встановлюються типоспецифічні 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. За такими умовами і проводиться порівняння параметрів кожного водного об'єкта з метою визначення коефіцієнта екологічної якості.

Коефіцієнт екологічної якості виражає співвідношення між вимірними значеннями біологічних показників та початковими 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, а також у створах великих річок, 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.

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. Кількість і щільність пунктів спостережень визначаються запитами економічних служб і служби прогнозів, а також природно-кліматичними факторами.

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.

Основним принципом організації спостережень є їх комплексність, яка передбачає узгоджену програму спостережень 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:

1. Пункти спостережень **першої категорії** розміщуються на водотоках і водоймах, що мають особливо важливе господарське значення, коли можливі випадки перевищення значень певних показників якості води.
2. 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.
3. Пункти спостережень **третьої категорії** розміщуються на водних об'єктах, що характеризуються помірним або слабким навантаженням (в районах невеликих населених пунктів та промислових підприємств).
4. 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 даних 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 розташувати 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 і 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 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

Основою моніторингу поверхневих вод є стаціонарна мережа спостережень. Склад і об'єм гідрохімічних робіт в пунктах спостережень встановлюють з урахуванням цільового використання стічних вод, їх складу і 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.** За цією програмою виконують:

1) гідрологічні спостереження: витрати води ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), швидкість течії ( $\text{м}/\text{с}$ ) і рівень води ( $\text{м}$ ) на водоймах;

2) гідрохімічні спостереження: візуальні спостереження, температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), кольоровість (градуси), прозорість ( $\text{см}$ ), запах (бали), концентрація розчинених газів — кисню, діоксиду вуглецю ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); концентрація завислих речовин ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ), водневий показник  $pH$ ; окислювально-відновлювальний показник  $Eh$  ( $\text{мВ}$ ); концентрація головних іонів — хлоридних, сульфатних, гідрокарбонатних, кальцію, магнію, натрію, калію, суми іонів ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); хімічне споживання кисню ( $XCK$  —  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ ); біохімічне споживання кисню за 5 діб ( $BCK_5$  —  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ ); концентрація біогенних елементів — амонійних, нітритних, нітратних іонів, фосфатів, загального заліза, кремнію ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); концентрація нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), летких фенолів, пестицидів і сполук металів ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ).

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

1) гідрологічні спостереження: витрати води ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на водотоках або рівень води ( $\text{м}$ ) на водоймах;

2) гідрохімічні спостереження: візуальні спостереження, температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), концентрація розчиненого кисню ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ), питома електропровідність ( $\text{См}/\text{см}$ ).

### **Програма скорочена 2 передбачає:**

1) *гідрологічні спостереження*: витрати води ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на водотоках або рівень води (м) на водоймах;

2) *гідрохімічні спостереження*: візуальні спостереження, температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), водневий показник  $pH$ , питома електропровідність ( $\text{См}/\text{см}$ ), концентрація завислих речовин ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ), біохімічне споживання кисню за 5 діб ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); концентрація двох-трьох ЗР, основних для води в даному пункті ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ).

### **За програмою скорочена 3 виконують:**

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

2) *гідрохімічні спостереження*: візуальні спостереження, температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), концентрація завислих речовин ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ), водневий показник  $pH$ ; концентрація розчиненого кисню ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); хімічне споживання кисню ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); біохімічне споживання кисню за 5 діб ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ); концентрація речовин, що забруднюють воду в даному пункті спостережень ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ).

*Температура водного середовища вимірюється обов'язково, оскільки вона 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 проводиться відбір проб щодавно 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, щодавно – 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**



За обов'язковою програмою спостереження за гідрологічними та гідрохімічними показниками 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.

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 забруднень, 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 стружні 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 рН, 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 миють 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 і 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 – ступеня насиченості води органічними речовинами, що розкладаються. Сапробність встановлюється за видовим складом організмів – сапробіонтів у водних біоценозах.

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

На підставі даних про видовий склад гідробіонтів, знайдених у тих чи інших водах, можна скласти уявлення про те, наскільки останні чисті чи забруднені. Тому організми, характерні 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, молюски, 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.

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.

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 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 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. Морський фітопланктон складається в основному, з діатомових водоростей, перідіней і коколітофорідів; прісноводний – з діатомових, синьо-зелених та деяких груп зелених водоростей.

Спостереження за гідробіологічним станом водотоків здійснюються на стаціонарній гідрометричній мережі за скороченою та повною 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.

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 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. 2.8). Але визначення гідробіологічних показників є обов'язковим для усіх пунктів.

Таблиця 2.8 – 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)

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.

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

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 фонового стану якості води даної території необхідно ретельно аналізувати вихідні дані та вилучати створи із суттєво порушеним гідрохімічним режимом.

При визначенні хімічного складу місцевого стоку малих річок необхідно дотримуватись таких умов:

- 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 ізоліній 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:  $C \leq \text{ГДК}$  (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:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1,$$

де  $C_i$  та  $\text{ГДК}_i$  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:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1,$$

де  $C_i$  та  $\text{ГДК}_i$  – відповідно концентрація і ГДК  $i$ -ої речовини.

*Норми якості води повинні виконуватись:*

- для водотоків комунально-побутового та господарсько-питного водокористування (на ділянках від пункту водозабору 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 водозабору);
- 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).

Найбільш поширена в Україні система екологічної класифікації якості поверхневих вод містить три класифікаційні групи: сольовий склад, еколого-санітарні показники та показники 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. 2.9)<sup>16</sup>.

Таблиця 2.9 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші

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

<sup>16</sup> Згідно з затвердженою Мінприроди України методикою “Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К. : СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с. ”



	$\beta$ -оліго- сапробні	$\alpha$ -оліго- са- пробні	$\beta'$ - мезоса- пробні	$\beta''$ - мезоса- пробні	$\alpha'$ - мезос а- пробн і	$\alpha''$ - мезоса- пробні	Поліса- пробні
--	-----------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	--	-----------------------------------	-------------------

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>17</sup>.

#### 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>18</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>19</sup> визначають показники якості питної води, що певною мірою узгоджені з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Водневий показник характеризує концентрацію вільних іонів водню  $H^+$  у воді і вимірюється спеціальною одиницею рН, яка є десятковим логарифмом концентрації іонів водню, взятої з протилежним знаком ( $pH = - \lg[H^+]$ ). Для питної води допустимим є рівень рН 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 води. Ця директива передбачає рівень **I** гранично допустимих концентрацій, який є обов'язковим для виконання, і рівень **G** як довгострокова мета.

<sup>17</sup> Процес розрахунку розбавлення стічних вод із природними регламентований інструкцією "Про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів речовин у водні об'єкти із зворотними водами", затвердженою наказом Мінприроди України від 15.13.1994 р., № 116.

<sup>18</sup> Закон України "Про питну воду та питне водопостачання" № 2918-14 (від 20.06.2007 р.).

<sup>19</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.

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. Директива встановлює вимоги до частоти відбору проб води для підприємств харчової промисловості (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – 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 +3 на кожні 1000 м <sup>3</sup> /добу	1 +1 на кожні 3300 м <sup>3</sup> /добу
Від 10000 до 100000		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 державних адміністрацій забезпечують організацію та здійснення моніторингу якості питної води централізованих систем водопостачання і стану стічних вод міської каналізаційної мережі та 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 Держсанепіднаглядом охоплено 19139 джерел централізованого водопостачання і 97721 джерело децентралізованого водопостачання. Санітарно-епідеміологічна служба здійснює хімічний аналіз підземних вод, які призначаються для питного споживання.

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 (12). Не відповідали нормативам ДСТУ 2874- 82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги» в системах централізованого водопостачання за бактеріологічними показниками – 4,1% досліджених проб, на комунальних водогонах – 3%, відомчих – 4,5%, сільських – 6,5%. Порівняно з 2000 р. загальна кількість проб води з відхиленнями від стандарту за бактеріологічними показниками зменшилась в 1,2 разу.

### 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 нафтопродуктів НП при перевезенні і при аваріях танкерів; безпосереднє надходження ЗР при підводних розробках та при видобуванні мінеральних ресурсів; річковий стік; прямий стік із суші; 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 низькодолах – сільськогоспо-дарських 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.

Під забрудненням морських вод мають на увазі скидання 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, нагріванні 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 – 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. Внаслідок аварій та витоків до Світового океану надходить 5-10 млн. т НП на рік. 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 площі. Колір плівки приблизно дає інформацію про її товщину (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Характеристики нафтової плівки

Зовнішній вигляд	Товщина, мкм	Кількість нафти, дм <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>
Ледь помітна	0,038	44

<i>Сріблястий блиск</i>	<i>0,076</i>	<i>88</i>
<i>Сліди забарвлення</i>	<i>0,152</i>	<i>176</i>
<i>Яскраво забарвлені розчини</i>	<i>0,305</i>	<i>352</i>
<i>Тьмяно-забарвлена</i>	<i>1,016</i>	<i>1170</i>
<i>Темнозабарвлена</i>	<i>2,032</i>	<i>2340</i>

*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.*

*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.

Місяця розташування вертикалей і горизонтів, їхня кількість на кожному пункті визначаються розташуванням і потужністю джерел забруднення, складом, концентрацією і типом ЗР. Спостереження здійснюються за однією із двох програм – скороченою або повною (табл. 2.12, 2.13).

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 2.12 – 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	+	–

Таблиця 2.13 – Програми спостережень за гідробіологічними показниками якості морських вод

Показники	Повна програма	Скорочена програма
<b>1. Зоопланктон:</b>		
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> )	+	–
<b>2. Фітопланктон:</b>		
Загальна чисельність клітин (клітин/дм <sup>3</sup> )	+	+
Видовий склад, кількість та список видів	+	–
Загальна біомаса (г/м <sup>3</sup> )	+	–
Кількість основних систематичних груп, кількість груп	+	–
<b>3. Мікробні показники:</b>		
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 бактерії) (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

У 2007 році спостереження за станом прибережних морських вод та вмістом у них забруднювальних речовин здійснювали 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 (СЕС). Також, моніторинг здійснюють Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ), Інститут біології південних морів НАН України 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, 2007).

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 2001-2007 рр. Держінспекція 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: рН, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>, завислі речовини, азот амонійний, азот нітратний, фосфати, залізо, феноли, СПАР, НП, сульфіді, вільний хлор та ін. Основні засоби виміральної техніки у лабораторії спостережень: солемір (солоність), електрофотокolorиметр (азот загальний, азот амонійний, нітрити, нітрати, азот нітратний, фосфати, фосфор загальний, кремній, феноли, СПАР), іономір (рН), спектрофотометр, хроматограф, ваги.

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 і об'єкти комунального господарства великих міст на узбережжі – Одеси, Севастополя, Феодосії та ін., які скидають стічні води в море.

## **2.4. Моніторинг геологічного середовища**

### **2.4.1. Особливості геологічного середовища**

Частина літосфери, що безпосередньо виступає як мінеральна основа біосфери, є одним із найважливіших компонентів навколишнього природного середовища (НПС) і 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 багатоконпонентні системи, а межі ГС змінюються не тільки в просторі, але й у часі.

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

Внутрішніми складовими частинами ГС є ґрунти; гірські породи, що складають масиви тієї чи іншої структури; рельєф і геоморфологічні особливості території; підземні води; газоподібні наповнення гірських порід.

#### 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 зростаючому використанні природних ресурсів, в тому числі мінеральних ресурсів. З надр щороку 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 КСІ на кожену тонну 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 території. При отриманні 1 т  $P_2O_5$  з апатитів і фосфоритів утворюється 4,25-5,5 т фосфогіпсу, який у більшості випадків іде у відвали.

За кадастровим обліком в Україні на початок 2007 року налічувалось 8658 родовищ 97-ми видів корисних копалин. Одними з найбільших за обсягом є запаси вугілля, залізних, марганцевих і титаноцирконієвих руд, а також графіту, каоліну, калійних солей, сірки, вогнетривких глин, облицювального каменю.

У 2007 року в Україні 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 (Національна доповідь, 2007).

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 таких 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 карстових процесів;



- 3) водний басейн, води підземні – зменшення запасів поверхневих і підземних вод, порушення гідрогеологічного режиму; забруднення водного басейну стічними і дренажними водами;
- 4) повітряний басейн – забруднення атмосфери;
- 5) 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.

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.

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).*

#### *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 5-ти основних блоків – спостереження, аналізу поточного стану ГС, прогнозування і оцінювання прогнозованого стану, підтримки управлінських рішень, які пов'язані між собою каналами інформації з метою формування автоматизованої інформаційної системи (АІС) і системи інженерного захисту (рис. 1.2).*

#### *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 прогностичних 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 ЕГД:*

- 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;*
- ендогенні 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 поверхневій горизонті 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 міңдобрив – 4,8; місцях зберігання токсичних відходів на території промїдприємств – 8,8; житловїй зонї, у т.ч. на території дитячих закладів і на дитячих майданчиках – 0,4%). Також ґрунт досліджено на бактерїологічні показники (18 772 проби) та ґельмінти (144 980 проб), з яких не відповідало нормативам, відповідно, 9,2% (1721) і 2,9% (4275).

Мїнаґрополїтики здійснює спостереження за ґрунтами сїльськогосподарського використання. Мережа, на якїй ведуться спостереження та монїторинг ґрунтів підрозділами Державного технологїчного центру охорони родючостї ґрунтів, складається з 1003 ділянок. Здїснюються радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кїлькїсть 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 покривї.

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

#### *2.5.1. Техніко-економїчне обґрунтування ґрунтового монїторингу*

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

- винятковою важливїстю підтримання ґрунтів у станї, за якого вони зберігають здатність до регуляції циклів біофільних елементів;
- важливїстю контролю і запобігання порушенню процесів ґрунтоутворення, що виявляються в дегумїфікації, переуцїльненостї, ерозїї, підкисленнї, підтопленнї, засоленнї тощо;
- важливїстю суттєвого підвищення родючостї ґрунтів, збільшення віддачі від мелїорації та хїмізації, поліпшення якостї сїльськогосподарської продукції;
- неможливїстю адекватного оцїнювання сучасного стану ґрунтового покриву за наявної інформації через застарїлі данї, «усїченїсть», орієнтованїсть лише на вузького споживача і неузгодженїсть методик.

Елементи ґрунтового монїторингу були в Україні й ранїше. Так, Державним інститутом з землевпорядкування «Укрземлепроект» 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 озалізнення) 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 ННЦГА 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 території, 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.

Засолення 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; прокласти 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 пожнивні залишки в ґрунт, застосовувати мульчування поверхні соломною, 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)
Родючість ґрунтів, % від потенційної можливості	> 85	85-65	65-25	< 25
Вміст гумусу, % від початкового	> 90	90-70	70-30	< 30
Вміст легкокорозчинних 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
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 слабо-, середньо- і сильно забруднені ґрунти.

У слабозабруднених 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 (Н) вміст НП у ґрунті 1 – 3 г/кг; початок серйозної екологічної шкоди (К) – 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;
- слабе 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.

Слабе 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 (Н), 5-13 г/кг – ризику (Р), 13-15 г/кг – кризи (К) і більш 25 г/кг – зоні лиха (Л).

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			
	З (Н)	УЗ (Р)	НЗ (К)	К (Л)
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  $^{137}\text{Cs}$ . Цей ізотоп цезію сорбується ґрунтом у верхньому шарі (до 5 см), якщо даний ґрунт є «цілина»; якщо ж ґрунт оброблявся, то розподіл  $^{137}\text{Cs}$  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 зрошування 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 зрошуваного 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 (фонові 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 (вогкість, 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 пробую, 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-вологому 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 (грунт, рельєф, рослинність) для даної місцевості (за розою вітрів).

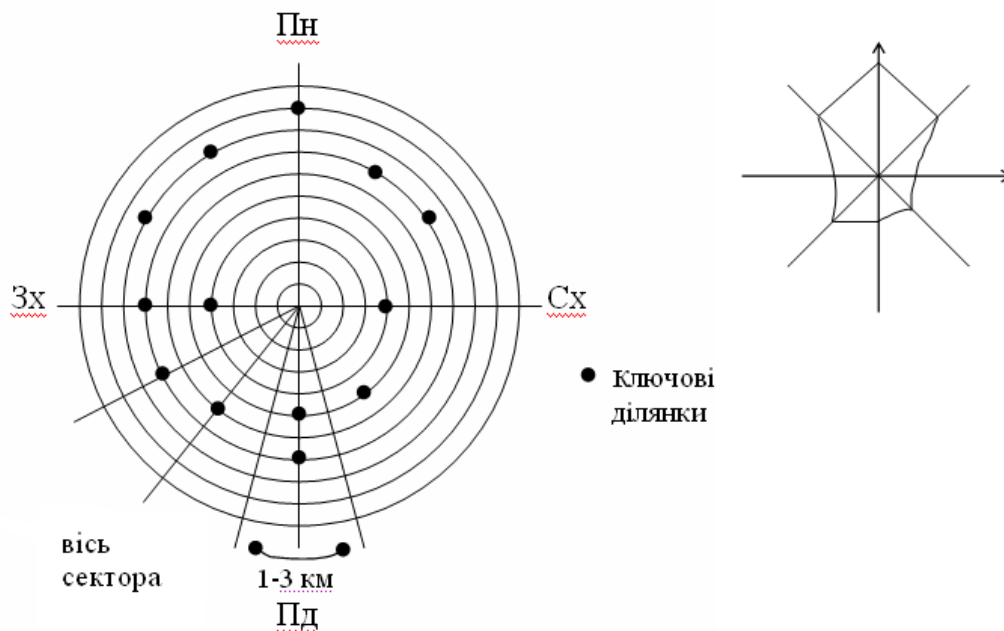


Рисунок 2.3 – Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства

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 детальне обстеження треба провести на ключових ділянках, уздовж потоків, що переважають.

Необхідно провести порівняння змін рівня забруднення, що відбуваються зі збільшенням або зменшення 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 раною весною до початку підсніжного стікання талої води.*

*Відбір проб ґрунту в містах проводиться по сітці квадратів такого масштабу, який забезпечив 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, СО і СО<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 сумації 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 допустимій 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. ОСОБЛИВИ ВИДИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

*Як уже згадувалось (п. 1.2), у структурі державної системи моніторингу довкілля України виділяються три функціональних типи моніторингу: базовий (стандартний) моніторинг; кризовий (оперативний) моніторинг; науковий (фоновий) моніторинг.*

*Залежно від вирішуваних завдань можна говорити про такі специфічні види моніторингу, як абіотичний, біотичний, біологічний, геоекологічний (природно-господарський), агроекологічний, радіаційний, кліматичний та глобальний (біосферний).*

*В програму абіотичного моніторингу включають геофізичні та гідрометеорологічні спостереження, під час яких виконують вимірювання таких величин, як:*

- швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск, вологість і кількість атмосферних опадів;*
- інтенсивність сонячної радіації (прямої, розсіяної, сумарної), в тому числі ультрафіолетове випромінювання;*
- рівень і витрати води, температура води, витрати зважених наносів;*
- вологість і тепловий баланс ґрунтів.*

*Біотичний моніторинг відіграє також особливу роль у системі екологічного моніторингу – це моніторинг біологічної складової (біоти) екосистем. Моніторинг відгуків біоти на антропогенні забруднення і впливи з величинами, близькими до фонових, є складною і багато в чому новою задачею, яка до цього часу методично ще не повністю визначена. Програма біотичного моніторингу повинна включати:*

- оцінку поточного стану біоти (наприклад, повторення з деякою періодичністю визначень коефіцієнтів розмноження деяких видів та розмірів їх популяцій дає можливість визначати біологічну різноманітність в екосистемі відповідного рівня);*
- прогноз реакцій біоти (визначення залежності чутливості біоти до пріоритетних забруднювальних речовин);*
- контроль стану біоти польовими методами (визначення видового складу, приріст біомаси тощо).*

*Виконання цих трьох підпрограм має бути взаємопов'язаним. Перша підпрограма, як правило, зводиться до неперервної реєстрації змін коефіцієнта розмноження популяцій тестових видів. Розвиток тестових видів проводиться у вегетаційних камерах-екостатах з можливістю регулювання умов абіотичного середовища (температура, вологість, освітленість).*

Біологічний моніторинг – це, контроль стану навколишнього природного середовища за допомогою живих організмів. Біоіндикація і біотестування є головними методами біологічного моніторингу, які полягають в реєстрації будь-яких змін у біоті, викликаних антропогенними факторами. У біологічному моніторингу можуть бути використані не тільки біологічні, але й будь-які інші методи, наприклад, хімічний аналіз вмісту забруднювальних речовин у живих організмах тощо.

Геоєкологічний (природно-господарський) моніторинг забезпечує спостереження за природними екосистемами, агроєкосистемами, індустриальними екосистемами. У цьому випадку застосовують геофізичні, геохімічні, біохімічні, біологічні методи.

Радіоекологічний (радіологічний) моніторинг входить складовою частиною в систему базового моніторингу на всіх рівнях і напрямках. Базовий тип радіоекологічного моніторингу забезпечується мережею пунктів спостережень, що покриває всю територію України, включаючи служби радіаційного контролю на ядерних виробництвах.

Системи екологічного моніторингу, як правило, мають три рівні: глобальний, регіональний і локальний. Визначення, методичні підходи і практика моніторингу на різних рівнях децю відрізняються.

На локальному рівні - це реалізація такої стратегії, що дає можливість забезпечити нормативну якість довкілля.

На регіональному рівні підхід до моніторингу ґрунтується на тому, що забруднювальні речовини, потрапивши в кругообіг речовин у біосфері, змінюють стан абіотичної складової і, як наслідок, спричиняють зміни в біоті (екзогенні сукцесії). Будь-який господарський захід, проведений у масштабі регіону, позначається на регіональному фоні – змінюється стан рівноваги абіотичного й біотичного компонентів.

Цілі глобального моніторингу визначаються в процесі міжнародного співробітництва в рамках різних міжнародних програм, угод (конвенцій) і декларацій.

### **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 прями 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.

### 3.1.1. Головні задачі і напрями глобального моніторингу

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 задач 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;
- 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 і їх сполук;



- забезпечення можливості порівняння методів спостережень та аналізу за зміною НПС в різних країнах;
- забезпечення на глобальному і регіональному рівнях інформацією, необхідною для прийняття управлінських рішень.

Фоновий моніторинг здійснюється з метою фіксації фонових 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 спустелювання, 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 фонових 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.

### 3.1.2. Міжнародні програми системи глобального моніторингу

Практично з 1974 року функціонує глобальна мережа станцій фонових моніторингу, на яких постійно здійснюються спостереження за природними змінами в біосфері. Такі спостереження проводяться під координацією міжнародної програми з навколишнього середовища ЮНЕП (United Nation Environment Program – UNEP) і охоплюють всі типи екосистем: водні (морські і прісноводні) і наземні (лісові, степові, пустельні та гірські). Станції фонових моніторингу розташовуються на територіях біосферних заповідників (в Україні – Асканія-Нова, Чорноморському та національному природному парку Кара-Даг). Всі ці станції входять складовою частиною в мережу глобальної системи моніторингу.

З 1990 року здійснюється Міжнародна геосферно-біосферна програма (МГБП), завданням якої є вивчення Землі як цілісної природної системи. На

базі широкого використання ГІС/ДЗЗ-технологій проводяться дослідження в семи ключових напрямках:

1. Закономірності хімічних процесів у глобальній атмосфері та роль біологічних процесів у кругообігах малих газових компонент. В межах цього напрямку здійснюється аналіз впливу змін вмісту озону в стратосфері на проникнення на земну поверхню біологічно небезпечного ультрафіолетового випромінювання, а також оцінку впливу аерозолів на зміни глобального клімату тощо.

2. Вплив біогеохімічних процесів у світовому океані на клімат і навпаки. Проекти цього напрямку включають комплексні дослідження глобального газообміну між океаном та атмосферою, морським дном і границями континентів, розробку методик прогнозування реакцій біогеохімічних процесів в океані на антропогенні збурення в глобальному масштабі, вивчення евфотичної<sup>20</sup> зони Світового океану. Світовий океан функціонує як величезний резервуар біогенних елементів, що складають значну частину продуктивності біосфери. Для характеристики Світового Океану використовуються такі параметри, як біомаса фітопланктону, первинна продуктивність фітопланктону і концентрація хлорофілу „а”. Для досліджень використовується супутникова оптична апаратура типу сканерів, приладів для вимірювання флуоресценції тощо. Супутникові спостереження обов'язково супроводжуються контрольними буйковими і судновими маршрутними спостереженнями.

3. Вивчення прибережних екосистем і вплив на них змін у системах землекористування. В рамках цього напрямку вивчаються прибережні екосистеми в басейнах великих річок, озер і морів, а також взаємодії між прибережними екосистемами і системами землекористування. Важливим завданням є вивчення ролі лісів у формуванні біогеохімічних кругообігів, особливо їх вплив на формування опадів, на енергетичний баланс, клімат, а також їхню роль як джерела та стоку вуглекислого газу тощо.

4. Взаємодію рослинного покриву з фізичними процесами, відповідальними за формування глобального кругообігу води. Проводяться дослідження за програмою глобального експерименту з метою вивчення кругообігів енергії і води у доповнення до досліджень Всесвітньої програми досліджень клімату.

5. Вплив глобальних змін клімату на континентальні екосистеми. Розроблюються методики прогнозу впливу змін клімату, концентрації вуглекислого газу та систем землекористування на екосистеми, а також зворотних зв'язків; досліджуються глобальні зміни біологічного

---

<sup>20</sup> Евфотична зона океану – поверхневі води, в основному до глибини 50-100 м, населені фотосинтезуючими планктонними організмами, які мають потребу в сонячному світлі.

різноманіття. При вивченні біологічних процесів в наземних екосистемах ключова роль відводиться дослідженням специфіки енергетичного балансу в різноманітних екосистемах: пустелях, лісах, саванах, агро екосистемах різних рівнів тощо.

6. Палеоекологія, палеоекологічні зміни та їх наслідки. Проводяться дослідження з метою реконструкції історії змін клімату за період з 2000 року до нашої ери з часовим інтервалом 10 років.

7. Моделювання земної системи з метою прогнозування її еволюції. Формуються математичні моделі в глобальному масштабі, робляться кількісні оцінки взаємодії глобальних фізичних, хімічних і біологічних інтерактивних процесів у земній екосистемі протягом 100 тисяч років.

Одним з координаційних центрів програми МГБП є Сибірське відділення Академії наук Росії (міста Томськ і Новосибірськ), де з 2001 року проводяться щорічні міжнародні конференції ENVIROMIS та CITES.

В рамках МГБП вивчаються біогеофізичні кругообіги вуглецю, азоту, фосфору і сірки, які визначаються як природними, так і антропогенними факторами. Останні особливо суттєві для вуглецю. Складність вивчення всіх цих кругообігів обумовлена невизначеностями, пов'язаними з внеском континентальної біомаси (зміни внаслідок вирубки лісів, змінами сумарної продуктивності екосистем) і варіаціями кругообігів інших компонент.

З 1995 року реалізується міжнародна програма Environmental Observance System (EOS), яка розрахована на 15 років, має між науковий характер і працює на основі даних спостережень з трьох супутників, що обслуговуються орбітальною системою. Комплект апаратури складається майже із 40 приладів: відео спектрометри, радіометри, лідарні зонди, радіовисотоміри та ін. EOS планується як всеохоплююча інформаційна система, аналіз даних якої дозволить зрозуміти принципи функціонування Землі як єдиного природного комплексу „атмосфера-гідросфера-кріосфера-біосфера”, а також визначити межі його можливих змін та оцінити напрямки майбутньої еволюції. Гігантський об'єм спостережень з супутників вимагає розробки і впровадження потужних систем обробки, аналізу, архівації та збереження даних.

Завдання глобальної системи моніторингу навколишнього природного середовища є багатокритеріальними. Однією з найважливіших задач вважається визначення величини допустимого впливу на Землю, зокрема на біосферу Землі. Допустимими вважаються такі впливи, які не призводять до погіршення стану біосфери по жодному з вибраних параметрів.

Глобальні процеси є об'єктом пильної уваги індустриально 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 з 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;

б) 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 фонових 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 фонових 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 фонових 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 фонових моніторингу поділяється на біотичну й абіотичну частини. Спостереження за гідрометеорологічними факторами віднесені до абіотичної частини фонових 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 довкіллі;
- 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 – 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.

Програми спостережень формують на основі вибору пріоритетних забруднювальних речовин та інтегральних характеристик за певною системою критеріїв. Процес пріоритизації забруднювальних речовин для фонового моніторингу було здійснено за методом експертних оцінок (метод Делфі) в 70-ті роки 20-го століття (табл. 3.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація забруднювальних речовин за класами пріоритетності (Ізраель, 1984)

Клас	Забруднювальна речовина	Середовище (компонент)	Рівень моніторингу
I	Діоксид сірки, завислі речовини Радіонукліди	Повітря Їжа	I, P, Ф I, P
II	Озон Хлорорганічні сполуки, діоксини Кадмій	Повітря Біота, людина Вода, їжа, людина	I(троп.), Ф(страт.) I, P I
III	Нітрати, нітрити	Вода, їжа	I
IV	<b>Оксиди азоту</b>  <b>Ртуть</b> Свинець	<b>Повітря</b> <b>Вода, їжа</b> Повітря, їжа	I I, P I
V	Діоксид вуглецю Оксид вуглецю Вуглеводні нафти	<b>Повітря</b> <b>Повітря</b> Морська вода	Ф I P, Ф
VI	Фториди	Прісна вода	I
VII	Азбест Миш'як	Повітря Питна вода	I I
VIII	Мікробіологічне забруднення Реакціездатні ЗР	Їжа Повітря	I, P I

I – імпактний рівень, P – регіональний рівень, Ф – фоновий моніторинг

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 3.2.

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.

**Таблиця 3.2 – Перелік хімічних речовин, які підлягають вивченню на фонових станціях і у біосферних заповідниках (Ізраель, 1984)**

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 та ін.)	+	+	+	+	+
Важкі метали (Pb, Hg, Cd..)	+	+	+	+	+
Двоокис вуглецю	+				
Фреони	+				
Біогенні елементи		+	+	+	+
Аніони і катіони.		+			
Радіонукліди		+			

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).

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.

#### 3.3.1. 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 телез'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 альбедо 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  $0,5^{\circ}$ - $1,0^{\circ}$ 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 особливу увагу необхідно приділити спостереженням за вмістом і змінами концентрацій  $\text{CO}_2$  в атмосфері, за процесами обміну  $\text{CO}_2$  з океаном та наземною біотою. Збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  в атмосфері, вивченню балансу вуглецю в біосфері, обміну  $\text{CO}_2$  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.

### 3.3.2. 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.

Найвагомішими 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.

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.

### 3.3.3. 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 сільськогосподарських 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 аерозолі 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 науково-дослідному 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 загально визнаної методики, яка б задовольняла всі вимоги після аварійного радіаційного моніторингу. Зокрема, немає техніки, яка б дозволяла проводити роздільні вимірювання хімічних норм радіоіоду. 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  $1\text{мЗв/год}^{21}$ .

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  $^{137}\text{Cs}$  пов'язано із вживанням молока.

Дози довготривалого опромінення населення за рахунок  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  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.

#### 3.4.1. Особливості система радіоекологічного моніторингу «ГАММА»

---

<sup>14</sup>Одиниці еквівалентної дози – зіверт:  $1\text{Зв} = 1\text{Дж/кг}$ ;  $1\text{Зв} = 100\text{ бер}$ ; Одиниці поглинутої дози:  $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$ ;  $1\text{рад} = 10^{-2}\text{ Гр}$ ; Одиниці експозиційної дози:  $1\text{ Кл/кг}$ ; позасистемна одиниця – рентген:  $1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}\text{ Кл/кг}$ . Доза в 1 Р відповідає утворенню  $2,08 \cdot 10^9$  пар іонів в  $1\text{ см}^3$  повітря при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  та  $760\text{ мм рт. ст.}$

*В Україні в рамках технічної допомоги Європейського Союзу «TACIS» 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 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.*

#### **3.4.2. 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 довкілля, 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.

#### **3.5.1. Проведення біоіндикації 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 фітотоксичної концентрації однієї 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, пероксіяцетилнітрат (ПАН) і оксиди азоту ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  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, срібленими чи бронзовими.

Оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ). Для сильного ушкодження рослини оксидами азоту необхідна більш висока концентрація  $\text{NO}_x$ ; часто його вмісту у повітрі не досить для гострого ушкодження. Низькі концентрації  $\text{NO}_x$  навіть стимулюють зростання рослин, а їхня зелень стає більш темною.

Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) потрапляє в рослину й окислюється до високотоксичного сульфіту  $\text{SO}_3$ , а потім повільно – в менш токсичний сульфат  $\text{SO}_4$ . У результаті дії  $\text{SO}_2$  на широколистові рослини їхні листки знебарвлюються між жилками (ефект «ялинки»).

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 ушкодженні 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 рН 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.

Таблиця 3.2 – Ушкодження рослин від різних шкідливих речовин

<i><b>ЗР</b></i>	<i><b>Ушкодження</b></i>	<i><b>Рослина-індикатор</b></i>
<i>O<sub>3</sub></i>	<i>Плями металевого кольору; рудувато-білі плями; жовто-червоні кінчики голок; хлороз</i>	<i>Шпинат, картопля, тютюн, виноград, огірок, цибуля, хвойні, ясен, квасоля, іпомея</i>
<i>ПАН</i>	<i>Водянисті, потім глясові, сріблясті, бронзові плями; хлоротичні смуги на листах</i>	<i>Салат, квасоля, петунія, злакові, узколистні трави</i>
<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>Уповільнення росту і нагромадження сухої речовини. Знебарвлення країв листів</i>	<i>Молоді томати, барвінок</i>
<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>Біфасціальне знебарвлення між жилками, ефект «ялинки»</i>	<i>Ожина, малина, виноград, овес, конюшина, береза вишнева, ясен американський, ревінь, капуста, шпинат, тютюн, яблуна, персик</i>
<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i>	<i>Червоно-бурий колір, хлороз</i>	<i>Сосна, ялина</i>
<i>NO<sub>2</sub> + SO<sub>2</sub></i>	<i>Зниження врожайності злаків і пасовищних трав</i>	<i>Овес, соєві боби, тютюн</i>
<i>O<sub>3</sub> + SO<sub>2</sub></i>	<i>Хлороз</i>	<i>Люцерна, капуста, квасоля, соя, шпинат, тютюн, томати</i>
<i>Фториди</i>	<i>Хлороз уздовж жилок або листів; гострий некроз по краях листів і деформація; обпалені верхівки</i>	<i>Гладіолус, тюльпан, ірис, лілія, хвойні</i>
<i>NH<sub>3</sub></i>	<i>Тьмяно-зелені, бурі, чорні листи, глянець на нижній стороні листа</i>	<i>Яблуна</i>
<i>B</i>	<i>Крайовий і міжжилавий некроз, плямистість листів, чашоподібна форма і деформація листів</i>	<i>Горіх сірий, жимолость, клен, шовковиця, дикий виноград</i>
<i>Cl<sub>2</sub></i>	<i>Знебарвлення листів по краях від чорного до білого, між жилавий некроз (SO<sub>2</sub>), цяточки (O<sub>3</sub>)</i>	<i>Гірчиця, соняшник Хвойні</i>
<i>Етилен, пропилен</i>	<i>Сповільнює зростання; погіршення цвітіння, плодоносіння, «скручує» листи</i>	<i>Орхідеї, томати, хризантеми (у теплицях)</i>
<i>HCl</i>	<i>Міжжилавий і крайовий хлороз, некроз</i>	<i>Слива</i>

*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 виплавлянні 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг Рb. Гумусовий шар ґрунту добре адсорбує Рb, який потім накопичується в ґрунті і локалізується в пухирцях диктиосом, 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 смістю поглинання, значним вмістом гумусу, високим показником рН.*

*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 Рb 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 Рb.*

Для біоіндикації можна вибрати недовговічні трав'янисті чи деревинні рослини і висадити їх на потрібних ділянках. Дерева 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 – О<sub>3</sub>).

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

<b>Оцінка ушкодження (зернистість або опік)</b>	<b>Індекс ступеня ушкодження</b>	<b>Кількість ушкоджених листів, %</b>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Немає</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Слабке</i>	<i>1</i>	<i>1-25</i>
<i>Помірне</i>	<i>2</i>	<i>26-50</i>
<i>Помірно-сильне</i>	<i>3</i>	<i>51-75</i>
<i>Сильне</i>	<i>4</i>	<i>76-99</i>
<i>Повне</i>	<i>5</i>	<i>100</i>

Для хвойних рослин характеристикою відповідної реакції є: довжина хвої, колір, форма, вік хвої, кількість ушкоджених хвоїнок на гілці (у %).

Таблиця 3.4 – Оцінка реакції первинних листків

<b>Дні від висіву</b>	<b>Індекс ступеня ушкодження</b>	<b>Кількість ушкоджених листків, %</b>
<i>7</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>11</i>	<i>1</i>	<i>15</i>
<i>15</i>	<i>2</i>	<i>40 (+25)</i>
<i>20</i>	<i>4</i>	<i>80 (+40)</i>



*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<sub>2</sub>. 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.*

### **3.5.2. 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>22</sup> (*Bombux mori* L.), ракоподібних (*Daphnia magna* L.)<sup>23</sup>. Гусениці-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 кожену 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 загинлих 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 цитогенетичними показниками біоіндикаторів, а також дозволяють оцінити екологічний і генетичний ризики для біоти та людини.

**Методи визначення рівнів токсико-мутагенної активності об'єктів**

---

<sup>22</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>23</sup> ДСТУ 4173-2003 (Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996))

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 дослідях порівняно з контролем за:

- 48 годин – у *Allium cepa* L.;
- 72 години – в *Raparus 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 (грунтів), 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.

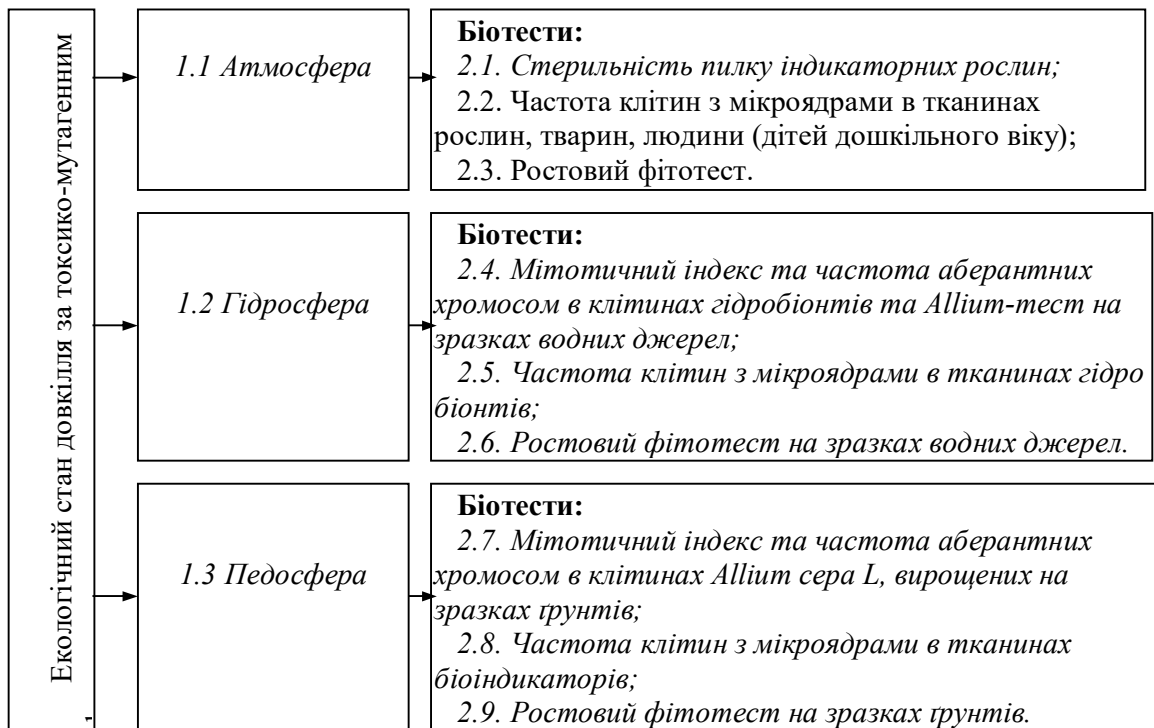


Рисунок 3.5 – Структурна схема еколого-гігієнічного моніторингу об'єктів довкілля

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.

### 3.6.1. 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.

### *3.6.2. Відбір проб 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.

### *3.6.3. Оцінка токсико-мутагенного фону атмосферного повітря*

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-коричневі 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 7×20 чи 7×40) 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  $3 \cdot m < M$ , 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 ( $P_{комф}$ ), і різними рівнями ушкодження гамет в критичних умовах ( $P_{крит}$ ), 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 $i$
Латинська назва	Україномовна назва	
1	2	3
<i>Linaria vulgaris Mill.</i>	Льонок звичайний	1
<i>Catalpa ovata G. Don fil.</i>	Катальпа яйцевиднолиста	1
<i>Calendula officinalis L.</i>	Нагідки лікарські	1
<i>Convolvulus arvensis L.</i>	Березка польова	1
<i>Helianthus annuus L.</i>	Соняшник однорічний	1
<i>Heracleum sibiricum L.</i>	Борщівник сибірський	1
<i>Zinnia elegans Jacq.</i>	Майорці стрункі	1
<i>Geranium molle L.</i>	Герань м'яка	1
<i>Tagetes patula L.</i>	Чорнобривці розлогі	1
<i>Syringa vulgaris L.</i>	Бузок звичайний	2
<i>Betula pendula Roth.</i>	Береза повисла	2
<i>Taraxacum officinale Webb. exWigg.</i>	Кульбаба лікарська	2
<i>Campanula patula L.</i>	Дзвоники розлогі	2
<i>Matricaria perforata Merat</i>	Ромашка продірявлена	2
<i>Saponaria officinalis L.</i>	Мильнянка лікарська	2



<i>Barbarea vulgaris R. Br.</i>	<i>Суріниця звичайна</i>	2
<i>Barbarea arcuata Reichenb.</i>	<i>Суріниця дуговидна</i>	2
<i>Malva pusilla Smith.</i>	<i>Калачики маленькі</i>	2
<i>Chelidonium majus L.</i>	<i>Чистотіл великий</i>	2
<i>Cichorium intybus L.</i>	<i>Цикорій дикий</i>	2
<i>Centaurea cyanus L.</i>	<i>Волошка синя</i>	2
<i>Melilotus albus Medik.</i>	<i>Буркун білий</i>	2
<i>Solanum nigrum L.</i>	<i>Паслін чорний</i>	2
<i>Vicia cracca L.</i>	<i>Горошок мишачий</i>	2
<i>Hyoscyamus niger L.</i>	<i>Блекота чорна</i>	2
<i>Achillea submillefolium Klok.et Krytzka</i>	<i>Деревій майже звичайний</i>	2
<i>Mentha arvensis L.</i>	<i>М'ята польова</i>	2
<i>Sinapis arvensis L.</i>	<i>Гірчиця польова</i>	2
<i>Echium vulgare L.</i>	<i>Синяк звичайний</i>	2
<i>Silene vulgaris (Moench)</i>	<i>Смілка звичайна</i>	2
<i>Lathyrus pratensis L.</i>	<i>Чина лучна</i>	2
<i>Tanacetum vulgare L.</i>	<i>Пижмо звичайне</i>	2
<i>Chenopodium album L.</i>	<i>Лобода біла</i>	3
<i>Plantago lanceolata L.</i>	<i>Подорожник ланцетолистий</i>	3
<i>Antirrhinum majus L.</i>	<i>Ротики садові</i>	3
<i>Potentilla reptans L.</i>	<i>Перстач повзучий</i>	3
<i>Medicago sativa L.</i>	<i>Люцерна посівна</i>	3
<i>Medicago lupulina L.</i>	<i>Люцерна хмелевидна</i>	3
<i>Berteroa incana (L.) DC.</i>	<i>Гикавка сіра</i>	3
<i>Daucus carota L.</i>	<i>Морква дика</i>	3
<i>Castanea vulgaris Lam.</i>	<i>Каштан кінський</i>	3
<i>Consolida regalis S.F.Gray</i>	<i>Сокирки польові</i>	3
<i>Melilotus officinalis (L.) Pall.</i>	<i>Буркун лікарський</i>	3
<i>Verbascum phlomoides L.</i>	<i>Дивина лікарська</i>	3
<i>Crepis tectorum L.</i>	<i>Скереда покрівельна</i>	3
<i>Trifolium pratense L.</i>	<i>Конюшина лугова</i>	3
<i>Lotus arvensis Pers.</i>	<i>Лядвенець польовий</i>	4
<i>Trifolium repens L.</i>	<i>Конюшина повзуча</i>	4
<i>Papaver rhoeas L.</i>	<i>Мак дикий</i>	4
<i>Reseda lutea L.</i>	<i>Резеда жовта</i>	4
<i>Petunia hybrida hort.</i>	<i>Петунія гібридна</i>	4
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	<i>Біла акація</i>	5

<i>Elytrigia repens L.</i>	<i>Пирій повзучий</i>	5
<i>Iris pallida Lam.</i>	<i>Півники бліді</i>	5

**Таблиця 3.6 – Характеристика фітоіндикаторів різних груп стійкості за тестом «Стерильність пилку індикаторних рослин»**

№ групи	Характеристика групи стійкості (чутливості)	Стерильність пилку, %	
		$P_{комф} \pm m$	$P_{крит} \pm m$
1	<i>Високостійкі</i>	0,2±0,14	10,0±0,95
2	<i>Стійкі</i>	0,5±0,22	20,0±1,26
3	<i>Середньостійкі</i>	1,0±0,30	30,0±1,45
4	<i>Чутливі</i>	1,5±0,38	40,0±1,55
5	<i>Високочутливі</i>	2,0±0,44	50,0±1,58

#### 3.6.4. Оцінка токсико-мутагенного фону ґрунтів та водних джерел

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* *sepa* 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 насипають 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 ( $Na_2S_2O_5$ ) 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. 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: профази, метафази, анафази, телофази, 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 проміле:

$$MI = \frac{m}{n} \cdot 1000 ,$$

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.

### 3.6.5. 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  $A$  – відносна помилка;

1,385 – коефіцієнт при кількості вимірів більше 100.

Абсолютний розкид даних  $\alpha$  визначають за формулою:

$$\alpha = A \cdot \text{МЯ}.$$

Кінцевий результат мікроядерного тестування має такий вигляд: (МЯ  $\pm$   $\alpha$ ).

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 полутантів, 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 надсікання 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.

### 3.6.6. 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 вологості 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 здрібненого 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:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N}.$$

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 (ФЕ) 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:

$$\text{ФЕ} = \frac{M_o - M_x}{M_o} \cdot 100 ,$$

де  $M_o$  – маса рослин у посудині з контрольним ґрунтом (водою);

$M_x$  – маса рослин у посудині з досліджуваним ґрунтом (водою).

### **3.6.7. Методика розрахунку умовних показників ушкодження стану довкілля 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

$$\text{УПУ}_i = \frac{| \text{П}_{\text{реал}} - \text{П}_{\text{комф}} |}{| \text{П}_{\text{крит}} - \text{П}_{\text{комф}} |},$$

де  $\text{П}_{\text{комф}}$  і  $\text{П}_{\text{крит}}$  – експериментально встановлені значення біопараметра в комфортних та критичних умовах відповідно;

$\text{П}_{\text{реал}}$  – реальне значення біопараметра в досліджуваному варіанті.

Абсолютна різниця  $|\text{П}_{\text{крит}} - \text{П}_{\text{комф}}|$  дає уявлення про амплітуду зміни чисельного значення параметра під впливом шкідливих факторів навколишнього середовища. Визначаючи реальне значення біопараметра на досліджуваній території  $\text{П}_{\text{реал}}$  та, знаючи величини  $\text{П}_{\text{комф}}$  і  $\text{П}_{\text{крит}}$ , можна оцінити ступінь зміни параметра під впливом несприятливих факторів. Так, різниця  $|\text{П}_{\text{реал}} - \text{П}_{\text{комф}}|$  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 ушкоджень стану навколишнього середовища;

$P_{комф}$ ,  $P_{крит}$ ,  $P_{реал}$  – відповідно, комфортне, критичне і реальне значення  $i$ -го показника.

Значення умовних показників ушкодженості (УПУ та ІУПУ) 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  $P_{норм}$  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 <sub>комф</sub>	P <sub>крит</sub>	P <sub>норм</sub>
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 біоіндикторів	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 рослинні 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 стабілізуювальних 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».

### *3.7.1. 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 (УкрНДЛГА), розташований у місті Харкові. Національні центри організують збирання та синтез даних моніторингу за узгодженими методиками; гарантують якість зібраних даних, організують 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 ІСР 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 лісогосподарському 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. Агроєкологічний моніторинг***

Агроєкологічний 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.*

Агроекологічний моніторинг має бути комплексним, неперервним і системним.

*Комплексність* агроекологічного моніторингу передбачає одночасні спостереження за основними групами показників, що відображають особливості агроекосистем – 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 агроекологічному моніторингу виділяють дві взаємопов'язані інформаційні підсистеми – наукову і виробничу. Науковою базою є полігонний агроекологічний 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 агроекологічних 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.

Агроекологічний 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 обробки 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 задалегідь 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 ґрунтово-кліматичних характеристик регіону, можливостей забруднення агроecosystem викидами близько розташованих джерел забруднень (враховуються склад, обсяги і токсичність всіх інгредієнтів викидів), а також технології вирощування сільськогоспо-дарських 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 непорушеного ландшафту). Площа фонові 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 пожнивних 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 довкілля, 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, нітріти і нітрозаміни), 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.

### *3.9.1. Принципи соціоекологічного моніторингу*

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: **наукову і виробничу.**

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.*

### *3.9.2. 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.

Пояси 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>24</sup>

Практично не охопленими мережею спостережень державної системи моніторингу довкілля залишаються малі міста і численні населені 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, держрекоінспекціями (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 *імпактного* 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.

---

<sup>24</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.



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 організовувати 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.*

### *3.10.1. 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.

### *3.10.2. Доступ громадськості до екологічної інформації через Internet*

Якщо проаналізувати текст Орхуської конвенції<sup>25</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 залучання населення до участі в управлінні охороною навколишнього природного середовища, оскільки, тільки використовуючи повну та достовірну інформацію, надану у зручній формі, можна приймати правильні рішення.

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. 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

---

<sup>25</sup> Верховна Рада України ратифікувала Орхуську конвенцію 6 липня 1999 року.

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/).

Таблиця 3.10 – Вимоги Орхуської конвенції щодо надання інформації

<i>Статті Орхуської конвенції</i>	<b>Роль громадськості</b>	<i>Тип інформації, яка надається громадськості</i>
<i>Ст. 4 та 5</i>	<i>Доступ до екологічної інформації, збір та поширення екологічної інформації</i>	<i>Екологічна інформація</i>
<i>Ст. 6</i>	<i>Участь громадськості в прийнятті рішень щодо конкретних видів діяльності</i>	<i>Інформація для участі громадськості в процесі прийняття рішень</i>
<i>Ст. 7</i>	<i>Участь громадськості в питаннях розробки планів, програм і політичних документів, пов'язаних з навколишнім середовищем</i>	<i>Інформація для участі громадськості в процесі підготовки планів і програм, пов'язаних з довкіллям</i>
<i>Ст. 8</i>	<i>Участь громадськості в підготовці нормативних актів виконавчої влади і/або загальнообов'язкових юридичних актів</i>	<i>Інформація для участі громадськості в підготовці державними органами нормативних положень</i>
<i>Ст. 9</i>	<i>Доступ до правосуддя</i>	<i>Інформація про процедури, якщо особа чи громадськість незадоволені інформацією</i>

Інформація про стан довкілля в Україні доступна на сайті 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 (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 фонового моніторингу.*
2. *Що включає програма фонового моніторингу?*
3. *Які критерії відбору речовин і сполук для фонового моніторингу?*
4. *Які характеристики включаються у програму фонового моніторингу?*
5. *Що таке кліматичний моніторинг і які його завдання?*
6. *Вкажіть найбільш вагомі 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-зйомка?*
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 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-індикаторів.
8. Які особливості цитогенетичних методів біотестування?
9. Що є критерієм токсичності і мутагенності?
10. Як оцінити токсико-мутагенний фон ґрунтів та водних джерел?
11. Як оцінити мутагенність 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 агроєкологічного моніторингу.
7. В чому полягає комплексність, неперервність і системність агроєкологічного моніторингу?
8. Що є науковою базою і виробничою підсистемою агроєкологічного моніторингу?
9. Яким чином агроєкологічний моніторинг охоплює весь спектр систем землеробства?
10. Які завдання містить локальний агроєкологічний моніторинг?
11. Назвіть головні завдання суцільного агроєкологічного 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 3. ОСОБЛИВИ ВИДИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

*Як уже згадувалось (п. 1.2), у структурі державної системи моніторингу довкілля України виділяються три функціональних типи моніторингу: базовий (стандартний) моніторинг; кризовий (оперативний) моніторинг; науковий (фоновий) моніторинг.*

*Залежно від вирішуваних завдань можна говорити про такі специфічні види моніторингу, як абіотичний, біотичний, біологічний, геоекологічний (природно-господарський), агроекологічний, радіаційний, кліматичний та глобальний (біосферний).*

*В програму абіотичного моніторингу включають геофізичні та гідрометеорологічні спостереження, під час яких виконують вимірювання таких величин, як:*

- швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск, вологість і кількість атмосферних опадів;*
- інтенсивність сонячної радіації (прямої, розсіяної, сумарної), в тому числі ультрафіолетове випромінювання;*
- рівень і витрати води, температура води, витрати зважених наносів;*
- вологість і тепловий баланс ґрунтів.*

*Біотичний моніторинг відіграє також особливу роль у системі екологічного моніторингу – це моніторинг біологічної складової (біоти) екосистем. Моніторинг відгуків біоти на антропогенні забруднення і впливи з величинами, близькими до фонових, є складною і багато в чому новою задачею, яка до цього часу методично ще не повністю визначена. Програма біотичного моніторингу повинна включати:*

- оцінку поточного стану біоти (наприклад, повторення з деякою періодичністю визначень коефіцієнтів розмноження деяких видів та розмірів їх популяцій дає можливість визначати біологічну різноманітність в екосистемі відповідного рівня);*
- прогноз реакцій біоти (визначення залежності чутливості біоти до пріоритетних забруднювальних речовин);*
- контроль стану біоти польовими методами (визначення видового складу, приріст біомаси тощо).*

*Виконання цих трьох підпрограм має бути взаємопов'язаним. Перша підпрограма, як правило, зводиться до неперервної реєстрації змін коефіцієнта розмноження популяцій тестових видів. Розвиток тестових видів проводиться у вегетаційних камерах-екостатах з можливістю регулювання умов абіотичного середовища (температура, вологість, освітленість).*



Біологічний моніторинг – це, контроль стану навколишнього природного середовища за допомогою живих організмів. Біоіндикація і біотестування є головними методами біологічного моніторингу, які полягають в реєстрації будь-яких змін у біоті, викликаних антропогенними факторами. У біологічному моніторингу можуть бути використані не тільки біологічні, але й будь-які інші методи, наприклад, хімічний аналіз вмісту забруднювальних речовин у живих організмах тощо.

Геоєкологічний (природно-господарський) моніторинг забезпечує спостереження за природними екосистемами, агроєкосистемами, індустриальними екосистемами. У цьому випадку застосовують геофізичні, геохімічні, біохімічні, біологічні методи.

Радіоекологічний (радіологічний) моніторинг входить складовою частиною в систему базового моніторингу на всіх рівнях і напрямках. Базовий тип радіоекологічного моніторингу забезпечується мережею пунктів спостережень, що покриває всю територію України, включаючи служби радіаційного контролю на ядерних виробництвах.

Системи екологічного моніторингу, як правило, мають три рівні: глобальний, регіональний і локальний. Визначення, методичні підходи і практика моніторингу на різних рівнях децю відрізняються.

На локальному рівні - це реалізація такої стратегії, що дає можливість забезпечити нормативну якість довкілля.

На регіональному рівні підхід до моніторингу ґрунтується на тому, що забруднювальні речовини, потрапивши в кругообіг речовин у біосфері, змінюють стан абіотичної складової і, як наслідок, спричиняють зміни в біоті (екзогенні сукцесії). Будь-який господарський захід, проведений у масштабі регіону, позначається на регіональному фоні – змінюється стан рівноваги абіотичного й біотичного компонентів.

Цілі глобального моніторингу визначаються в процесі міжнародного співробітництва в рамках різних міжнародних програм, угод (конвенцій) і декларацій.

### **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 прями 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.

### 3.1.1. Головні задачі і напрями глобального моніторингу

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

8. Організація розширеної системи попереджень про загрозу здоров'ю.
9. Оцінювання глобального забруднення атмосфери і його впливу на зміни клімату.
10. Оцінювання кількості й розподіл забруднення біологічних систем і харчових ланцюгів.
11. Оцінювання критичних проблем, що виникають внаслідок сільськогосподарської діяльності й землекористування.
12. Оцінювання реакції наземних екосистем на вплив навколишнього середовища.
13. Оцінювання забруднення океану й вплив забруднень на морські екосистеми.
14. Створення вдосконаленої системи попереджень про стихійні лиха в міжнародному масштабі.

Сформульовані задач 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;
- 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 і їх сполук;

- забезпечення можливості порівняння методів спостережень та аналізу за зміною НПС в різних країнах;
- забезпечення на глобальному і регіональному рівнях інформацією, необхідною для прийняття управлінських рішень.

Фоновий моніторинг здійснюється з метою фіксації фонових 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:

9. У сфері глобального оцінювання деградації ґрунту складаються карти деградації, виділяються зони ризику, відмічаються зони спустелювання, досліджується стан пасовищ тощо;

10. Організовано систему моніторингу покриву тропічного лісу (в Азії і Латинській Америці).

11. У сфері моніторингу водних ресурсів організовано дослідження водного балансу, виділено різні гідрологічні регіони;

12. У сфері моніторингу фонових стану біосфери проводяться спостереження у 226 біосферних заповідниках 62 країн світу;

13. У сфері моніторингу можливих змін клімату проводяться спостереження за концентрацією CO<sub>2</sub>, мутністю атмосфери, озоносфери і льодовиків світу;

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

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

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

Моніторинг здійснюється на таких станціях:

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

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

б) 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.

### 3.1.2. Міжнародні програми системи глобального моніторингу

Практично з 1974 року функціонує глобальна мережа станцій фонових моніторингу, на яких постійно здійснюються спостереження за природними змінами в біосфері. Такі спостереження проводяться під координацією міжнародної програми з навколишнього середовища ЮНЕП (United Nation Environment Program – UNEP) і охоплюють всі типи екосистем: водні (морські і прісноводні) і наземні (лісові, степові, пустельні та гірські). Станції фонових моніторингу розташовуються на територіях біосферних заповідників (в Україні – Асканія-Нова, Чорноморському та національному природному парку Кара-Даг). Всі ці станції входять складовою частиною в мережу глобальної системи моніторингу.

З 1990 року здійснюється Міжнародна геосферно-біосферна програма (МГБП), завданням якої є вивчення Землі як цілісної природної системи. На

базі широкого використання ГІС/ДЗЗ-технологій проводяться дослідження в семи ключових напрямках:

1. Закономірності хімічних процесів у глобальній атмосфері та роль біологічних процесів у кругообігах малих газових компонент. В межах цього напрямку здійснюється аналіз впливу змін вмісту озону в стратосфері на проникнення на земну поверхню біологічно небезпечного ультрафіолетового випромінювання, а також оцінку впливу аерозолів на зміни глобального клімату тощо.

2. Вплив біогеохімічних процесів у світовому океані на клімат і навпаки. Проекти цього напрямку включають комплексні дослідження глобального газообміну між океаном та атмосферою, морським дном і границями континентів, розробку методик прогнозування реакцій біогеохімічних процесів в океані на антропогенні збурення в глобальному масштабі, вивчення евфотичної<sup>26</sup> зони Світового океану. Світовий океан функціонує як величезний резервуар біогенних елементів, що складають значну частину продуктивності біосфери. Для характеристики Світового Океану використовуються такі параметри, як біомаса фітопланктону, первинна продуктивність фітопланктону і концентрація хлорофілу „а”. Для досліджень використовується супутникова оптична апаратура типу сканерів, приладів для вимірювання флуоресценції тощо. Супутникові спостереження обов'язково супроводжуються контрольними буйковими і судновими маршрутними спостереженнями.

3. Вивчення прибережних екосистем і вплив на них змін у системах землекористування. В рамках цього напрямку вивчаються прибережні екосистеми в басейнах великих річок, озер і морів, а також взаємодії між прибережними екосистемами і системами землекористування. Важливим завданням є вивчення ролі лісів у формуванні біогеохімічних кругообігів, особливо їх вплив на формування опадів, на енергетичний баланс, клімат, а також їхню роль як джерела та стоку вуглекислого газу тощо.

4. Взаємодію рослинного покриву з фізичними процесами, відповідальними за формування глобального кругообігу води. Проводяться дослідження за програмою глобального експерименту з метою вивчення кругообігів енергії і води у доповнення до досліджень Всесвітньої програми досліджень клімату.

5. Вплив глобальних змін клімату на континентальні екосистеми. Розроблюються методики прогнозу впливу змін клімату, концентрації вуглекислого газу та систем землекористування на екосистеми, а також зворотних зв'язків; досліджуються глобальні зміни біологічного

---

<sup>26</sup> Евфотична зона океану – поверхневі води, в основному до глибини 50-100 м, населені фотосинтезуючими планктонними організмами, які мають потребу в сонячному світлі.

різноманіття. При вивченні біологічних процесів в наземних екосистемах ключова роль відводиться дослідженням специфіки енергетичного балансу в різноманітних екосистемах: пустелях, лісах, саванах, агро екосистемах різних рівнів тощо.

6. Палеоекологія, палеоекологічні зміни та їх наслідки. Проводяться дослідження з метою реконструкції історії змін клімату за період з 2000 року до нашої ери з часовим інтервалом 10 років.

7. Моделювання земної системи з метою прогнозування її еволюції. Формуються математичні моделі в глобальному масштабі, робляться кількісні оцінки взаємодії глобальних фізичних, хімічних і біологічних інтерактивних процесів у земній екосистемі протягом 100 тисяч років.

Одним з координаційних центрів програми МГБП є Сибірське відділення Академії наук Росії (міста Томськ і Новосибірськ), де з 2001 року проводяться щорічні міжнародні конференції ENVIROMIS та CITES.

В рамках МГБП вивчаються біогеофізичні кругообіги вуглецю, азоту, фосфору і сірки, які визначаються як природними, так і антропогенними факторами. Останні особливо суттєві для вуглецю. Складність вивчення всіх цих кругообігів обумовлена невизначеностями, пов'язаними з внеском континентальної біомаси (зміни внаслідок вирубки лісів, змінами сумарної продуктивності екосистем) і варіаціями кругообігів інших компонент.

З 1995 року реалізується міжнародна програма Environmental Observance System (EOS), яка розрахована на 15 років, має між науковий характер і працює на основі даних спостережень з трьох супутників, що обслуговуються орбітальною системою. Комплект апаратури складається майже із 40 приладів: відео спектрометри, радіометри, лідарні зонди, радіовисотоміри та ін. EOS планується як всеохоплююча інформаційна система, аналіз даних якої дозволить зрозуміти принципи функціонування Землі як єдиного природного комплексу „атмосфера-гідросфера-кріосфера-біосфера”, а також визначити межі його можливих змін та оцінити напрямки майбутньої еволюції. Гігантський об'єм спостережень з супутників вимагає розробки і впровадження потужних систем обробки, аналізу, архівації та збереження даних.

Завдання глобальної системи моніторингу навколишнього природного середовища є багатокритеріальними. Однією з найважливіших задач вважається визначення величини допустимого впливу на Землю, зокрема на біосферу Землі. Допустимими вважаються такі впливи, які не призводять до погіршення стану біосфери по жодному з вибраних параметрів.

Глобальні процеси є об'єктом пильної уваги індустриально 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 з 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:

- 4) незначних змін, що повсюдно виявляються, наприклад, глобальних змін клімату внаслідок забруднення атмосфери;
- 5) ефектів, пов'язаних з поширенням ЗР на великі відстані;
- 6) 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:

- 7) інформація про джерела забруднення (з урахуванням регіонів);
- 8) характеристика ЗР (токсичність, здатність до осадження і т. д.);
- 9) гідрометеорологічні дані;
- 10) результати попередніх спостережень за станом середовища;
- 11) дані про рівні забруднення природних середовищ у суміжних країнах;

12) 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 фонових 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 фонових 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 фонових 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 фонових моніторингу поділяється на біотичну й абіотичну частини. Спостереження за гідрометеорологічними факторами віднесені до абіотичної частини фонових 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 довкіллі;
- 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 – 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.

Програми спостережень формують на основі вибору пріоритетних забруднювальних речовин та інтегральних характеристик за певною системою критеріїв. Процес пріоритизації забруднювальних речовин для фонового моніторингу було здійснено за методом експертних оцінок (метод Делфі) в 70-ті роки 20-го століття (табл. 3.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація забруднювальних речовин за класами пріоритетності (Ізраель, 1984)

Клас	Забруднювальна речовина	Середовище (компонент)	Рівень моніторингу
I	Діоксид сірки, завислі речовини Радіонукліди	Повітря Їжа	I, P, Ф I, P
II	Озон Хлорорганічні сполуки, діоксини Кадмій	Повітря Біота, людина Вода, їжа, людина	I(троп.), Ф(страт.) I, P I
III	Нітрати, нітрити	Вода, їжа	I
IV	<b>Оксиди азоту</b>  <b>Ртуть</b> Свинець	<b>Повітря</b> <b>Вода, їжа</b> Повітря, їжа	I I, P I
V	Діоксид вуглецю Оксид вуглецю Вуглеводні нафти	<b>Повітря</b> <b>Повітря</b> Морська вода	Ф I P, Ф
VI	Фториди	Прісна вода	I
VII	Азбест Миш'як	Повітря Питна вода	I I
VIII	Мікробіологічне забруднення Реакціездатні ЗР	Їжа Повітря	I, P I

I – імпактний рівень, P – регіональний рівень, Ф – фоновий моніторинг

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 3.2.

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.

**Таблиця 3.2 – Перелік хімічних речовин, які підлягають вивченню на фонових станціях і у біосферних заповідниках (Ізраель, 1984)**

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 та ін.)	+	+	+	+	+
Важкі метали (Pb, Hg, Cd..)	+	+	+	+	+
Двоокис вуглецю	+				
Фреони	+				
Біогенні елементи		+	+	+	+
Аніони і катіони.		+			
Радіонукліди		+			

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).

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:

7. Збирання даних про стан кліматичної системи;
8. Аналіз і оцінювання природних та антропогенних змін і коливань клімату (включаючи порівняння клімату минулого з теперішнім);
9. Зміна стану кліматичної системи взагалі;
10. Виділення антропогенних ефектів в змінах клімату;
11. Виявлення природних та антропогенних факторів, що впливають на зміну клімату;
12. 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:

5. Вимірювання основних метеорологічних параметрів, вивчення та аналіз атмосферних явищ і процесів, які характеризують зміни погоди;

6. Моніторинг стану кліматичної системи (реакція кліматичної системи та її елементів на будь-які природні та антропогенні зміни);
7. Моніторинг внутрішніх та зовнішніх факторів (особливо антропогенних факторів), які впливають на клімат; моніторинг джерел цих забруднень;
8. Моніторинг можливих фізичних і екологічних змін в НС в результаті кліматичних змін і коливань.

### 3.3.1. 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 телез'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  $0,5^{\circ}$ - $1,0^{\circ}$ 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 особливу увагу необхідно приділити спостереженням за вмістом і змінами концентрацій  $\text{CO}_2$  в атмосфері, за процесами обміну  $\text{CO}_2$  з океаном та наземною біотою. Збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  в атмосфері, вивченню балансу вуглецю в біосфері, обміну  $\text{CO}_2$  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.

### 3.3.2. 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.

Найвагомішими 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.

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.

### 3.3.3. 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 сільськогосподарських 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 аерозолі 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 науково-дослідному 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:

6. Розробка методів відбору проб повітря і води, вимірювання питомих  $\alpha$ -,  $\beta$ - та  $\gamma$ -активностей та процедур відповідного оцінювання доз;
7. Розробка методів гама-спектрометрії та відповідного оцінювання доз;

8. 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 загально визнаної методики, яка б задовольняла всі вимоги після аварійного радіаційного моніторингу. Зокрема, немає техніки, яка б дозволяла проводити роздільні вимірювання хімічних норм радіоіоду. 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  $1\text{мЗв/год}^{27}$ .

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  $^{137}\text{Cs}$  пов'язано із вживанням молока.

Дози довготривалого опромінення населення за рахунок  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  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.

#### 3.4.1. Особливості система радіоекологічного моніторингу «ГАММА»

---

<sup>14</sup>Одиниці еквівалентної дози – зіверт:  $1\text{Зв} = 1\text{Дж/кг}$ ;  $1\text{Зв} = 100\text{бер}$ ; Одиниці поглинутої дози:  $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$ ;  $1\text{рад} = 10^{-2}\text{Гр}$ ; Одиниці експозиційної дози:  $1\text{Кл/кг}$ ; позасистемна одиниця – рентген:  $1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}\text{Кл/кг}$ . Доза в 1 Р відповідає утворенню  $2,08 \cdot 10^9$  пар іонів в  $1\text{см}^3$  повітря при  $0^\circ\text{C}$  та  $760\text{мм рт. ст.}$

*В Україні в рамках технічної допомоги Європейського Союзу «TACIS» 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 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:*

- 4. Спостереження і контроль за станом забрудненої радіонуклідами зони, її окремих, особливо небезпечних частин, і заходами щодо зниження їхньої небезпеки;*
- 5. Спостереження за станом об'єктів природного середовища за тими самими параметрами, що характеризують радіоекологічну ситуацію як у забрудненій зоні, так і за її межами;*
- 6. Виявлення тенденцій зміни стану природного середовища в зв'язку з функціонуванням екологічно небезпечних об'єктів і при реалізації заходів, що проводяться на забруднених територіях;*
- 9. Виявлення тенденцій зміни стану здоров'я населення, що проживає на забруднених радіонуклідами територіях;*
- 10. Інформаційне забезпечення прогнозування радіоекологічної ситуації в забрудненій зоні й в Україні в цілому.*

*Радіоекологічний моніторинг здійснюється за такими напрямками:*

- 7. 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;*
- 8. Моніторинг поверхневих і підземних водних систем;*
- 9. Моніторинг природоохоронних заходів і споруд;*
- 10. 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;*
- 11. Моніторинг агробіоценозів і агроландшафтів;*
- 12. 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.*

#### **3.4.2. 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 довкілля, 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.

#### **3.5.1. Проведення біоіндикації 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 фітотоксичної концентрації однієї 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, пероксиацетилнітрат (ПАН) і оксиди азоту ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  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, сріблистими чи бронзовими.

Оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ). Для сильного ушкодження рослини оксидами азоту необхідна більш висока концентрація  $\text{NO}_x$ ; часто його вмісту у повітрі не досить для гострого ушкодження. Низькі концентрації  $\text{NO}_x$  навіть стимулюють зростання рослин, а їхня зелень стає більш темною.

Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) потрапляє в рослину й окислюється до високотоксичного сульфіту  $\text{SO}_3$ , а потім повільно – в менш токсичний сульфат  $\text{SO}_4$ . У результаті дії  $\text{SO}_2$  на широколистові рослини їхні листки знебарвлюються між жилками (ефект «ялинки»).

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 ушкодженні 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 рН 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.

Таблиця 3.2 – Ушкодження рослин від різних шкідливих речовин

<i><b>ЗР</b></i>	<i><b>Ушкодження</b></i>	<i><b>Рослина-індикатор</b></i>
<i>O<sub>3</sub></i>	<i>Плями металевого кольору; рудувато-білі плями; жовто-червоні кінчики голок; хлороз</i>	<i>Шпинат, картопля, тютюн, виноград, огірок, цибуля, хвойні, ясен, квасоля, іпомея</i>
<i>ПАН</i>	<i>Водянисті, потім глясові, сріблясті, бронзові плями; хлоротичні смуги на листах</i>	<i>Салат, квасоля, петунія, злакові, узколистні трави</i>
<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>Уповільнення росту і нагромадження сухої речовини. Знебарвлення країв листів</i>	<i>Молоді томати, барвінок</i>
<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>Біфасціальне знебарвлення між жилками, ефект «ялинки»</i>	<i>Ожина, малина, виноград, овес, конюшина, береза вишнева, ясен американський, ревінь, капуста, шпинат, тютюн, яблуна, персик</i>
<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i>	<i>Червоно-бурий колір, хлороз</i>	<i>Сосна, ялина</i>
<i>NO<sub>2</sub> + SO<sub>2</sub></i>	<i>Зниження врожайності злаків і пасовищних трав</i>	<i>Овес, соєві боби, тютюн</i>
<i>O<sub>3</sub> + SO<sub>2</sub></i>	<i>Хлороз</i>	<i>Люцерна, капуста, квасоля, соя, шпинат, тютюн, томати</i>
<i>Фториди</i>	<i>Хлороз уздовж жилок або листів; гострий некроз по краях листів і деформація; обпалені верхівки</i>	<i>Гладіолус, тюльпан, ірис, лілія, хвойні</i>
<i>NH<sub>3</sub></i>	<i>Тьмяно-зелені, бурі, чорні листи, глянець на нижній стороні листа</i>	<i>Яблуна</i>
<i>B</i>	<i>Крайовий і міжжилавий некроз, плямистість листів, чашоподібна форма і деформація листів</i>	<i>Горіх сірий, жимолость, клен, шовковиця, дикий виноград</i>
<i>Cl<sub>2</sub></i>	<i>Знебарвлення листів по краях від чорного до білого, міжжилавий некроз (SO<sub>2</sub>), цяточки (O<sub>3</sub>)</i>	<i>Гірчиця, соняшник Хвойні</i>
<i>Етилен, пропилен</i>	<i>Сповільнює зростання; погіршення цвітіння, плодоносіння, «скручує» листи</i>	<i>Орхідеї, томати, хризантеми (у теплицях)</i>
<i>HCl</i>	<i>Міжжилавий і крайовий хлороз, некроз</i>	<i>Слива</i>



*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 виплавлянні 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг Рb. Гумусовий шар ґрунту добре адсорбує Рb, який потім накопичується в ґрунті і локалізується в пухирцях диктиосом, 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 смістю поглинання, значним вмістом гумусу, високим показником рН.*

*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 Рb 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 Рb.*

Для біоіндикації можна вибрати недовговічні трав'янисті чи деревинні рослини і висадити їх на потрібних ділянках. Дерева 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 – О<sub>3</sub>).

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

<b>Оцінка ушкодження (зернистість або опік)</b>	<b>Індекс ступеня ушкодження</b>	<b>Кількість ушкоджених листів, %</b>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Немає</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Слабке</i>	<i>1</i>	<i>1-25</i>
<i>Помірне</i>	<i>2</i>	<i>26-50</i>
<i>Помірно-сильне</i>	<i>3</i>	<i>51-75</i>
<i>Сильне</i>	<i>4</i>	<i>76-99</i>
<i>Повне</i>	<i>5</i>	<i>100</i>

Для хвойних рослин характеристикою відповідної реакції є: довжина хвої, колір, форма, вік хвої, кількість ушкоджених хвоїнок на гілці (у %).

Таблиця 3.4 – Оцінка реакції первинних листків

<b>Дні від висіву</b>	<b>Індекс ступеня ушкодження</b>	<b>Кількість ушкоджених листків, %</b>
<i>7</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>11</i>	<i>1</i>	<i>15</i>
<i>15</i>	<i>2</i>	<i>40 (+25)</i>
<i>20</i>	<i>4</i>	<i>80 (+40)</i>

*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<sub>2</sub>. 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.*

### **3.5.2. 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>28</sup> (*Bombux mori* L.), ракоподібних (*Daphnia magna* L.)<sup>29</sup>. Гусениці-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 кожену 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 загинлих 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 цитогенетичними показниками біоіндикаторів, а також дозволяють оцінити екологічний і генетичний ризики для біоти та людини.

**Методи визначення рівнів токсико-мутагенної активності об'єктів**

---

<sup>28</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>29</sup> ДСТУ 4173-2003 (Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996))

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 дослідях порівняно з контролем за:

- 48 годин – у *Allium cepa* L.;
- 72 години – в *Raparus 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 (грунтів), 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.

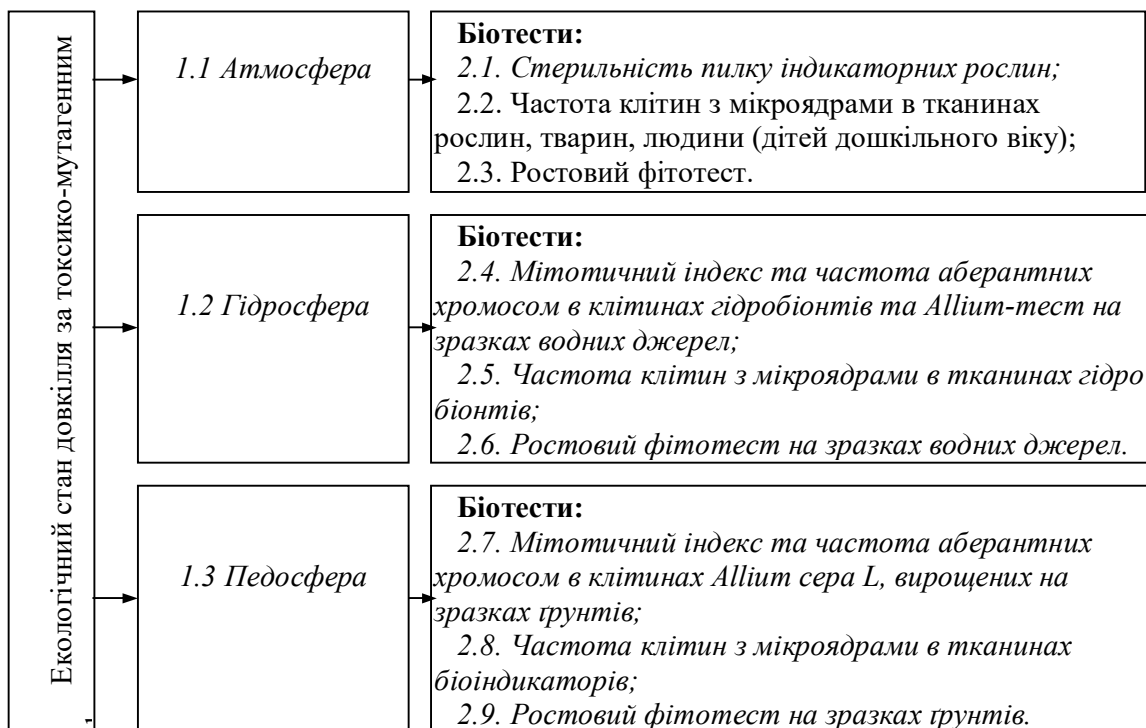


Рисунок 3.5 – Структурна схема еколого-гігієнічного моніторингу об'єктів довкілля

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.

### 3.6.1. 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.

### *3.6.2. Відбір проб 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.

### *3.6.3. Оцінка токсико-мутагенного фону атмосферного повітря*

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-коричневі 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 7×20 чи 7×40) 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  $3 \cdot m < M$ , 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 ( $P_{комф}$ ), і різними рівнями ушкодження гамет в критичних умовах ( $P_{крит}$ ), 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 $i$
Латинська назва	Україномовна назва	
1	2	3
<i>Linaria vulgaris Mill.</i>	Льонок звичайний	1
<i>Catalpa ovata G. Don fil.</i>	Катальпа яйцевиднолиста	1
<i>Calendula officinalis L.</i>	Нагідки лікарські	1
<i>Convolvulus arvensis L.</i>	Березка польова	1
<i>Helianthus annuus L.</i>	Соняшник однорічний	1
<i>Heracleum sibiricum L.</i>	Борщівник сибірський	1
<i>Zinnia elegans Jacq.</i>	Майорці стрункі	1
<i>Geranium molle L.</i>	Герань м'яка	1
<i>Tagetes patula L.</i>	Чорнобривці розлогі	1
<i>Syringa vulgaris L.</i>	Бузок звичайний	2
<i>Betula pendula Roth.</i>	Береза повисла	2
<i>Taraxacum officinale Webb. exWigg.</i>	Кульбаба лікарська	2
<i>Campanula patula L.</i>	Дзвоники розлогі	2
<i>Matricaria perforata Merat</i>	Ромашка продірявлена	2
<i>Saponaria officinalis L.</i>	Мильнянка лікарська	2

<i>Barbarea vulgaris R. Br.</i>	<i>Суріниця звичайна</i>	2
<i>Barbarea arcuata Reichenb.</i>	<i>Суріниця дуговидна</i>	2
<i>Malva pusilla Smith.</i>	<i>Калачики маленькі</i>	2
<i>Chelidonium majus L.</i>	<i>Чистотіл великий</i>	2
<i>Cichorium intybus L.</i>	<i>Цикорій дикий</i>	2
<i>Centaurea cyanus L.</i>	<i>Волошка синя</i>	2
<i>Melilotus albus Medik.</i>	<i>Буркун білий</i>	2
<i>Solanum nigrum L.</i>	<i>Паслін чорний</i>	2
<i>Vicia cracca L.</i>	<i>Горошок мишачий</i>	2
<i>Hyoscyamus niger L.</i>	<i>Блекота чорна</i>	2
<i>Achillea submillefolium Klok.et Krytzka</i>	<i>Деревій майже звичайний</i>	2
<i>Mentha arvensis L.</i>	<i>М'ята польова</i>	2
<i>Sinapis arvensis L.</i>	<i>Гірчиця польова</i>	2
<i>Echium vulgare L.</i>	<i>Синяк звичайний</i>	2
<i>Silene vulgaris (Moench)</i>	<i>Смілка звичайна</i>	2
<i>Lathyrus pratensis L.</i>	<i>Чина лучна</i>	2
<i>Tanacetum vulgare L.</i>	<i>Пижмо звичайне</i>	2
<i>Chenopodium album L.</i>	<i>Лобода біла</i>	3
<i>Plantago lanceolata L.</i>	<i>Подорожник ланцетолистий</i>	3
<i>Antirrhinum majus L.</i>	<i>Ротики садові</i>	3
<i>Potentilla reptans L.</i>	<i>Перстач повзучий</i>	3
<i>Medicago sativa L.</i>	<i>Люцерна посівна</i>	3
<i>Medicago lupulina L.</i>	<i>Люцерна хмелевидна</i>	3
<i>Berteroa incana (L.) DC.</i>	<i>Гикавка сіра</i>	3
<i>Daucus carota L.</i>	<i>Морква дика</i>	3
<i>Castanea vulgaris Lam.</i>	<i>Каштан кінський</i>	3
<i>Consolida regalis S.F.Gray</i>	<i>Сокирки польові</i>	3
<i>Melilotus officinalis (L.) Pall.</i>	<i>Буркун лікарський</i>	3
<i>Verbascum phlomoides L.</i>	<i>Дивина лікарська</i>	3
<i>Crepis tectorum L.</i>	<i>Скереда покрівельна</i>	3
<i>Trifolium pratense L.</i>	<i>Конюшина лугова</i>	3
<i>Lotus arvensis Pers.</i>	<i>Лядвенець польовий</i>	4
<i>Trifolium repens L.</i>	<i>Конюшина повзуча</i>	4
<i>Papaver rhoeas L.</i>	<i>Мак дикий</i>	4
<i>Reseda lutea L.</i>	<i>Резеда жовта</i>	4
<i>Petunia hybrida hort.</i>	<i>Петунія гібридна</i>	4
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	<i>Біла акація</i>	5

<i>Elytrigia repens L.</i>	<i>Пирій повзучий</i>	5
<i>Iris pallida Lam.</i>	<i>Півники бліді</i>	5

**Таблиця 3.6 – Характеристика фітоіндикаторів різних груп стійкості за тестом «Стерильність пилку індикаторних рослин»**

№ групи	Характеристика групи стійкості (чутливості)	Стерильність пилку, %	
		$P_{комф} \pm m$	$P_{крит} \pm m$
1	<i>Високостійкі</i>	0,2±0,14	10,0±0,95
2	<i>Стійкі</i>	0,5±0,22	20,0±1,26
3	<i>Середньостійкі</i>	1,0±0,30	30,0±1,45
4	<i>Чутливі</i>	1,5±0,38	40,0±1,55
5	<i>Високочутливі</i>	2,0±0,44	50,0±1,58

#### 3.6.4. Оцінка токсико-мутагенного фону ґрунтів та водних джерел

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* *sepa* 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 насипають 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 ( $Na_2S_2O_5$ ) 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. 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: профази, метафази, анафази, телофази, 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 проміле:

$$MI = \frac{m}{n} \cdot 1000 ,$$

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.

### 3.6.5. 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  $A$  – відносна помилка;

1,385 – коефіцієнт при кількості вимірів більше 100.

Абсолютний розкид даних  $\alpha$  визначають за формулою:

$$\alpha = A \cdot \text{МЯ}.$$

Кінцевий результат мікроядерного тестування має такий вигляд: (МЯ  $\pm$   $\alpha$ ).

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 полутантів, 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 надсікання 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.

### 3.6.6. 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 вологості 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 здрібненого 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:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N}.$$



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 (ФЕ) 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:

$$\text{ФЕ} = \frac{M_o - M_x}{M_o} \cdot 100 ,$$

де  $M_o$  – маса рослин у посудині з контрольним ґрунтом (водою);

$M_x$  – маса рослин у посудині з досліджуваним ґрунтом (водою).

### **3.6.7. Методика розрахунку умовних показників ушкодження стану довкілля 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

$$\text{УПУ}_i = \frac{|\text{П}_{\text{реал}} - \text{П}_{\text{комф}}|}{|\text{П}_{\text{крит}} - \text{П}_{\text{комф}}|},$$

де  $\text{П}_{\text{комф}}$  і  $\text{П}_{\text{крит}}$  – експериментально встановлені значення біопараметра в комфортних та критичних умовах відповідно;

$\text{П}_{\text{реал}}$  – реальне значення біопараметра в досліджуваному варіанті.

Абсолютна різниця  $|\text{П}_{\text{крит}} - \text{П}_{\text{комф}}|$  дає уявлення про амплітуду зміни чисельного значення параметра під впливом шкідливих факторів навколишнього середовища. Визначаючи реальне значення біопараметра на досліджуваній території  $\text{П}_{\text{реал}}$  та, знаючи величини  $\text{П}_{\text{комф}}$  і  $\text{П}_{\text{крит}}$ , можна оцінити ступінь зміни параметра під впливом несприятливих факторів. Так, різниця  $|\text{П}_{\text{реал}} - \text{П}_{\text{комф}}|$  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 ушкоджень стану навколишнього середовища;

$P_{комф}$ ,  $P_{крит}$ ,  $P_{реал}$  – відповідно, комфортне, критичне і реальне значення  $i$ -го показника.

Значення умовних показників ушкодженості (УПУ та ІУПУ) 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  $P_{норм}$  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 <sub>комф</sub>	P <sub>крит</sub>	P <sub>норм</sub>
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 біоіндикторів	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 стабілізуювальних 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».

### *3.7.1. 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 (УкрНДЛГА), розташований у місті Харкові. Національні центри організують збирання та синтез даних моніторингу за узгодженими методиками; гарантують якість зібраних даних, організують 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 лісогосподарському 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 агроекологічного 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.*

Агроекологічний моніторинг має бути комплексним, неперервним і системним.

*Комплексність* агроекологічного моніторингу передбачає одночасні спостереження за основними групами показників, що відображають особливості агроекосистем – 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 агроекологічному моніторингу виділяють дві взаємопов'язані інформаційні підсистеми – наукову і виробничу. Науковою базою є полігонний агроекологічний 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 агроекологічних 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.

Агроекологічний 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 обробки 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 задалегідь 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 ґрунтово-кліматичних характеристик регіону, можливостей забруднення агроecosystem викидами близько розташованих джерел забруднень (враховуються склад, обсяги і токсичність всіх інгредієнтів викидів), а також технології вирощування сільськогоспо-дарських 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 непорушеного ландшафту). Площа фонові 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 агроекосистеми 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 довкілля, 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, нітріти і нітрозаміни), 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 агроєкосистем.

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.

### *3.9.1. Принципи соціоекологічного моніторингу*

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;

5. 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;

6. Системність досліджень – одночасне і послідовне дослідження всіх компонентів екосистеми: повітря-вода-грунт-рослина-тварина-людина;

7. Достовірність досліджень – передбачає точність просторового варіювання і супроводжується оцінюванням достовірності відмінностей;

8. Одночасність спостережень за системою об'єктів, розташованих в різних природних зонах.

Соціально-екологічний моніторинг має дві взаємопов'язані інформаційною базою підсистеми: **наукову і виробничу.**

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.*

### *3.9.2. 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.

Пояси 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>30</sup>

Практично не охопленими мережею спостережень державної системи моніторингу довкілля залишаються малі міста і численні населені 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, держрекоінспекціями (ДЕР) 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 *імпактного* 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.

---

<sup>30</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.

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 організовувати 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:

*6. Створення альтернативного інформаційного каналу для підвищення оперативності екологічного контролю;*

*7. Підвищення ефективності оповіщення населення про небезпечні події і надзвичайні ситуації;*

*8. Спостереження за об'єктами, що не включені в програми моніторингу державних природоохоронних служб;*

*9. Загострення уваги на проблемах, що раніше з різних причин не були позначені;*

*10. Розвиток екологічної освіти і формування екологічної свідомості.*

### *3.10.1. 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.

### *3.10.2. Доступ громадськості до екологічної інформації через Internet*

Якщо проаналізувати текст Орхуської конвенції<sup>31</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 залучання населення до участі в управлінні охороною навколишнього природного середовища, оскільки, тільки використовуючи повну та достовірну інформацію, надану у зручній формі, можна приймати правильні рішення.

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. 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

---

<sup>31</sup> Верховна Рада України ратифікувала Орхуську конвенцію 6 липня 1999 року.

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/).

Таблиця 3.10 – Вимоги Орхуської конвенції щодо надання інформації

<i>Статті Орхуської конвенції</i>	<b>Роль громадськості</b>	<i>Тип інформації, яка надається громадськості</i>
<i>Ст. 4 та 5</i>	<i>Доступ до екологічної інформації, збір та поширення екологічної інформації</i>	<i>Екологічна інформація</i>
<i>Ст. 6</i>	<i>Участь громадськості в прийнятті рішень щодо конкретних видів діяльності</i>	<i>Інформація для участі громадськості в процесі прийняття рішень</i>
<i>Ст. 7</i>	<i>Участь громадськості в питаннях розробки планів, програм і політичних документів, пов'язаних з навколишнім середовищем</i>	<i>Інформація для участі громадськості в процесі підготовки планів і програм, пов'язаних з довкіллям</i>
<i>Ст. 8</i>	<i>Участь громадськості в підготовці нормативних актів виконавчої влади і/або загальнообов'язкових юридичних актів</i>	<i>Інформація для участі громадськості в підготовці державними органами нормативних положень</i>
<i>Ст. 9</i>	<i>Доступ до правосуддя</i>	<i>Інформація про процедури, якщо особа чи громадськість незадоволені інформацією</i>

Інформація про стан довкілля в Україні доступна на сайті 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 (деякі з них подані у підрозділі «Рекомендовані інформаційні Інтернет-ресурси»).

### **Питання до семінарських занять**

#### **Семінар № 7**

11. Коли і де було прийнято рішення про створення глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМоНС)?
12. Сформулюйте сім основних задач програми ГСМоНС.
13. Назвіть головні цілі функціонування ГСМоНС.

14. За якими принципами формуються програми спостережень ГСМОНС?
15. Які основні результати отримані в рамках ГСМОНС?
16. На яких станціях здійснюється глобальний моніторинг?
17. За якими програмами проводять спостереження в ГСМОНС?
18. Охарактеризуйте програму Environmental Observance System (EOS).
19. Вкажіть основні напрямки глобального моніторингу.
20. Які пріоритетні фактори враховують при організації ГСМОНС?

### **Семінар № 8**

11. Назвіть особливості організації фонових моніторингу.
12. Що включає програма фонових моніторингу?
13. Які критерії відбору речовин і сполук для фонових моніторингу?
14. Які характеристики включаються у програму фонових моніторингу?
15. Що таке кліматичний моніторинг і які його завдання?
16. Вкажіть найбільш вагомими антропогенні причини змін клімату.
17. Які розділи включає в себе кліматичний моніторинг? Дайте їх аналіз.
18. Вкажіть головні підсистеми і завдання Всесвітньої служби погоди (ВСП) і Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО).
19. Яким чином проводиться вибір величин та їх пріоритетності при організації кліматичного моніторингу?
20. Перерахуйте особливості супутникового кліматичного моніторингу.

### **Семінар № 9**

11. Що називають радіаційним моніторингом? Назвіть джерела і фактори радіоактивного забруднення.
12. Які головні задачі ставлять при створенні комплексного радіоекологічного моніторингу? Назвіть основні одиниці радіаційних доз і випромінювань.
13. Що є основним джерелом ефективної колективної дози для більшості населення України?
14. Що включають в себе методи радіоекологічного моніторингу?
15. Які завдання має система радіоекологічного моніторингу «ГАММА»?
16. Що входить до складу системи «ГАММА»?
17. Перерахуйте головні завдання радіоекологічного моніторингу.
18. Які основні напрями здійснення радіоекологічного моніторингу?
19. Які особливості радіоекологічного моніторингу сільськогосподарських територій? Що таке гамма-зйомка?
20. Яка послідовність відбору проб ґрунту з метою оцінювання поверхневого радіоактивного забруднення?

### **Семінар № 10**

14. Назвіть особливості та основні принципи проведення біотичного моніторингу. В яких випадках доцільно використовувати методи біоіндикації?
15. Дайте характеристику основних ЗР, що діють на рослину через повітря.
16. Які важкі метали найчастіше і яким чином потрапляють в рослини?
17. Який негативний вплив ВМ на рослини? Які рослини є найкращими біоіндикаторами ВМ?
18. Вкажіть основні види ушкоджень рослин від ЗР.
19. Проаналізуйте способи одержання кількісних характеристик стану повітря через реакцію рослини на забруднення.
20. Охарактеризуйте основні принципи проведення біоіндикації за допомогою тварин-індикаторів.
21. Які особливості цитогенетичних методів біотестування?
22. Що є критерієм токсичності і мутагенності?
23. Як оцінити токсико-мутагенний фон ґрунтів та водних джерел?
24. Як оцінити мутагенність території за «Мікроядерним тестом».
25. Охарактеризуйте методіку оцінювання токсичності об'єктів довкілля за допомогою «Ростового фітотесту».
26. Охарактеризуйте методіку розрахунку умовних показників ушкодження стану навколишнього середовища за токсико-мутагенним фоном.

### **Семінар № 11**

17. Поясніть роль лісових екосистем в стабілізації біосферних процесів.
18. Які основні завдання міжнародної програми ICP Forest? Де на території України розташовано національний центр ICP Forest?
19. Охарактеризуйте рівні інтенсивності загальноєвропейського моніторингу лісів?
20. За якими критеріями оцінюється придатність ділянки лісу для моніторингових робіт?
21. Яким чином відбувається винесення точок в природу при формуванні в лісі моніторингової ділянки?
22. Визначте головні завдання агроекологічного моніторингу.
23. В чому полягає комплексність, неперервність і системність агроекологічного моніторингу?
24. Що є науковою базою і виробничою підсистемою агроекологічного моніторингу?
25. Яким чином агроекологічний моніторинг охоплює весь спектр систем землеробства?
26. Які завдання містить локальний агроекологічний моніторинг?
27. Назвіть головні завдання суцільного агроекологічного моніторингу.



28. *Що передбачає програма агроекологічного моніторингу?*
29. *Як диференціюють показники агроекологічного моніторингу?*
30. *Які основні принципи програми спостережень за накопиченням рослинами токсичних сполук і якістю рослинної продукції?*
31. *Що відносять до об'єктів агроекологічного моніторингу?*
32. *Які цілі мікробіологічних досліджень в рамках агроекологічного моніторингу?*

### **Семінар №12**

13. *Назвіть головні об'єкти соціально-екологічного моніторингу.*
14. *Які принципи соціоекологічного моніторингу?*
15. *Назвіть особливості наукової і виробничої підсистем соціоекологічного моніторингу.*
16. *Які функції виконує соціально-екологічний моніторинг?*
17. *Назвіть особливості соціально-екологічного моніторингу населених пунктів (НП). Чим визначається сучасна соціальна структура НП?*
18. *Які вимоги до методів оцінювання соціоекологічних показників НП?*
19. *Які вимоги до екологічних показників сільських НП?*
20. *Дайте характеристику методам оцінювання екологічних показників сільських НП.*
21. *Вкажіть особливості громадського екологічного моніторингу.*
22. *Визначте можливості та потребу участі громадськості в системі екологічного моніторингу.*
23. *Назвіть основні функції громадського екологічного моніторингу.*
24. *Охарактеризуйте можливості доступу громадськості до екологічної інформації через Internet.*

## **Розділ 5. Методи і засоби моніторингових досліджень**

### **5.1 Метрологічні засади організації спостережень за параметрами довкілля<sup>32</sup>**

**Метрологія** (від грецьких слів *μετρον* – міра, *λογος* – наука) – це наука про вимірювання. Одним з головних завдань метрології є забезпечення єдності вимірювань шляхом використання єдиних, узаконених (стандартизованих), одиниць вимірювання і встановлення допустимих похибок результатів вимірювання.

*Відповідно до визначення, вимірювання (згідно ДСТУ 2681-94) – це знаходження значень вимірюваних величин експериментальним шляхом та обчислення за допомогою спеціальних технічних засобів. Числовим значенням вимірюваної величини є число, яке виражає відношення цієї величини до одиниці вимірювання.*

Одиницею вимірювання називають значення вимірюваної величини, прийняте за одиницю. Предметом вимірювання є вимірювана величина (ВВ) – властивість, загальна в якісному відношенні множині об'єктів і індивідуальна в кількісному відношенні у кожного з них.

Сукупність ВВ, зв'язаних між собою деякими залежностями, утворює систему ВВ. Об'єктивно ці залежності представляють за допомогою незалежних рівнянь, число яких ( $m$ ) завжди менше числа величин ( $n$ ). Тому  $m$  величин даної системи визначають через інші величини, а  $n-m$  величин – незалежно від інших. Останні величини називають основними ВВ, а інші – похідними ВВ.

Одиницею фізичної величини називається конкретна фізична величина, якій за визначенням надано числове значення, що дорівнює одиниці.

В міжнародній системі одиниць SI в якості основних обрано сім величин і відповідних їм одиниць. До них належать: довжина (метр – м), маса (кілограм – кг), час (секунда – с), сила електричного струму (ампер – А), температура (кельвін – К), сила світла (кандела – К), кількість речовини (моль). Окрім цього, у систему включені ще дві додаткові величини: плоский кут (радіан) і тілесний кут (стерадіан), а також 111 похідних величин.

Система SI пред'являє ряд вимог до запису значень ВВ. Так, скорочені назви одиниць ВВ, встановлених на честь визначних вчених, прийнято писати з прописної букви, а повні назви цих одиниць записуються малими літерами, наприклад, 1 кельвін і 1 К; 1 ньютон і 1 Н і т.д. Похідні величини, кратні  $10^6$ ,  $10^{-6}$ , позначаються відповідно як 1 МДж і 1 мДж.

**Види вимірювань.** По способу одержання значення вимірюваної величини розрізняють прямі, непрямі, сукупні і спільні.

Прямим називають вимірювання, при якому шукане значення ВВ знаходять безпосередньо з експериментальних даних.

Непрямим називають вимірювання, при якому шукане значення ВВ знаходять на підставі відомої залежності між цією величиною й іншими величинами (їх називають аргументами), що піддаються прямим вимірюванням.

Сукупними і спільними називають вимірювання, при яких одночасно знаходять значення відразу декількох ВВ. Для цього вирішують систему рівнянь, коефіцієнти в яких одержують у результаті прямих вимірювань. При сукупних вимірюваннях знаходять декілька однойменних ВВ, а при спільних вимірюваннях визначаються кілька різнойменних ВВ.

**Основні операції вимірювань.** Вимірювання – це багатоопераційна процедура, яка обов'язково включає такі дві найважливіші операції:

- 1) відтворення фізичної величини заданого розміру (далі "відтворення");
- 2) порівняння величин, тобто визначення співвідношення між однорідними ВВ.

<sup>32</sup> Друкується за матеріалами підручників: Ауров В.В. Методи вимірювання параметрів навколишнього природного середовища: підручник. – Одеса: ТЕС, 2002. – 284 с.; Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього природного середовища: підручник. – К.: Світ, 2003. – 288 с.; Масікевич Ю.Г. та ін. Методи вимірювання параметрів навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. – Чернівці: Зелена Буковина, 2005. – 344 с.

Для здійснення операції відтворення обов'язково використовують технічні засоби. Операцію порівняння часто здійснює людина, що виконує вимірювання.

У переважній більшості випадків специфіка вимірюваної величини така, що технічно не вдається реалізувати для неї операцію відтворення чи порівняння. У цих випадках у процедуру вимірювання включають ще одну важливу операцію – *вимірювальне перетворення*. Її метою є перетворення даної ВВ в іншу ВВ, більш зручну для подальшої обробки. Так, барометрична трубка перетворює зміну атмосферного тиску в зміну висоти стовпа ртуті, тобто в довжину – величину, дуже зручну для відтворення і порівняння.

Різновидом вимірювального перетворення є *масштабне перетворення*. Це операція, у результаті якої не відбувається зміни виду ВВ, а тільки змінюється її розмір. Таку операцію, наприклад, виконує підсилювач напруги в електронних приладах.

Крім перелічених вище *основних* операцій до складу процедури вимірювання можуть також входити різні допоміжні операції, такі як запам'ятовування сигналів, передача їх на відстань, комутація та ін.

**Засоби вимірювань.** Засоби вимірювань (ЗВ) – це технічні засоби, що використовуються при вимірюваннях і мають нормовані метрологічні властивості, тобто властивості, що впливають на результати і похибки вимірювань. Поряд із ЗВ при вимірюваннях можуть застосовуватися й інші технічні засоби, що не мають нормованих метрологічних властивостей, наприклад, луна для зручності відліку, освітлювач для роботи в темний час доби і т.п.

Засоби вимірювань поділяються на дві групи:

- елементарні ЗВ, що реалізують тільки окремі операції вимірювання (міри, пристрої порівняння (компаратори), вимірювальні перетворювачі, масштабні перетворювачі);
- комплексні ЗВ, що складаються з функціонально повного набору елементарних ЗВ і забезпечують виконання усього вимірювання в цілому (вимірювальні прилади, вимірювальні установки, вимірювальні системи).

**Похибки вимірювань.** Похибкою вимірювань називається відхилення результату виміру від істинного значення вимірюваної величини.

Істинним значенням ВВ називається значення, що ідеальним образом відбиває в кількісному відношенні відповідну властивість об'єкта. Оскільки істинне значення ВВ ніколи не відоме, його на практиці заміняють дійсним значенням, тобто значенням, знайденим експериментально за допомогою високоточного (зразкового) приладу.

По способу представлення похибки вимірювань підрозділяють на абсолютні і відносні.

Абсолютна похибка  $\Delta X$  визначається таким чином:

$$\Delta X = X_{\text{вим}} - X_{\text{іст}} \sim X_{\text{вим}} - X_{\text{дійсн}}$$

де  $X_{\text{вим}}$  – результат виміру;  $X_{\text{іст}}$  і  $X_{\text{дійсн}}$  – відповідно, істинне і дійсне значення ВВ.

Відносна похибка  $\delta X$  дорівнює

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X_{\text{іст}}} \approx \frac{\Delta X}{X_{\text{вим}}}$$

Відносну похибку часто виражають у відсотках, використовуючи для цього такий вираз:

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X_{\text{вим}}} \cdot 100\%$$

По місцю виникнення похибки вимірювань підрозділяють на методичні й інструментальні.

Методична похибка – це складова похибки вимірювання, що походить від недосконалості методу вимірювання.

Методична похибка може, наприклад, утворитися при непрямих вимірюваннях. Це відбувається, якщо залежність, що використовується при вимірюванні, містить величини, значення яких відомі *приблизно*. У цьому випадку навіть при відсутності похибок вимірювання аргументів результат непрямого вимірювання

буде *наближеним*. Похибка, що утворюється при цьому, є методичною, бо її походження пов'язане з недоліками залежності, що лежить в основі метода вимірювання.

*Інструментальна* похибка – це складова похибки вимірювання, що залежить від похибок застосованих ЗВ. Вона є наслідком недосконалості конструкції ВП, недоліків матеріалів, з яких виготовлені елементи приладу.

***Похибки вимірювальних приладів.*** Похибкою ВП називається різниця між показаннями приладу і істинним значенням вимірюваної величини. Похибки ВП класифікують по різних ознаках. По характеру зміни похибки поділяють на систематичні і випадкові.

*Систематичною* називається складова похибки, що залишається постійною чи закономірно змінюється при повторних вимірах постійної величини  $X$ .

*Випадковою* називається складова похибки, що змінюється випадковим (непередбаченим) образом при повторних вимірах постійної величини  $X$ .

По залежності від вимірюваної величини  $X$  похибки поділяють на адитивні і мультиплікативні. *Адитивною* називається складова похибки, що не залежить від величини  $X$ . *Мультиплікативною* називається складова похибки, що змінюється *пропорційно* величині  $X$ .

## **5.2. Методи і технічні засоби вимірювання параметрів довкілля**

### **5.2.1 Класифікація методів дослідження стану довкілля**

НЕОБХІДНОЮ УМОВОЮ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ Є ВИКОРИСТАННЯ ЯК КЛАСИЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ І ПАРАМЕТРІВ ДОВКІЛЛЯ, ТАК І НОВИХ МЕТОДІВ І СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ.

ЗАГАЛОМ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДІЛЯЮТЬ НА *ЯКІСНІ* І *КІЛЬКІСНІ* (РИС. 5.1). ЗАВДАННЯМ *ЯКІСНОГО АНАЛІЗУ* Є ВИЯВЛЕННЯ НАЯВНОСТІ ТОГО ЧИ ІНШОГО ХІМІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА ЧИ СПОЛУКИ У СКЛАДІ ДОСЛІДЖУВАНОЇ РЕЧОВИНИ. ПРИ *КІЛЬКІСНОМУ АНАЛІЗІ* ВИЗНАЧАЮТЬ МАСОВИЙ ВМІСТ РЕЧОВИНИ В ДОСЛІДЖУВАНІЙ ПРОБІ АБО ВСТАНОВЛЮЮТЬ КІЛЬКІСНІ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ СКЛАДОВИМИ ЧАСТИНАМИ РЕЧОВИНИ. ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ ЗАЗВИЧАЙ ПЕРЕДУЄ КІЛЬКІСНОМУ.

### **5.2.2. АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РЕЧОВИН**

У метрології вимірювання складу і концентрації речовин, що знаходяться в різних агрегатних станах (рідкому, твердому, газоподібному), називаються *аналітичними*. Розрізняють *якісні* і *кількісні* аналітичні вимірювання. Перші спрямовані на визначення переліку компонент, що входять до складу аналізованої речовини. Другі дозволяють визначити концентрації цих компонент. Компоненти, концентрації яких визначаються при вимірюваннях, називаються детектуємими.

У залежності від характеру використаних технічних засобів існуючі методи вимірювань концентрації шкідливих домішок можна умовно розділити на методи лабораторного і автоматичного аналізу.

При використанні першої групи методів, процедура вимірювання включає декілька етапів, основні з яких такі: вибір проби аналізованої речовини на пості контролю; доставка проби в хімічну лабораторію; хімічний аналіз проби в лабораторії; обробка даних аналізу з метою одержання результату виміру в необхідній формі.

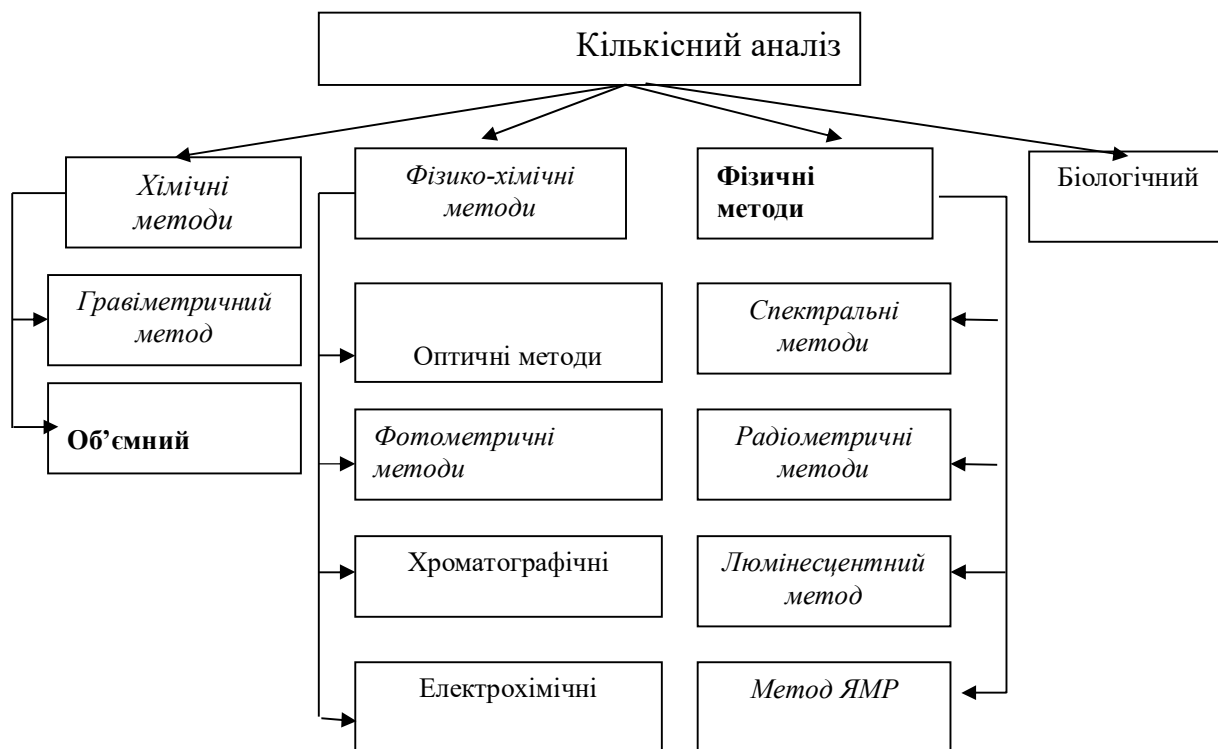


РИС. 5.1 – КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ

Широке використання лабораторних методів обумовлено, насамперед, простотою вимірювальної апаратури і порівняно низькими вимогами до кваліфікації обслуговуючого персоналу. Поряд з цими перевагами, лабораторні методи мають ряд істотних недоліків. Це, насамперед, досить велика тривалість відбору проб (20-30 хвилин) і велике запізнювання інформації про вміст шкідливих домішок у контрольованому середовищі. Цих недоліків позбавлені методи другої групи, що реалізуються за допомогою *автоматичних аналізаторів* (АА). У них аналізована речовина надходить безпосередньо з контрольованого середовища (без участі оператора) і там піддається певному фізико-хімічному впливу. У результаті нього відбувається формування електричного сигналу, розмір якого пропорційний концентрації детектуемого компоненту.

Хоча в Україні, у принципі, використовуються методи обох груп, однак найбільше поширення одержали методи лабораторного аналізу в силу їх переваг, зазначених вище.

У залежності від того, які явища – фізичні чи хімічні – покладені в основу методів вимірювань, їх можна умовно розділити на електрофізичні та електрохімічні методи.

Електрофізичні методи засновані на використанні залежності фізичних властивостей речовин від їх складу і концентрації компонент.

### 5.2.3. ОПТИКО-СПЕКТРАЛЬНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РЕЧОВИН

Галузь фізики та техніки, яка вивчає спектри електромагнітного випромінювання в ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному діапазонах, називають оптичною спектроскопією. Завданням спектроскопії є дослідження властивостей та структури речовин на основі вивчення особливостей її спектрів. Методи кількісного та якісного визначення складу речовини, що ґрунтуються на одержанні і дослідженні її спектрів, становлять суть спектрального аналізу.

**Емісійна спектроскопія** – це вивчення спектрів випромінювання атомів, молекул та іонів, збуджених різноманітними джерелами електромагнітного випромінювання, з метою якісного та кількісного визначення складу речовини. Методи емісійної спектроскопії ґрунтуються на вивченні структури та властивостей квантових систем відповідно до їх спектрів випромінювання. При цьому досліджувана речовина, в яку

надходить аерозоль із розчину з окислювачем та паливним газом, збуджується полум'ям пальника (або дугою, іскрою, плазмою). Під впливом високої температури починається іонізація речовини і випромінювання її атомами світла певної довжини хвилі. Метод можна застосовувати для визначення лужних та лужноземельних елементів, лантанидів, деяких перехідних елементів, металоорганічних сполук.

*Індукована лазером спектроскопія пробю* є різновидом атомної емісійної спектроскопії, в основі якої лежить використання високоінтенсивного лазерного імпульсу. Цій метод дозволяє аналізувати речовину незалежно від її стану – твердого, рідкого або газоподібного. Оскільки всі хімічні елементи здатні випромінювати при нагріванні до високих температур, ця техніка є перспективною з точки зору детектування та ідентифікації біоаерозолів. Перевагою методу є можливість аналізу зразків у нано- та піко-кількостях.

*Абсорбційна спектроскопія.* Атомно-абсорбційний аналіз полягає у випаровуванні речовини, що досліджують (у полум'ї графітової трубки, плазмі високочастотного розряду), після чого через пару речовини пропускають оптичне випромінювання. Реєстрація ступеня ослаблення інтенсивностей ліній елемента, які визначають, дає можливість оцінювати концентрацію його у зразку. Метод атомно-абсорбційної спектроскопії є перспективним з точки зору дослідження об'єктів навколишнього середовища, зокрема атмосфери, ґрунтів, водоймищ. На сьогодні метод дозволяє визначити до 70 різних хімічних елементів і токсичних металів.

*Колориметричні методи.* Зазначені методи засновані на вимірюванні ослаблення світлового потоку за рахунок поглинання світла речовиною, що досліджують. Інгредієнт, який визначають, переводять у забарвлений стан за допомогою специфічної хімічної реакції. Прилади, що використовують у колориметрії, пов'язані або з візуальним порівнянням забарвлення робочого та стандартного розчинів (колориметри), або з визначенням абсолютних чи відносних інтенсивностей світлових потоків, які проходять через розчин (фотометри). До переваг спектрофотометричних методів можна віднести їхню простоту та відносно недороге обладнання, а недоліком є значна тривалість процесу вимірювань.

*Інфрачервона спектроскопія.* Якщо молекула знаходиться в основному електронному стані і цей стан не змінюється, то частота поглинутого світла визначається співвідношенням:

$$\nu_{\text{кол}} = \frac{E'_{\text{кол}} - E''_{\text{кол}}}{h} + \frac{E'_{\text{об}} - E''_{\text{об}}}{h} \quad (5.1)$$

Колівальні рівні енергії та частоти квантових переходів знаходять через колівальні координати, кількість яких для N-атомної молекули становить  $\pi = 3N - 6$ . У якості таких колівальних координат використовують зміни величин, що характеризують відносне розміщення атомів у молекулі: зміну довжин зв'язків, кутів між зв'язками або зміни відстаней між незв'язаними атомами. У цілому колівальні координати

молекул залежать від будови останніх та типу симетрії. Саме частоти власних коливань таких молекул як CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> та ін. проявляються у спектрах інфрачервоного поглинання.

Оптико-акустична спектроскопія. Під час проходження оптичним випромінюванням досліджуваного об'єкта відбувається поглинання кванта світла молекулами об'єкта, їх збудження та перехід на високоенергетичний рівень. Збуджені молекули, що повертаються в основний стан, віддають залишок енергії у вигляді тепла середовищу, яке оточує об'єкт. Чутливість методу досягає 10<sup>-7</sup>–10<sup>-9</sup> см<sup>-1</sup>. До недоліків методу можна віднести вплив вібрацій та акустичних шумів, залежність чутливості методу від тиску досліджуваного газу, складну процедуру калібрування спектрів, великі (більше 10 %) похибки вимірювань коефіцієнта поглинання.

Спектроскопія на основі Фур'є-перетворення. В інтерферометрі Майкельсона використовується джерело монохроматичного оптичного випромінювання. Одне з дзеркал інтерферометра здатне рухатися поступально. Якщо це дзеркало переміщується на відстань, яка дорівнює  $\lambda/4$  (де  $\lambda$  – довжина хвилі), то два променя будуть знаходитися в протифазі. Під час руху дзеркала з постійною швидкістю детектор буде реєструвати модульований по синусоїдному закону світловий сигнал.

Традиційна спектроскопія оперує в частотному масштабі, тобто досліджує потужність оптичного випромінювання залежно від частоти (довжини хвилі); спектроскопія Фур'є-перетворення використовує часовий масштаб, якщо реєструються зміни потужності оптичного випромінювання в часі. Якщо використовувати джерело немонохроматичного оптичного випромінювання, то завдяки Фур'є-перетворенню можна будь-якому частотному спектру зіставити специфічну інтерферограму – так званий спектр Фур'є. Методи спектроскопії Фур'є-перетворення характеризуються високим розділенням (< 0,1 см<sup>-1</sup>), точністю і відтворюваністю.

Спектроскопія відбивання у ближній інфрачервоній області спектру. Ближня інфрачервона (БІЧ) область спектру обмежується діапазоном 760–2500 нм. Поглинання в БІЧ області зумовлене, насамперед, участю вищих гармонік (обертонів) основних коливань і комбінації цих гармонік з основними коливаннями. Виникненню обертонів сприяє наявність в атомних структурах характерних груп таких як -ОН, -СН, -NH, С=О, Н-О-Н тощо. Перевагою методу спектроскопії відбивання в БІЧ області є можливість роботи з високими концентраціями рідких зразків, а також із твердими (або сипкими) непрозорими матеріалами за рахунок слабого поглинання в цій області спектра. Висока здатність об'єктів відбивати хвилі в БІЧ області дає можливість робити кількісний і якісний аналіз з високим ступенем селективності: цій обставині сприяє різноманіття обертонів і їх комбінацій, які формують специфічні спектри відбивання.

Спектроскопія пружного розсіювання. До цього типу розсіювання оптичного випромінювання можна віднести таке розсіювання, при якому

частоти падаючого і розсіяного випромінювань однакові. Є три типи пружного розсіювання.

Розсіювання Релея виникає за рахунок зміщення зв'язаних електронів під впливом електричного поля, що падає на молекулу. Це поле сприяє утворенню диполя, який коливається і висилає електромагнітне випромінювання такої ж частоти. Розсіювання Релея характеризується тим, що інтенсивність розсіяного випромінювання змінюється залежно від четвертого ступеня довжини світлової хвилі. Саме такою залежністю можна пояснити природний блакитний колір неба, який ортимується за рахунок відбивання сонячного світла від частинок пилу і водяної пари, присутніх в атмосфері.

Розсіювання Мі відбувається на частинках великих розмірів і супроводжується виникненням інтерференції світла, що призводить до появи інтерференційної картини і суттєвої зміни діаграми кутового розподілу розсіяного світла.

Розсіювання Дебая відповідає проміжному випадку між двома попередніми типами розсіювання – Релея і Мі. Аналіз характеру розсіювання Дебая і Мі лежить в основі нефелометрії і турбідиметрії – техніки визначення розмірів частинок, суспендованих в рідині.

Методи спектроскопії комбінаційного розсіювання також застосовуються для аналізу стану навколишнього середовища. Цей тип розсіювання включає втрату або набуття кванта коливальної енергії молекулою. Йдеться про непружне світлове розсіювання, коли фотон, що падає, має енергію значно більшу, ніж енергія, яку коливальний квант втрачає через збудження молекули – залишок енергії розсіюється.

Недоліком методу спектроскопії комбінаційного розсіювання є потреба у потужних лазерах як джерелах випромінювання.

**Флуоресцентна спектроскопія.** Суть флуоресцентних методів полягає в опромінюванні речовини, збудженні молекули цієї речовини та перевипромінюванні світла у вигляді флуоресценції. Довжина хвилі випромінювання флуоресценції завжди перевищує довжину хвилі збудження. Реєстрація різноманітних параметрів флуоресценції (інтенсивності, спектрів випромінювання і збудження, часової кінетики, поляризації тощо) дає можливість одержати інформацію про речовину, яка є об'єктом дослідження. Перевагами методів флуоресцентної спектроскопії є висока чутливість, малі (до  $10^{-12}$  г) кількості речовини, необхідної для дослідження, селективність та універсальність.

#### 5.2.4. Іонізаційні методи

Іонізаційні методи базуються на іонізації речовини, що аналізується і вимірюванні сили іонного струму, пропорційної концентрації компоненту, що визначається.

Існують різноманітні способи іонізації речовини. З них найбільше застосування в практиці аналітичних вимірювань одержали такі:

- іонізація газів електронами, отриманими за допомогою авто- чи термоелектронної емісії;
- іонізація газів за допомогою електричного розряду;
- опромінення речовини радіоактивним чи рентгенівським випромінюванням;
- опромінення речовини оптичним (звичайно лазерним) випромінюванням;



- іонізація шляхом сильного розігріву речовини; таку іонізацію прийнято називати термічною чи термоіонізацією.

Найбільш розповсюджені полум'яно-іонізаційний, мас-спектрометричний і радіоізотопні методи.

В основі *полум'яно-іонізаційного методу* лежить застосування термічної іонізації – для розігріву речовини, що аналізується, використовується водневе полум'я. Для реалізації цього методу використовується вимірювальний перетворювач, який називається полум'яно-іонізаційним детектором (ПІД). У практиці контролю забруднення атмосферного повітря полум'яно-іонізаційний метод знайшов застосування в автоматичних газоаналізаторах, призначених для визначення концентрації вуглеводнів.

**В основі мас-спектрометричного методу лежить поділ усіх іонів, що були одержані в процесі іонізації, на окремі пучки. Кожний з цих пучків містить іони з певним відношенням маси іона до його заряду. Вимірюючи силу іонного струму в одержаних пучках, можна судити про концентрації усіх компонентів речовини, що аналізується.**

Іонізацію речовини при використанні *радіоізотопних методів* здійснюють з допомогою радіоактивного випромінювання. В практиці вимірювань найбільше розповсюдження дістали 2 основних види такого випромінювання, що мають досить високу іонізуючу здатність – це  $\alpha$ -випромінювання (ядра атомів гелію) і  $\beta$ -випромінювання (електрони, позитрони).

Основною частиною приладу, що реалізує радіоізотопний метод, є іонізаційна камера, через яку пропускається газ (пара), що аналізується. У середині камери розташовують колектор іонів і джерело випромінювання – таблетка певного ізотопу. Наприклад, для одержання  $\beta$ -випромінювання часто використовують такі ізотопи, як  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{85}\text{Kr}$  чи  $^{147}\text{Pm}$ .

Радіоізотопні аналізатори газів, побудовані за диференціальною схемою, мають практично лінійну функцію перетворення, високу чутливість і здатні працювати при високих (до 300°C) температурах.

#### 5.2.5. Теплові методи

*В основі теплових методів лежить залежність теплових властивостей речовини, від її складу і концентрації компонент. В основі цього методу лежить припущення, що теплообмін у системі "провідник-газ" здійснюється винятково за рахунок теплопровідності. Вимірювальні прилади, засновані на методі теплопровідності, називають катарометрами.*

У практиці контролю стану природного середовища метод теплопровідності знаходить своє застосування як для побудови автоматичних газоаналізаторів, так і для створення детекторів, що працюють у складі газових хроматографів, розглянутих нижче.

#### 5.2.6. Хроматографічний метод

*Це один з найефективніших методів аналізу якісного і кількісного складу речовин, що містять значне число компонент (до 100-200).*

Хроматографічний (ХГ) аналіз проводиться в два етапи. На першому етапі речовина, що аналізується, розділяється на окремі компоненти, на другому визначаються *концентрації* кожної з них. Прилади, що реалізують хроматографічний метод, називаються *хроматографами*.

Особливий інтерес у ХГ методі представляє перший етап – поділ на компоненти. Він починається з включення невеликого об'єму речовини (проби) до складу *рухомої фази* (РФ), що переміщується вздовж довгої трубки, названої *хроматографічною колонкою*.

Якщо робиться аналіз *газової* суміші (пари), то основою РФ є *газ-носії*, який прокачується через ХГ колонку за допомогою насоса. Якщо аналізується *рідка* чи *тверда* речовина, то основою РФ є *рідина*, перемішувана уздовж ХГ колонки під дією перепаду тисків, капілярних чи гравітаційних сил.

ХГ колонка по всій довжині заповнюється спеціальною речовиною, що утворює *нерухому фазу* (НФ). У процесі переміщення РФ входить у контакт із НФ, і компоненти проби речовини розподіляються між РФ і НФ відповідно до їхніх властивостей. Причому, чим сильніше даний компонент взаємодіє з НФ, тим *повільніше* він рухається вздовж ХГ колонки. У результаті, шляхи, пройдені різними компонентами до певного моменту часу, будуть різними. Станеться просторовий розподіл компонентів по довжині ХГ колонки, і вони підійдуть до виходу з колонки *по черзі*.

У залежності від агрегатного стану рухомої фази розрізняють два основні різновиди ХГ методу, що називаються, відповідно, газова хроматографія і рідинна хроматографія. Газова хроматографія використовується для аналізу газових сумішей та парів.

У газо-адсорбційній хроматографії використовується твердий сорбент – речовина, що відрізняється пористістю й хімічною інертністю. Як правило, це оксид алюмінію, силікагель тощо.

У газо-рідинній хроматографії роль НФ виконує рідина, нанесена тонким шаром на інертний твердий носій (діоксид кремнію, полімери тощо). Різновидом цього виду хроматографії є капілярна хроматографія. У ній рідину наносять безпосередньо на стінки тонкої (діаметром 0.2-0.4 мм) трубки довжиною до 100 м і більше.

Похибка вимірювання концентрації за допомогою газових хроматографів звичайно складає 5-10%. Хроматографи вищих класів забезпечують похибки не гірше 0.5-2 %.

Трубки ХГ колонок для рідинної хроматографії найчастіше виготовляються з скла чи нержавіючої сталі. Робота детекторів, як правило, базується на вибіркового поглинанні оптичного випромінювання в різних ділянках спектру, тобто на спектрофотометричному методі.

### 5.2.7. Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі

*Значну частину промислових викидів, що забруднюють атмосферне повітря, складає пил. По діючим в Україні і інших країнах світу нормам вміст пилу в повітрі прийнято оцінювати з допомогою величини  $p_p$ , що називається масовою концентрацією пилу. Вона дорівнює сумарній масі пилових часток, що містяться в одиниці об'єму повітря. Однак  $p_p$  – це не єдиний показник, що має практичний інтерес. Важливе значення мають і такі характеристики пилу, як хімічний склад, розподіл його часток по розмірах тощо.*

Методи вимірювань концентрації пилу в повітрі прийнято поділяти на дві групи – з попереднім осадженням пилу і без попереднього осадження.

#### **Методи, що базуються на попередньому осадженні пилу включають:**

– на першому етапі здійснюється виділення (осадження) пилу з повітря, що аналізується. Найчастіше з цією метою використовується метод фільтрації запиленого повітря через фільтр із спеціальної тканини;

– на другому етапі оцінюється кількість осадженого пилу. Для цього застосовуються електричні та неелектричні методів.

Перевагою цих методів є те, що через прилад прокачується досить великий об'єм повітря (декілька кубічних метрів), і вимірне значення  $p_p$  є середнім для цього об'єму.

#### **Методи без попереднього осадження пилу розділяють на:**

– оптичні, що базуються на явищах поглинання і розсіювання світла частками пилу;

– електростатичні, що базуються на вимірюванні сумарного електричного заряду часток пилу.

Оптичні методи вимірювання базуються на явищах поглинання і розсіювання світла частками пилу, зваженими у повітрі, що аналізується. При використанні цих методів мірою концентрації пилу служить інтенсивність одного з видів випромінювання:

- ослабленого в результаті проходження через шар запиленого повітря;
- розсіяного частками пилу.

Вимірюване випромінювання спрямовується на фотоеlement, де воно перетворюється у електричний сигнал, який після необхідного підсилення надходить до відлікового пристрою. Прилад може ефективно використовуватися тільки для того виду пилу, для якого він був градуїований.

Визначення концентрації пилу електростатичними методами, базується на вимірюванні електричного заряду, що переносять аерозольні частки. Важливою частиною приладу є вимірювальний електрод, який розташовується в потоці повітря, що аналізується. В результаті контакту з частками пилу електрод набуває заряд, розмір якого залежить від сумарної площі поверхні пилових часток.

Більш чутливими є прилади другого виду. Електризація порошин в них здійснюється різними способами. Наприклад, здатність пилових часток електризуватися при швидкому русі в потоці, коли повітря прокачується з великою швидкістю через довгий тонкий канал, на виході з якого розташовується вимірювальний електрод.

*В даний час найбільше практичне застосування знайшла група методів, що базуються на попередньому осадженні пилу. Для визначення маси осадженого пилу на мережі контролю забруднення атмосфери*

використовується ваговий метод. Ваговий метод не потребує при вимірюваннях градуювальної характеристики.

### 5.2.8 ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РЕЧОВИН

В основі електрохімічних методів лежить використання *електрохімічних перетворювачів* (ЕХП). Для більш докладного розгляду їхньої роботи необхідно попередньо ознайомитися з деякими положеннями розділу хімії – електрохімії, які дозволяють описати зв'язок між електричними параметрами комірки ЕХП і величинами, що характеризують її стан.

Для заповнення комірки ЕХП використовуються винятково *електропровідні* розчини, названі іноді провідниками II роду. Речовини, що утворюють такі розчини, називаються *електролітами*. Функції *розчинника* у ЕХП звичайно виконує вода. Можуть використовуватися також інші розчинники, наприклад, етанол, етиленгліколь, диметилформамід і ін.

Електроліти, що дисоціюють у розчинах *не цілком*, називаються *слабкими*. Електроліти, що практично *цілком* дисоціюють у водяних розчинах, називаються *сильними*. До сильних електролітів належать більшість солей, гідроксиди лужних і лужно-земельних металів, деякі кислоти (HCl, HBr, HI, HCl<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і ін.).

Для опису стану іонів у розчині часто користаються величиною, названою *активністю* (моль/л). Вона визначає умовну (ефективну) концентрацію іонів, відповідно до якої вони діють у хімічних процесах.

Для характеристики ступеня кислотності розчину широко використовується водневий показник рН, що описує активність водневих іонів Н<sup>+</sup>. Діапазон зміни рН для водяних розчинів складає 0...14 одиниць. Для неводних розчинів він інший. Наприклад, рН у розчинах на основі аміаку змінюється в межах 0...32.7 одиниць, у мурашиній кислоті рН лежить у межах 0...6.1 одиниць і т.д.

Електроліз є окисно-відновним процесом, при якому напівпроцеси окислювання і відновлення відділені друг від друга в просторі. Їх називають, відповідно, *анодним окислюванням* і *катодним відновленням*. Відзначимо, що при електролізі *водяних* розчинів електролітів у цих процесах, у принципі, можуть брати участь як іони електроліту, так і молекули води.

**Кондуктометричний метод.** *Кондуктометричний метод базується на залежності електропровідності розчинів від їхнього складу і концентрації компонентів. Цей метод широко застосовується для вимірювання концентрації солей, основ і кислот у рідких середовищах і розплавах, для вимірювання солоності води, у тому числі, у Світовому океані, для вимірювання концентрації газів по зміні електропровідності розчину при поглинанні ним проби аналізованого газу.*

Прилади, що базуються на розглянутому методі, називаються в залежності від об'єкта вимірювання – *кондуктометричні концентратоміри, соленомірами, кондуктометричні газоаналізатори* тощо.

Кондуктометричні концентратоміри, що випускаються промисловістю, забезпечують вимірювання електричної провідності в рідких середовищах з похибкою (1...5)% при температурах (0...110)°С і тисках до 10<sup>6</sup> Па.

При контролі забруднення повітря кондуктометричні газоаналізатори застосовуються для вимірювань малих концентрацій широкого класу газів (CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> і ін.). При цьому похибка вимірювань не перевищує 5%.

Відмінною рисою *безконтактних КП* є відсутність безпосереднього контакту вимірювальних електродів з розчином, що аналізується. Це дозволяє при вимірюваннях виключити вплив явища поляризації й інших небажаних видів взаємодії електродів і розчину.

**Потенціометричний метод.** *При використанні потенціометричного методу електрохімічна комірка працює в режимі гальванічного елемента. ЕРС, що вироблюється таким елементом, залежить від концентрації відповідних іонів в аналізованому розчині.*

При використанні *методу граничного потенціалу* електрохімічна комірка складається з двох частин (камер): *вимірювальної* і *порівняльної*. Вимірювальна камера заповнюється розчином, що аналізується, порівняльна – спеціальним розчином відомої концентрації. Камери розділені *іонообмінною мембраною*.

Більш широке застосування одержав *метод електродних потенціалів*, що базується на застосуванні гальванічних перетворювачів (ГП). Цей метод знайшов широке застосування для вимірювань активності водневих іонів Н<sup>+</sup>. Прилади, призначені для цієї мети, називаються *рН-метрами*.

Амперометричний метод базується на вимірюванні сили струму, що протікає через комірку при електролізі речовини, що аналізується, чи речовини, що реагує з детектуємим компонентом.

Амперометричний метод досить широко використовується при побудові газоаналізаторів. У них досліджувану газову суміш (наприклад, атмосферне повітря) пропускають через електрохімічну комірку, заповнену спеціальним розчином. У результаті реакції компоненту газової суміші з цим розчином утворюються іони, що беруть участь в електролізі і визначають силу струму через електрохімічну комірку.

Різновидом амперометричного методу є *полярографічний*. Його найважливішою особливістю є застосування електрохімічної комірки зі спеціальною системою електродів, що забезпечує можливість одночасно проводити *якісний* і *кількісний* аналіз багатокомпонентних розчинів.

Полярографічний метод дозволяє одночасно виконати як *якісний*, так і *кількісний* аналіз досліджуваної речовини. Концентрації компонентів оцінюються по висоті відповідних сходинок полярограми.

Для відтворюваності результатів полярографічних вимірювань необхідно, щоб робочий електрод мав *однорідну* і *безупинно обновлювану* поверхню, і процес дифузії іонів до електрода мав *стаціонарний* характер.

### 5.3. Методи оцінювання і аналізу стану довкілля

Як було зазначено у першому розділі, однією з головних складових моніторингу є здійснення оцінювання й аналіз стану довкілля. Здійснення спостережень за станом навколишнього середовища не повинно бути самоціллю – важливим є не стільки збирання інформації, скільки її обробка та використання для прийняття рішень, спрямованих на покращення стану довкілля або підтримці його на заданому рівні у відповідності до концепції сталого розвитку. За таких умов значна роль відводиться всебічному аналізу і коректній обробці екологічної інформації.

Інформація про стан навколишнього середовища є класичним прикладом просторово-розподіленої або, як її ще називають, просторово-орієнтованої інформації. Екологічна інформація характеризує об'єкти, які є розподіленими у просторі: річки, атмосферне повітря, ліси, ґрунти, моря тощо.

Здавна існують математичні методи, які дозволяють аналізувати закономірності процесів та явищ, які змінюються у часі й у просторі. Розглянемо найпоширеніші з них, які використовуються в системі моніторингу довкілля для аналізу і оцінювання різного роду характеристик та показників стану довкілля:

1. Порівняння даних та визначення їх максимуму і мінімуму:
  - порівняння показників стану довкілля з їх ГДК;
  - визначення максимального значення;
  - визначення мінімального значення.
2. Статистична обробка даних:
  - побудова варіаційного ряду;
  - побудова гістограми;
  - ідентифікація закону розподілу;
  - визначення основних статистичних характеристик: середнього арифметичного, середньоквадратичного відхилення, дисперсії, медіани, моди, ексцесу, коефіцієнту асиметрії тощо.
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 обчислення значень функції за межами того інтервалу, на якому ця функція будувалась.

#### 4. Згладжування даних.

*Порівняння даних та визначення їх максимуму і мінімуму — це досить прості, але найбільш поширені операції обробки даних спостережень. При порівнянні з ГДК слід враховувати різні типи ГДК, наприклад, для води — “господарсько-питне”, “комунально-побутове”, “рибогосподарське”.*

Для системи моніторингу регіонального рівня, такий обсяг обробки даних є складним та довготривалим процесом. Тому, його краще автоматизувати з використанням систем управління базами даних (СУБД). На рис. 5.2 наведено приклад форми, яка дозволяє реалізувати описані вище операції під час обробки даних на прикладі моніторингу поверхневих вод.

*Статистичну обробку даних починають з формування варіаційного ряду за відомими правилами та критеріями. Далі будується графік або гістограма емпіричного закону розподілу значень показника. По ним формуються гіпотези про закон розподілу і за критеріями згоди (Пірсона, Колмогорова тощо) визначається, яка з цих гіпотез є правильною. Далі для визначеного закону розподілу обчислюються параметри функції розподілу та основні статистичні характеристики: математичне очікування (середнє арифметичне), середньоквадратичне відхилення, дисперсія, медіана, мода, ексцес, коефіцієнт асиметрії тощо<sup>33</sup>. Інколи допускається визначати тільки середнє арифметичне значення та середньоквадратичне відхилення.*

*Найбільш поширені два типи інтерполяції у просторі – одно- та двовимірні, які дозволяють по багатьох точках побудувати криву або поверхню, що може наближено описати залежність певного параметру від однієї чи двох координат.*

---

<sup>33</sup> Всі ці характеристики досить просто підраховуються за допомогою програми Microsoft Excel.

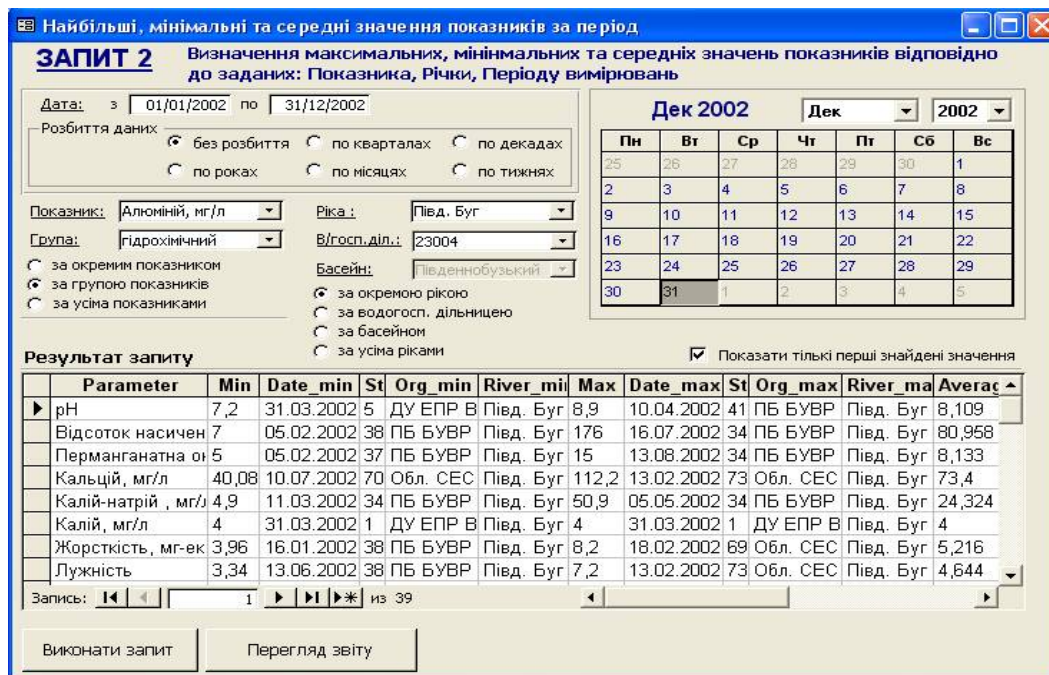


Рис. 5.2 – Приклад бази даних гідрохімічних показників якості води в р. Південний Буг обласної системи моніторингу поверхневих вод

Інтерполяція даних може розглядатись як порівняно простий спосіб розв'язання задач моделювання та прогнозування даних без урахування фізико-хімічної та біологічної природи процесів, характеристики яких розглядаються. Інтерполяція може проводитись багатьма методами:

1) *лінійна інтерполяція* (інтерполяція прямою) – для одновимірного випадку:  $y(x) = ax + b$  – 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:

$$y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 ; \quad (5.1)$$

3) *сплайн-інтерполяція* – інтерполяція набором сплайнів (поліноміальних кривих 1-3 порядку з мінімальною кривизною), які "зшиваються" між собою шляхом узгодження усіх можливих похідних (рис.5.3);

*Апроксимація*, тобто ідентифікація параметрів та структури математичної залежності, яка описує заданий набір точок, проводиться у такій послідовності:

1. Будується графік залежності  $y_i$  від  $x_i$  ( $i = \overline{1, M}$ ).

2. Визначається тип математичної залежності  $y(x)$ , якою можна описати лінію на графіку – найбільше поширення в екології отримали такі залежності:

- лінійна залежність типу  $y(x) = ax + b$ ;

- нелінійна поліноміальна залежність  $y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ ;

- експоненціальна залежність, яка є розв'язком звичайного диференціального рівняння першого порядку  $y(x) = ae^{-bx+c}$ ,  $b > 0$ ;
- нелінійна залежність типу  $y(x) = \frac{a}{1+bx}$ ;
- логарифмічна залежність  $y(x) = a \ln(bx+c)$ ,  $bx+c > 0$ ;
- тригонометрична залежність  $y(x) = a + b \sin(ct+d)$ .

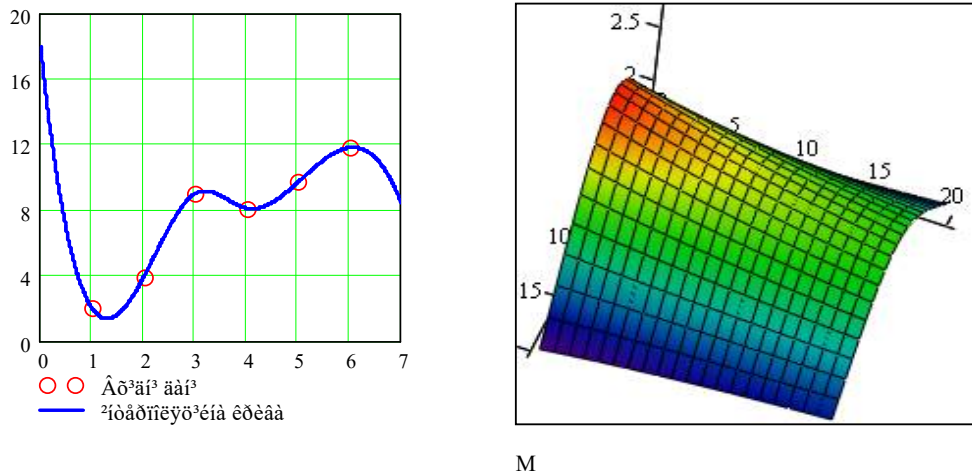


Рис. 5.3 – Приклади (а) – одновимірної та (б) – двовимірної інтерполяції залежностей кубічними сплайнами

Як правило, на цьому етапі вибирають декілька функцій; якщо не вдається чітко визначити тип залежності, тоді апроксимацію проводять поліномом (5.1) при  $n = 2-6$ .

3. Заданий набір точок функції  $y_i$  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 більш точної ідентифікації заданої лінії на всіх значеннях масиву точок  $M$ .

4. По набору із  $N$  точок  $y_i$  від  $x_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ) проводиться ідентифікація параметрів усіх вибраних на другому етапі математичних залежностей. Найбільш поширеним методом ідентифікації є метод найменших квадратів – в пакеті Mathcad Professional для ідентифікації параметрів поліному (5.1) порядку  $n$  для набору точок, абсциси та ординати яких задаються векторами  $y$  та  $x$ , є функція **regress(x,y,n)**.

5. В масиві з  $P$  точок  $y_j$  від  $x_j$  ( $j = \overline{1, P}$ ) визначаються відносні похибки  $\delta$  для усіх математичних залежностей з ідентифікованими на попередньому етапі параметрами за формулою

$$\delta = \frac{\sum_{j=1}^P |y_j - y(x_j)|}{\sum_{j=1}^P |y(x_j)|} \cdot 100\%$$

тобто знаходиться 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.

*Екстраполяція*, тобто прогнозування значень функції за межами того інтервалу, на якому ця функція будувалась реалізується, як правило, у такій послідовності:

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.

$$y_{\text{прогн}} = f(x_{\text{прогн}}).$$

При цьому, варто знати, що специфіка методу найменших квадратів, який часто використовується на етапі апроксимації залежності  $f(x)$ , не дає права розв'язувати за її допомогою задачу екстраполяції — цей метод призначений тільки для використання на фіксованому інтервалі даних. В цьому легко пересвідчитись, якщо апроксимувати параболою перший напівперіод синусоїди, а потім по ній спрогнозувати наступні точки — зрозуміло, що похибка прогнозу буде недопустимою.

*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 Professional для цього використовується функція  $\text{loess}(X, Y, \beta)$ , основана на використанні параболічного сплайну, де  $X$  — вектор-стовпець заданого набору значень,  $Y$  — вектор-стовпець ординат,  $\beta$  — ступінь згладжування (варто вказувати лише від 0,05 до 0,5) (рис. 5.8).

Для реалізації широкого кола методів математичної обробки даних існують спеціальні математичні пакети: Matlab, Scilab, Maple, Mathcad, Mathematica, Statistica, SPSS та інші. Головним недоліком усіх цих пакетів є складність представлення вхідних даних у неприродному для них форматі. Вхідні дані треба перетворювати до спеціального формату та вигляду, який сприйматиметься тим чи іншим пакетом програм.



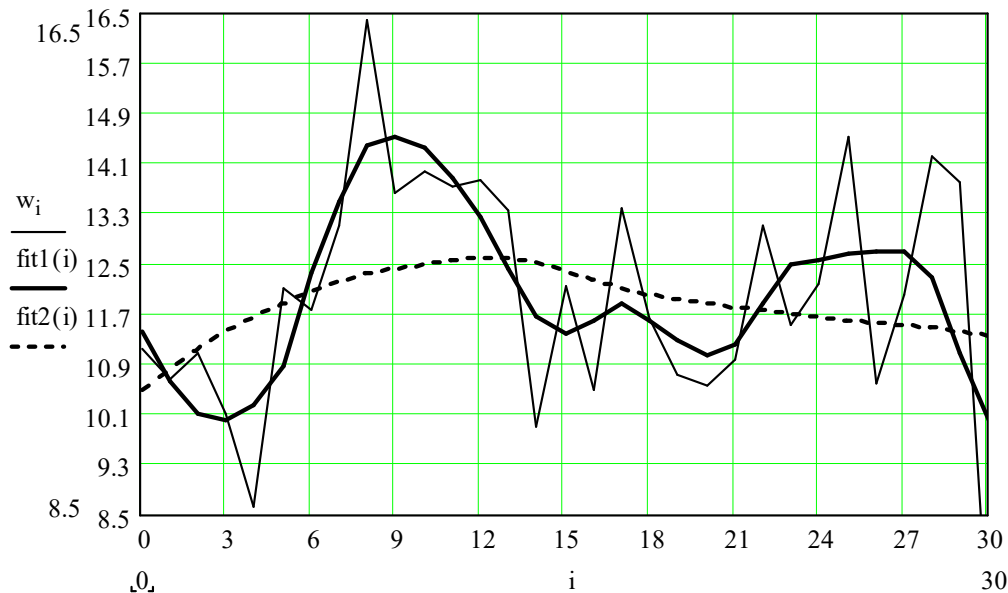


Рис. 5.8. Приклад згладжування значень спостережень в пакеті Mathcad Professional функцією **loess** з параметрами  $\beta_1 = 0,1$  та  $\beta_2 = 0,35$

Як було зазначено вище, для екологічної інформації характерним є її просторова (географічна) прив'язка. Отже, більш прогресивним є застосування обчислювальних методів саме у пакетах програм для роботи з геоінформаційними системами (ГІС-пакетах). Більш детально про це див. у розділі 6.

#### **5.4. Методи прогнозування стану довкілля**

Для здійснення прогнозування змін стану навколишнього середовища необхідно мати дані як про його сучасний і минулий стани та можливі реакції природних екосистем на техногенні впливи, так і майбутні техногенні впливи на даній території.

Під прогнозуванням антропогенних впливів і змін стану довкілля мають на увазі процес, одержання імовірнісних суджень про характер і параметри явищ і впливів, що розглядаються, у майбутньому. Прогнозна оцінка антропогенних впливів передбачає зіставлення прогнозованих параметрів, якими характеризуються ці впливи, з науково-обґрунтованими прийнятними значеннями.

Щодо прогнозування стану навколишнього, то серед великої кількості методів варто відзначити три найбільш поширених:

- метод екстраполяції;
- метод експертних оцінок;
- метод математичного моделювання.

**1. Метод екстраполяції** оснований на припущенні про збереження в часі існуючих тенденцій розвитку основних процесів і припускає можливість поширення висновків, отриманих при спостереженнях над однією частиною явища, на інші його частини або поширення тенденцій, визначених в минулому, на майбутнє. При цьому, період спостережень має бути в декілька раз більшим за прогнозований період. Для екстраполяції можна використовувати математичні методи, зокрема, метод найменших квадратів. Найпростішим у застосуванні є метод графічної екстраполяції, який для підвищення точності прогнозування може поєднуватись з методом найменших

квадратів та регресійним аналізом.

Суть графічного методу екстраполяції полягає у зображенні на графіку даних, які характеризують процес у минулому (наприклад, про чисельність популяції), з наступним подовженням отриманої кривої на прогнозований період. Метод екстраполяції використовують вибірково для короткотермінових прогнозів у випадках рівномірного розвитку процесів протягом значного терміну.

2. *Метод експертних оцінок* відноситься до евристичного прогнозування, серед яких найбільш розвиненим є метод Делфі<sup>34</sup>. В основних елементах методу Делфі є:

1. Структурування потоків інформації як від експертів, так і до них;
2. Зворотні інформаційні зв'язки між учасниками;
3. Анонімність учасників.

Звичайно, ці характеристики можуть надати цілий комплекс переваг порівняно зі звичайним методом групової комунікації обличчям до обличчя. Комунікація всередині групи контролюється керівником вибірки, який фільтрує матеріал, що не відноситься до теми дослідження. Таким чином запобігається одна з основних проблем групової комунікації – колективне відходження від теми.

*Аргументи на користь метода Делфі:*

1. Він є об'єктивним способом прогнозування дуже складних процесів, для яких не існує адекватних формалізованих моделей;
2. Іноді покладання на інтуїцію є не лише припустимим, але й необхідним, як у випадку складних і нібито непередбачуваних проблем. Але найкраще на користь метода говорить досвід вдалого його використання.

*До аргументів проти метода Делфі можна віднести такі:*

1. Залежність отриманого прогнозу від рівня компетентності експертів-учасників;
2. Чутливість результатів до можливої невизначеності в анкетах;
3. Труднощі з оцінкою кваліфікації експертів в даній галузі, які беруть участь в дослідженні.

Суть методу полягає у отриманні спеціалізованих експертних оцінок та обробці анкет методами математичної статистики. Опитувальні листи складають з послідовності основних факторів і ефектів впливу, розміщених за певними рангами значимості ( $i_n$ ). Потім, за результатами обробки опитувальних листів, визначається для кожного фактора чи ефекту його "вага". Далі методами математичної статистики визначають математичне

---

<sup>34</sup> Термін Делфі походить від назви священного місця розташування найбільш поважного оракула Давньої Греції - Делфі. Прогнози та поради богів передавалися людям за посередництва цього оракула. Це слово залишилося в якості назви метода, незважаючи на те, що засновники зовсім не були від нього в захваті. Далі, один із засновників метода Делфі, визнавав, що це скоріше прикра випадковість, що набір розроблених RAND Corporation методів та процедур дістав таку назву, оскільки назва Делфі містить щось оракульне, окультне, тоді як за основу метода береться кардинально протилежне: способи зробити щось максимально логічне та структуроване з зовсім не найкращого типу інформації.

очікування R, дисперсії оцінок експертів по кожній характеристиці, оцінка узгодженості суджень експертів і корекція запропонованих предиктором рангів значимості.

Треба зазначити, що застосування метода Делфі найбільш прийнятне для дослідження якоїсь однієї проблеми, тобто для однофакторного аналізу і прогнозування. Для дослідження багатфакторних процесів рекомендуються більш складні методи, наприклад, застосування даних метода Делфі в якості вихідних даних для побудови математичних моделей. В такий спосіб дослідники намагаються зменшити вплив такої негативної риси метода, як відірване розглядання майбутніх подій. Для врахування того факту, що вірогідність певних подій може збільшуватись або зменшуватись відповідно до здійснення інших подій, було розроблено метод аналізу перехресних впливів, який став логічним розвитком метода Делфі.

**3. Метод математичного моделювання.** Моделювання взагалі – це теоретичне або практичне дослідження об'єкта, в якому безпосередньо вивчається не сам об'єкт пізнання, а допоміжна штучна або природна система, яка знаходиться в деякому об'єктивному відношенні із об'єктом пізнання, здатна його замінити в певному відношенні і яка дає при його дослідженні в кінцевому рахунку інформацію про сам модельований об'єкт. Моделювання ґрунтується на методах *теорії подібності*. Подібними називаються явища, у яких всі процеси (*повна подібність*) або найбільш суттєві при даному дослідженні (*неповна або локальна подібність*) у будь-який момент часу і у будь-якій точці простору відрізняються від відповідних параметрів іншого явища у певне (постійне) число раз, що називають *масштабом моделі*.

Ознаками подібності й умовами встановлення її при реалізації моделювання обирають чисельно однакові критерії подібності.

Подібність явищ може бути *фізичною і математичною*. У фізично подібних явищах всі процеси (основні для даного дослідження) мають однакове фізичне походження. У математично подібних явищах процеси мають різне фізичне походження, але описуються однаковими рівняннями. Можливості встановлення подібності при математичному моделюванні виявляють за допомогою теорії подібності, яка ґрунтується на аналізі відповідних рівнянь, а також експериментальною перевіркою.

Найістотніша функція моделі – заміна об'єкта вивчення і виконання нею ролі засобу, інструменту пізнання, який можна застосовувати як до вивчення самого оригіналу, так і до подібних йому. Моделі ділять на такі основні групи:

- *математичні* - призначені для дослідження явищ на установках, які дозволяють реалізувати математичну подібність;
- *геометричні* (іноді їх називають макетами) - дають тільки геометричну подібність без відображення суті явищ, які відбуваються;
- *фізичні* - для дослідження явищ на установках, які зберігають подібність основних фізичних процесів досліджуваного явища.

Найбільш поширені у наукових дослідженнях фізичні та математичні

моделі.

*Фізичне* моделювання дає можливість замінити у процесі дослідження складні об'єкти і процеси більш простими і досліджувати на основі цього замість реальних об'єктів і процесів їх прості замінники. При цьому вони дають можливість наочно спостерігати за багатьма реальними процесами чи явищами. За допомогою фізичних моделей стає можливим вивчати і прогнозувати вплив окремих параметрів на досліджувані об'єкти.

*Математичні* моделі дозволяють кількісно досліджувати процеси і явища, які важко піддаються вивченню на фізичних моделях. Математичним моделюванням можна передбачити властивості або поведінку досліджуваного об'єкта чи процесу ще до їх створення. При математичному моделюванні виникають похибки трьох видів:

- *первинна похибка* – через розходження між дійсним значенням фізичної величини в натурі та її розрахунковим значенням, прийнятим для здійснення на моделі;
- *вторинна похибка* – через неточність відтворення на моделі модельованих величин (розрахункових значень) і похибки вимірювання;
- *принципова похибка* – через неповне врахування моделлю факторів, що впливають на досліджувані процеси (наприклад, зумовлених наближеним моделюванням).

*У загальному випадку прогнозуюча система може мати математичні, логічні й евристичні елементи. На вхід системи надходить наявна на даний час інформація про явище, процес чи об'єкт, а на виході системи отримують інформацію про майбутні параметри явища, процесу чи стану об'єкта, тобто власне прогноз (рис.5.5). На основі цієї схеми окремо проводиться прогнозування кожного з видів антропогенного впливу, що мають місце. Сумарний вплив враховується при оцінці прогнозних результатів.*

*Першим етапом при прогнозуванні є збір і аналіз необхідної вихідної інформації, що стосується джерел, факторів і параметрів процесів антропогенного впливу в ретроспективі і в даний час. Значна частина зазначеної вихідної інформації може бути отримана в блоці екологічного моніторингу, де передбачається спостереження за джерелами, факторами антропогенного впливу і власне антропогенним впливом на навколишнє середовище. Частково вихідна інформація для прогнозування виробляється також блоком моніторингу, зв'язаним з оцінкою рівнів антропогенного впливу.*

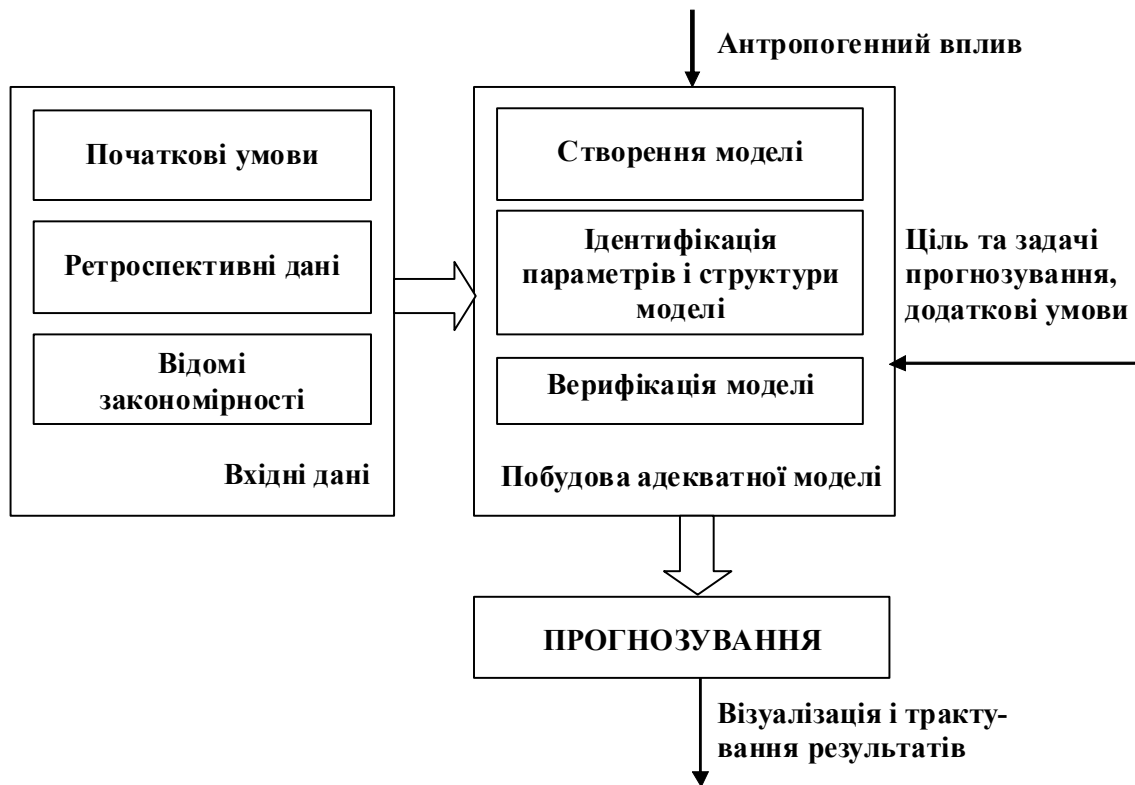


Рис. 5.5 – Схема процедури прогнозування стану довкілля

Другий етап прогнозування полягає у створенні математичної моделі процесу антропогенного впливу на навколишнє середовище, а також методів ідентифікації її параметрів і структури за вхідними даними. Модель розробляється з урахуванням даних ретроспективного аналізу модельованого процесу антропогенного впливу. При цьому важлива роль належить встановленню емпіричних чи підтвердженню теоретичних закономірностей формування факторів антропогенного впливу.

Необхідно відмітити, що при створенні моделі процесу антропогенного впливу виходять з цілей і задач прогнозування і враховують так званий інтервал попередження (заданий відрізок часу з моменту формування прогнозу до моменту в майбутньому, для якого цей прогноз робиться).

Третім етапом прогнозування є проведення необхідних розрахунків і візуалізація їхніх результатів. Результати розрахунків повинні бути представлені у вигляді, зручному для оцінки антропогенного впливу на об'єкти навколишнього середовища.

На заключному четвертому етапі прогнозування виробляється оцінка адекватності моделі реальним процесам і вірогідності одержуваної прогнозної інформації. При цьому можуть використовуватися різні методи.

Оскільки майбутня ситуація, пов'язана з антропогенним впливом, залежить від багатьох факторів стохастичної природи і характеризується невизначеністю, то у такому випадку найбільше підходить метод максимуму правдоподібності. Зазначений метод ґрунтується на імовірнісному підході. Головна ідея методу полягає у визначенні так званої функції

правдоподібності. Як правило за таку функцію приймається умовна щільність імовірності.

Широке застосування в задачах прогнозування знаходить і досить відомий метод найменших квадратів, що є частковим випадком методу максимальної правдоподібності, коли переешкоди і збурення, що накладаються на детерміновану частину прогнозованого процесу, аддитивні і мають нормальний розподіл.

Окрім згаданих вище, застосовуються й інші методи. Наприклад, метод, заснований на визначенні мінімуму максимального відхилення параметрів детермінованої частини моделі від їхніх експериментальних значень та інші.

За результатами прогнозування виробляється оцінка антропогенних впливів. При цій оцінці прогнозовані параметри, що характеризують антропогенні впливи, порівнюються з їх критеріальними значеннями. На основі цього порівняння проводиться відповідний аналіз і формуються висновки про доцільність проведення тих чи інших природоохоронних заходів. У цьому складається головний принцип оцінки антропогенних впливів.

До критеріїв оцінки рівнів антропогенного впливу можуть відноситись гранично допустимі концентрації тих чи інших шкідливих речовин, допустимі рівні забруднення територій, гранично допустимі рівні шумів, електромагнітних випромінювань, теплових потоків, температурного градієнта тощо.

Критичні значення параметрів відповідають науково обґрунтованим і прийнятним рівням антропогенних впливів.

## **5.5. Автоматизовані системи спостережень і контролю стану довкілля**

### **5.5.1 Основні поняття автоматички**

Термін **“автоматика”** походить від грецького слова automatic – саморухомий. Автоматика – це по суті інша назва технічної кібернетики<sup>35</sup>. В сучасному розумінні автоматизація технологічних процесів – це вищий ступінь механізації, при якому людина повністю виключена з певного технологічного циклу або навіть процесу. Тобто всі енергетичні, технологічні та управлінські функції передано машині, а за людиною залишаються лише функції контролю за роботою машини.

---

<sup>35</sup> Грецький філософ Платон вперше використав термін **“кібернетика”** як мистецтво управління суспільством (з грецької: “кібер” – над, “наутіс” – моряк, тобто – старший над моряками, керманіч). У XVIII столітті французький вчений Ампер, класифікуючи науки, також назвав кібернетикою науку про управління суспільством. Потім цей термін було забуто на 200 років і лише в 1948 році Норберт Вінер у своїй книзі **“Кібернетика або управління та зв'язок у живому та машині”** відродив цей термін у більш широкому, сучасному розумінні і накреслив програму розвитку кібернетики. Згідно з визначенням Н.Вінера кібернетика – це наука про управління в живому та неживому світі, яка базується на математичних методах та комп'ютерних системах. Іншими словами, там, де є переробка інформації з метою управління, там є кібернетика.

Є принципова різниця між поняттями автоматична та автоматизована система управління.

Автоматична система, або система автоматичного управління, виконує комплекс дій, від отримання і переробки інформації до прийняття рішень і виконання дій управління. Прикладом таких систем є, наприклад, автопілот або система автоматичної стабілізації заданого курсу літака. Автоматичні системи розділяють на системи автоматичного контролю (САК), автоматичної сигналізації (САС), автоматичного управління (САУ).

Як правило, автоматичні системи проектують і використовують для відносно малих об'єктів: вимірювального пристрою, верстата, ракети, технологічної лінії, тощо. САУ представляють у вигляді структурної схеми (рис.5.10), яка складається з окремих ланок  $Y_1(S)$ ,  $Y_2(S)$ , чутливого елемента та ланки порівняння.

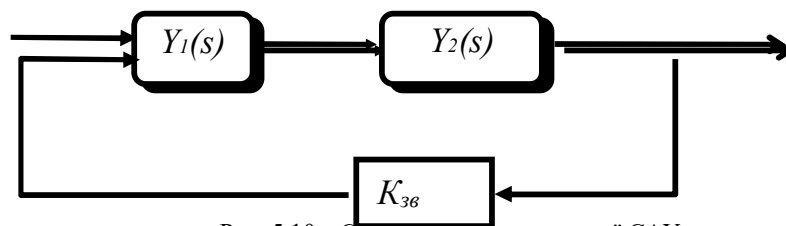


Рис. 5.10 – Структурна схема типової САУ

Принцип зворотного зв'язку дозволяє отримати більш високу якість управління і широко використовується як у автоматичній (технічній кібернетиці), так і в кібернетиці взагалі. Кожна ланка такої моделі може бути описана диференціальними рівняннями того чи іншого порядку.

В автоматизованій системі управління (АСУ) процес прийняття управлінських рішень виконує людина. Прикладом автоматизованої системи є системи радіаційного моніторингу “РОДОС” та “Кільце”, в яких повністю автоматично виконуються процеси збору інформації про стан радіаційної обстановки на десятках об'єктів, розташованих на значних територіях різних країн, автоматично виконується обробка цієї інформації але рішення приймають уповноважені особи (див. розд. 3.4).

Автоматизовані системи проектують для так званих “великих” систем – на рівні цеху, підприємства або навіть регіону чи держави. Для великих систем математичні моделі у вигляді диференціальних рівнянь малопридатні. У випадку великих систем використовують моделі у вигляді графів: транспортна мережа (мережевий граф), або мережа масового обслуговування.

Таким чином, для великих технічних чи природних систем (економіка або ж екосистеми регіону, країни в цілому), розробляють автоматизовані системи управління (АСУ). На нижньому рівні цих АСУ можуть бути використані системи автоматичного управління (САУ), наприклад, для автоматичного відбору і первинного аналізу проб.

#### 5.6.2. Автоматизовані інформаційні системи моніторингу

Під автоматизованою інформаційною системою (АІС) мається на увазі система з розподіленою організацією збору й обробки інформації. Мета застосування АІС полягає в

організації періодичного контролю одного чи ряду параметрів навколишнього середовища, а також обробки, документування й аналізу інформації, що збирається, як у режимі нормального функціонування (при наявності нормальної екологічної ситуації в межах об'єкта, що спостерігається), так і в аварійному режимі (в умовах різкого загострення екологічної обстановки). Оптимальним варіантом роботи в аварійних умовах є підвищення кількості контрольованих параметрів (включення в сферу контролю тих параметрів і характеристик стану навколишнього середовища, що не мали великого значення в нормальних умовах, але мають важливе значення для формування картини оперативної обстановки в кризовій ситуації), а також зниження періодичності проведення контролю цих параметрів.

Як автоматизована система, АІС широкого використовує обчислювальні засоби, програмне забезпечення, засоби зв'язку. Використання АІС у рамках глобальної системи екологічного моніторингу (ГСЕМ) вважається необхідним, оскільки це тільки підвищує продуктивність систем моніторингу довілля, але й дозволяє формувати системи моніторингу на основі модульного принципу. Це також дає можливість забезпечити більш стійку роботу системи, а також підвищує її гнучкість, тобто можливість її модернізації з метою пристосування державної системи екологічного моніторингу (ДСЕМ) до вимог, що змінюються. Модульність у межах окремої АІС дозволяє підвищити надійності її роботи, а також дозволяє додавати, видаляти або реорганізовувати підсистеми контролю визначених параметрів навколишнього середовища у складі АІС. Інакше кажучи, АІС, як система, основана на застосуванні інформаційних технологій, значно гнучкіша в порівнянні зі своїми попередниками – системами моніторингу, заснованими на тандемі «людина – засіб вимірювання».

Немаловажним фактором при застосуванні АІС є також те, що вони можуть виконувати функції моніторингу в умовах, коли присутність людини ускладнена або, навіть, неможлива (наприклад, у складних метеорологічних умовах чи в аварійних ситуаціях, що супроводжуються викидами сильнодіючих отруйних речовин чи радіоактивним забрудненням).

Таким чином, АІС можна визначити як автоматизовану систему збору й обробки інформації, побудовану на модульному принципі і, як наслідок, гнучку і відкрити для будь-якого роду модифікацій, що дозволяють підвищити її ефективність у вирішенні поставлених задач.

*Призначення і функції узагальненої АІС у рамках ДСЕМ.* У складі ДСЕМ АІС є базовим елементом і призначена для збору, обробки, оперативного і довгострокового збереження інформації, прогнозування стану навколишнього середовища на її основі, а також надання інформації в локальні інформаційні центри, керівництву підприємств і їхніх підрозділів по охороні навколишнього середовища, місцевим органам з охорони навколишнього середовища, іншим користувачам інформації. АІС виконує наступні функції:

- *автоматичне вимірювання контрольованих параметрів;*
- *збір інформації та її первинну обробку;*
- *контроль відхилення поточних значень зазначених параметрів від їхніх контрольних рівнів;*
- *відображення інформації та формування оперативної обстановки;*
- *документування інформації;*
- *прогнозування змін у навколишнім середовищі;*
- *передача інформації зацікавленим особам і суміжним системам.*

Перша функція полягає у вимірюванні контрольованих параметрів на постах автоматичного контролю з використанням стандартних засобів. Збір і збереження отриманої в такий спосіб інформації (функція 2) також виконується на місці з застосуванням обчислювальної техніки. Цією технікою



може бути або ноутбук або комп'ютер невеликої потужності, наприклад кишеньковий персональний комп'ютер Pocket PC.

Третя функція також реалізується безпосередньо на постах контролю при їхній великій кількості і полягає в подачі сигналу тривоги на центр управління АІС при перевищенні поточного значення якого-небудь з контрольованих параметрів над нормативним. При малій кількості посад контролю ця задача покладається безпосередньо на центральну посаду управління системою. При кожному із зазначених вище підходів до її рішення, на центральній посаді управління, після одержання сигналу тривоги виробляється оповіщення вищестоящої структури, у яку дана АІС входить як підсистема. При критичних значеннях важливих параметрів функціонування АІС переводиться в аварійний режим оператором, або автоматично.

Формування оперативної обстановки, як і всі наступні функції АІС виконується на верхньому рівні системи, у центрі управління нею. Дана функція полягає в обліку інформації, що надходить, і перетворенні її у визначену форму (табличну, графічну, у виді файлу визначеного формату на комп'ютері і т.д.), доступну для аналізу й оцінки ситуації, що складається. Виконання цієї функції припускає також постійне опитування постів контролю з визначеною періодичністю для збору контрольованих на них параметрів.

Документування інформації – процес автоматичного формування обробленої інформації, а також її збереження з метою передачі іншим суміжним системам, проведення статистичного аналізу даних, прогнозування довгострокових змін обстановки (у нормальному режимі функціонування) і оперативних (в аварійному режимі) по контрольованих параметрах.

Прогнозування стану навколишнього середовища далеко не завжди входить у компетенцію АІС, однак у загальному випадку включення його в рамки задач даної АІС бажано, тому що дозволяє домогтися найбільш повної функціональної ефективності системи. Іншими словами, система моніторингу навколишнього середовища працює більш ефективно, якщо АІС, що входять у її склад, виконують усі функції по контролю параметрів стану навколишнього середовища.

Остання функція, обмін інформацією з іншими системами, дозволяє організувати взаємодію АІС з іншими компонентами ДСЕМ. Прикладом реалізації даної функції є, наприклад, передача даних про результати контролю рівня забруднення стоків місцевим органам охорони навколишнього середовища, на підставі чого останні приймають рішення, що дозволяють впливати на підприємство-забруднювач з метою поліпшення ситуації та ін.

Кожна АІС виконує ряд другорядних функцій, спрямованих на підтримку працездатності і цілісності системи:

- контроль технічних параметрів стану АІС, насамперед пунктів спостереження, що входять до її складу;
- організація заходів щодо фізичного захисту підсистем.

Перша функція припускає автоматичний контроль параметрів мікроклімату, електричних мереж, електромагнітних полів з метою

попередження й усунення можливих порушень у роботі основних ланок системи. Друга функція полягає в захисті блоків АІС (насамперед посад контролю, що працюють в автоматичному режимі, без постійної присутності персоналу) від несанкціонованого проникнення сторонніх осіб. Вона реалізується шляхом установки систем фізичного захисту й організації системи сигналізації і реагування.

Внутрішня структура узагальненої АІС. Структура АІС базується на принципах ієрархічності і модульності. Принцип ієрархічності полягає в поділі системи на кілька рівнів, причому кожний з цих рівнів виконує принципово інше коло задач, ніж інші. Для АІС визнано найбільш оптимальною дворівнева структура, за якої компоненти нижнього рівня ієрархії виконують задачі, пов'язані з проведенням безпосередніх вимірів визначених параметрів у крапках контролю і накопиченням даних спостережень на постах контролю з метою їх подальшої передачі на центр управління (верхній рівень системи). Центр управління системи виконує функції збору інформації з посад контролю, її обробки, прогнозування стану навколишнього середовища і передачі інформації підсистемам. Для взаємодії постів контролю і центра управління можуть бути використані різні лінії комунікацій (провідна і радіозв'язок, супутниковий зв'язок тощо).

Модульність АІС полягає в поділі кожного рівня на ряд окремих модулів, кожний з яких може виконувати свої задачі навіть у разі виходу з ладу суміжного модуля даного рівня системи. Наприклад, кожен пост контролю може бути як єдиним блоком, так і сукупністю блоків, що виконують функції вимірювань різних параметрів навколишнього середовища в даній крапці. З іншого боку, працездатність кожного модуля – посадки контролю – не залежить від працездатності центрального блоку АІС.

За великої кількості постів контролю і великої кількості різних типів постів контролю може бути введений проміжний рівень – станції збору й обробки даних, функції яких полягають в опитуванні визначених постів контролю, упорядкуванні інформації і передачі її в центр управління АІС. З метою підвищення надійності функціонування системи можна також дублювати центр управління, причому, зазвичай, дублерами виступають саме станції збору даних. Структура узагальненої АІС (рис. 5.8) відповідає практично всім розглянутим вище критеріям.

Центральний пост АІС у загальному випадку складається із взаємозалежних компонентів: системи опитування постів контролю, блоки обробки і документування даних, блок аналізу і прогнозу стану навколишнього середовища.

Організація пунктів контролю багато в чому залежить від кількості і типу параметрів навколишнього середовища, які спостерігаються, але в цілому вона складається з чотирьох блоків і схематично показана на рис.5.9.

Таким чином, АІС за своєю структурою – дворівнева система з розподілом основних задач між функціональними блоками збору, передачі й обробки даних.

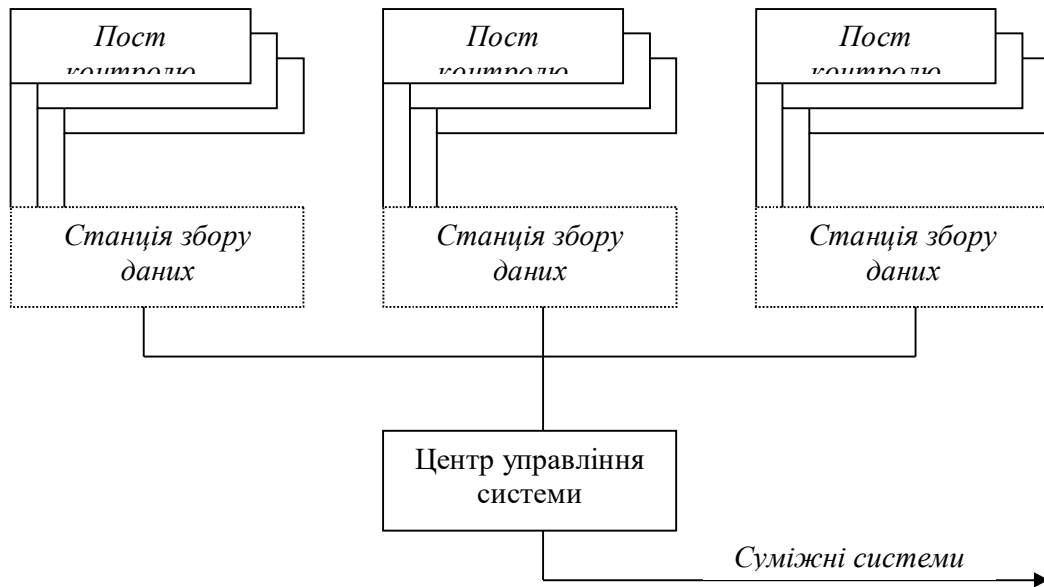


Рис. 5.7 – Спрощена структура узагальненої АІС

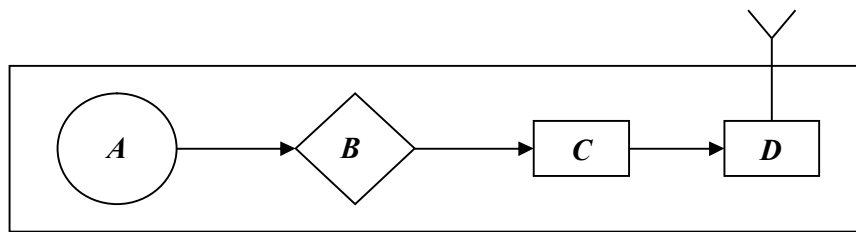


Рис. 5.8 – Схема типового поста контролю, призначеного для вимірювань одного параметра навколишнього середовища

*A – засіб вимірювань; B – перетворювач (найчастіше – мікропроцесорний контролер); C – пристрій кодування цифрових даних для передачі їх у центр управління системи (найчастіше – модем для провідних ліній, радіомодем – для радіозв'язку), D – пристрій передачі даних*

Функціональний зв'язок АІС з іншими компонентами ДСЕМ. Виходячи з характеру функцій, АІС знаходяться на самому нижньому рівні ієрархії ДСЕМ – локальному і є, поряд з іншими системами моніторингу, інформаційно-аналітичною основою цього рівня. Абсолютна більшість АІС належать природоохоронним підрозділам промислових та інших підприємств, відділів охорони навколишнього середовища при місцевих органах виконавчої влади (див. рис. 5.5.3). Вся інформація, що є результатом діяльності АІС, надходить саме в ці структури. Даний зв'язок є одностороннім, оскільки АІС виступає в якості тільки джерела інформації, а зазначені вище організації – як приймач. Разом з тим можливе існування додаткових взаємозв'язків між АІС і іншими компонентами даного природоохоронного підрозділу. Прикладом може служити використання даних про поточні і прогнозовані погодні умови, що отримані системою, яка не входить до складу АІС, з метою формування власних прогнозів зміни полів контрольованих параметрів у часі, на що, звичайно ж, впливають і метеорологічні умови.

Сучасний рівень розвитку екологічних АІС в Україні. Ступінь використання і впровадження автоматизованих, інформаційних систем у будь-якій області діяльності тісно залежить від рівня розвитку суспільства, якісного і кількісного складу його продуктивних сил. На жаль, в Україні АІС моніторингу докільля розвинені недостатньо. Слабкий розвиток інформаційно-обчислювальної техніки, ігнорування екологічного аспекту господарської діяльності перешкодили формуванню і становленню могутньої природоохоронної інфраструктури в радянський період нашої історії. В даний час положення поліпшується, але, у зв'язку з недостатнім фінансування галузі моніторингу докільля, це відбувається занадто повільно. Економічна криза різко обмежила можливості держави по впровадженню ефективних систем охорони природи, у тому числі й АІС. Провиною тому також є формальне відношення до проблеми охорони природи як у суспільній свідомості, так і у свідомості більшості керівників підприємств- забруднювачів навколишнього природного середовища. Що ж стосується безпосередньо АІС, то вони, незважаючи на високий рівень ефективності, залишаються недоступними для більшості суб'єктів. Насиченість обчислювальними засобами і програмним забезпеченням, що виробляються за рубежем, обумовлюють досить високу вартість АІС. Це суттєво обмежує поширення АІС моніторингового призначення у нашій країні. В основному використовуються автоматизовані системи попередження і контролю аварійних ситуацій. Вони, зазвичай, виконують і функції моніторингу, але це не є їх основним завданням.

В 2005–2006 роки АІС з'явилась і в Мінприроди України, зокрема в центральних та регіональних підрозділах Держекоінспекції Мінприроди України (див. п. 5.6.5 і 6.4).

### 5.6.3. Автоматизована система моніторингу Держгідрометслужби

Новий автоматичний пост спостереження за станом атмосферного повітря “Атмосфера-10”, є вимірювально-інформаційною системою і призначений для безупинного спостереження за станом приземної атмосфери міст і великих промислових центрів<sup>36</sup> у складі автоматизованих систем екологічного моніторингу атмосфери (АСЕМА), що плануються як складова частина державної системи моніторингу докільля (рис.5.10). АСЕМА може складатись з двох (або більше) територіально рознесених модулів, сполучених між собою телефонними лініями зв'язку.

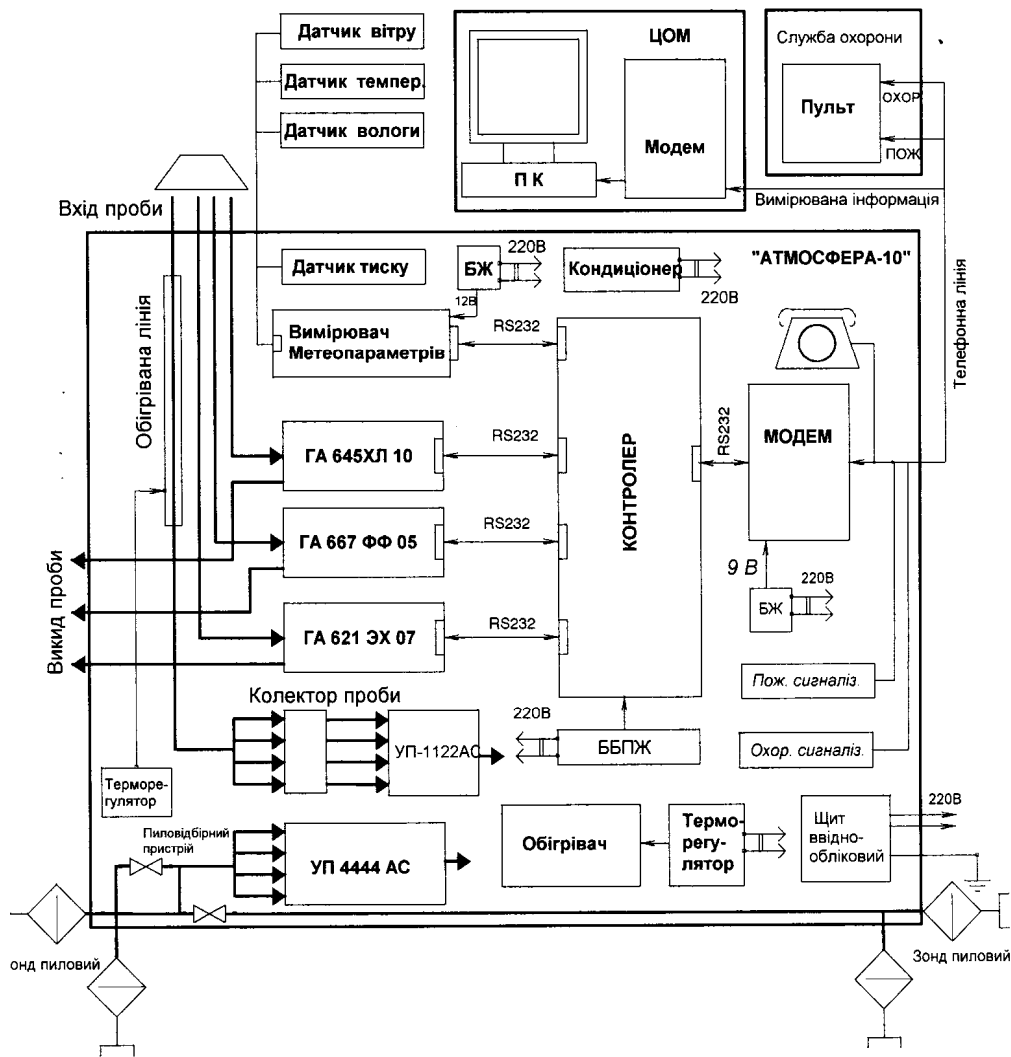
**Перший модуль** складається з вимірювально-інформаційної системи<sup>37</sup> (ВІС) з приймально-передальною апаратурою, яка розміщена в пості “Атмосфера-10”. Таких модулів може бути декілька.

<sup>36</sup> Розроблений ЗАТ “Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування” у 2005 році.

<sup>37</sup> Дашковський О.А., Міхеєва І.Л., Орлов М.О. Автоматичний стаціонарний пост спостережень за забрудненням атмосферного повітря “Атмосфера-10” / Матеріали науково-практичної конференції “Моніторинг навколишнього середовища. Науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення. – К.: НПЦ “Екологія. Наука. Техніка”, 2006. – С.114-117.

*Другий модуль містить пульт управління користувача АСЕМА на базі персонального комп'ютера з модемом, які розташовані в центрі оперативного моніторингу (ЦОМ).*

*Основу першого модулю (пост "Атмосфера-10", рис. 2.1) становлять сучасні автоматичні газоаналізатори (табл. 5.7) оксидів азоту (NO, NO<sub>2</sub>), діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>), оксиду вуглецю (CO) та вимірювач метеопараметрів: температури, відносної вологості повітря, атмосферного тиску, швидкості і напрямку вітру (табл.5.8).*



*Рис. 5.10 – Блок-схема автоматизованої систем екологічного моніторингу атмосфери (АСЕМА)*

*Передача інформації від газоаналізаторів та вимірювача метеопараметрів здійснюється через інтерфейси до мікроконтролера, який обробляє, формує щодобову контрольну-вимірювальну інформацію та зберігає її в енергонезалежній пам'яті за період не менш ніж 5 років. Мікроконтролер забезпечує передачу через модем по телефонній мережі результатів вимірів концентрацій CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> та метеопараметрів на центральний персональний комп'ютер (ПК) по запиту з нього. Мікроконтролер має резервні канали, що дозволяють розширити перелік забруднюючих речовин, які можуть*

вимірюватись в автоматичному режимі за допомогою інших ГА. Як контролер застосовано системний блок ПК із вбудованим помножувачем СОМ-портів та спеціалізованим програмним забезпеченням (ПЗ) розробки ЗАТ "Укрналит".

Таблиця 5.7 – Прилади, що входять до складу посту "АТМОСФЕРА-10"

Тип приладу	Вимірюваний параметр	Метод вимірювання
ГА 645ХЛ 10	Концентрація NO, NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Хемілюмінесцентний
ГА 667ФФ 05	Концентрація SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Флуоресцентний
ГА 621 07	Концентрація CO, мг/м <sup>3</sup>	Електрохімічний
Вимірювач метеопараметрів повітря	Температура, °С	Напівпровідниковий елемент з потенціометричним виходом
	Відносна вологість, % відн	Ємнісний елемент з полімеру і потенціометричним виходом
	Атмосферний тиск, гПа	Мембрана з кремнію з тензоелектричним мостом
	Швидкість вітру V, м/с	Диференційний вимірювач з тензоелектричним мостом і напівпровідниковим елементом
	Напрямок вітру, градус	

ПЗ забезпечує опитування щохвилини кожного ГА та вимірювача метеопараметрів, формування 20 хвилинних усереднених значень, з яких складається добовий файл (72 значення по кожному вимірюваному компоненту) у текстовому форматі (txt). Файли архівуються за датою і розміщуються у відповідних папках (місяць, рік) в пам'яті контролера.

Таблиця 5.8 – Основні технічні характеристики посту "АТМОСФЕРА-10"

Вимірюваний параметр	Діапазон вимірів	Межі допустимої основної абсолютної похибки, Δ <sub>a</sub>
Концентрація NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,000...10,000	± (0,005 + 0,15 C <sub>x</sub> )
Концентрація NO, мг/м <sup>3</sup>	0,000...10,000	± (0,005 + 0,15 C <sub>x</sub> )
Концентрація O <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,000...50,000	± (0,2 + 0,15 C <sub>x</sub> )
Концентрація SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,000...1,000	± (0,005 + 0,15 C <sub>x</sub> )
Температура, °С	Мінус 40... плюс 50	± 0,8
Відносна вологість, % відн	30...98	± 10
Атмосферний тиск, гПа	650...1080	± 1,0
Швидкість вітру V, м/с	1,5...50	± 0,5 при V ≤ 5 м/с ± 10% при V > 5 м/с
Напрямок вітру, градус	0...359	± 10
де C <sub>x</sub> – номінальне значення масової концентрації вимірюваного компонента в аналізованій суміші на вході в газоаналізатор, мг/м <sup>3</sup>		

Сформовані файли містять також службову інформацію про технічний стан ГА та модемної лінії зв'язку, яка використовується сервісними службам для дистанційної оцінки технічного стану ВІС.

Павільйон обладнаний пристроєм забору атмосферного повітря у вигляді пробозабірної колектора, що виступає на 800-1200 мм над дахом павільйону (рис. 5.11). Усередині павільйону розміщені трубопроводи, виконані з фторопластових трубок, протилежні кінці яких приєднані до

газоаналізаторів. Проаналізована проба виводиться назовні посту по трубкам, які приєднані до штуцерів газових виходів кожного ГА.

5.6.4. Комп'ютерні засоби автоматизації аналітичних підрозділів Держекоінспекції Мінприроди України

Забірна частина пробозабірника розташована на даху павільйону і захищена дефлектором, який запобігає проникненню атмосферних опадів усередину трубок пробозабірника і павільйону.



Пост оснащений двома установками пневматичними, які забезпечують ручний відбір проб повітря для визначення за стандартними методикам масових концентрацій пилю, бенз(а)пірену, свинцю, формальдегіду.

В холодний період року проба повітря, відбирається пневматичною установкою УП-1122АС, за допомогою якої визначається вміст бенз(а)пірену, свинцю та формальдегіду в повітрі. Проба підігрівається до температури 20-22°C у пробозабірнику, який обладнаний гнучкою підігрівною лінією з автоматичним термостатом.

Рис. 5.12 – Автоматичний стаціонарний пост спостережень за станом атмосферного повітря "Атмосфера-10" (ЗАТ "Украаналіт", м. Київ)

Ключовим підрозділом державної екологічної інспекції Мінприроди України є відділ аналітичного контролю. Саме в його функції входить проведення

відбору проб та вимірювання параметрів стану води, газів та ґрунту; складання актів та протоколів виконаних вимірювань; накопичення та зберігання отриманої інформації; аналіз та узагальнення результатів вимірювань за багатьма критеріями; передача інформації до відповідних держуправлінь екології та природних ресурсів для опрацювання, накладання штрафів та прийняття інших рішень тощо. Регіональні держекоінспекції регулярно звітують в головну Держекоінспекцію Мінприроди України для узагальнення даних та контролю якості власної роботи. При цьому, той факт, що головний аналітичний підрозділ Держекоінспекції розташований у Києві, а регіональні лабораторії та служби контролю – в регіонах накладає обмеження на своєчасність отримання різного роду узагальненої по Україні інформації та на оперативність прийняття управлінських рішень на її основі.

Автоматизована система контролю (АСК) "ЕкоІнспектор"<sup>38</sup> представляє собою комплекс комп'ютерних програм для кишенькового персонального комп'ютера (КПК) (для реєстрації інформації з відбору проб і вимірювань, що виконуються безпосередньо на місці

<sup>38</sup> Розробка та впровадження єдиної автоматизованої системи 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: Звіт про НДР / В.Б. Мокін, М.П. Боцула та ін. / Вінниц. нац. техн. ун-т. — 2807 (№ ДР 0105U008854). — Інв. № 0206U005422. — К., 2006. — 195 с.

проведення контролю) та для звичайного персонального комп'ютера (для проведення інших операцій).

*Структура АСК "ЕкоІнспектор".* АСК "ЕкоІнспектор" забезпечує автоматизацію діяльності екоінспекторів як на регіональному, так і на загальнодержавному рівнях (рис.5.13).

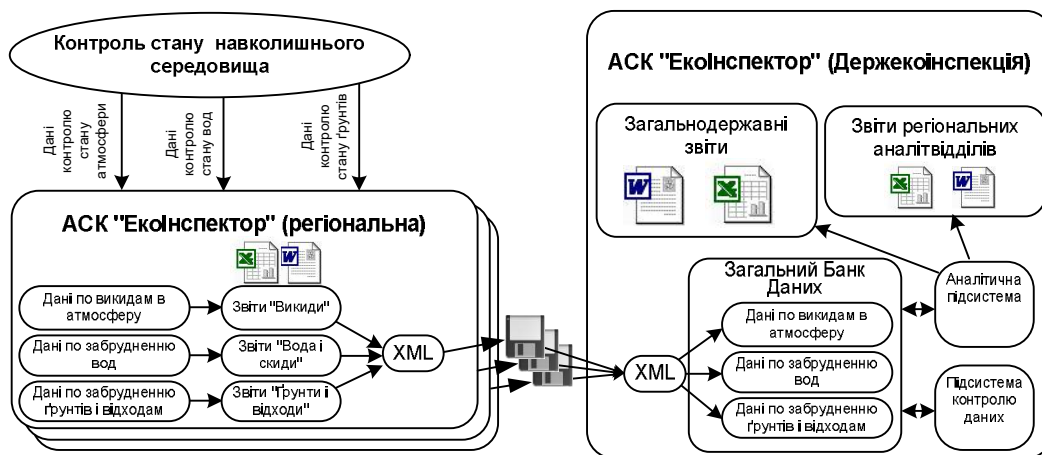


Рис. 5.13 – Структура взаємодії регіональних та Державної екоінспекції

Основою системи є комплекс підсистем для обробки даних одного аналітичного відділу екоінспекції чи-то регіонального, чи-то загальнодержавного рівня. Програмне забезпечення загальнодержавного ж рівня додатково має комплекс підсистем для імпорту даних з усіх аналітичних відділів в єдиний банк даних, а також для їх обробки і формування різного роду звітів.

*Обробка даних аналітичного відділу екоінспекції.* Комплекс підсистем для обробки даних аналітичного відділу екоінспекції складається з чотирьох підсистем:

- підсистема "Викиди", призначена для накопичення, оброблення та аналізування даних про викиди стаціонарних джерел забруднення (ДЗ) атмосферного повітря;
- підсистема "ґрунти та відходи", призначена для накопичення, оброблення та аналізування даних про відходи ДЗ та стан забруднення ґрунту;
- підсистема "Вода та скиди", призначена для накопичення, оброблення та аналізування даних про скиди стічних вод та стан природних вод, головним чином, поверхневих;
- підсистема реєстрації інформації з відбору проб у викидах і вимірювань, що виконуються безпосередньо на місці проведення контролю.

Перші три підсистеми реалізовані на звичайному персональному комп'ютері (ПК), четверта має реалізацію і для звичайного ПК, і для кишенькового.

Кишеньковий ПК (КПК), який пропонується використовувати для вимірювань прямо "на трубі", у порівнянні зі звичайним, має переваги у вартості та його транспортуванні, що обумовлено, головним чином, малими габаритами пристрою (розміром з долонь людини). Однак, ця перевага одночасно є й недоліком — малі габарити екрану ускладнюють введення та редагування великих за розміром (наприклад, формату А3) форм. Тому, розроблена версія і для ноутбука, тобто переносного звичайного ПК.

Підсистеми "Викиди", "ґрунти та відходи", "Вода та скиди" мають єдиний інтерфейс, основний алгоритм роботи та програмні модулі, які забезпечують загальну обробку інформації, її збереження та передавання. Вони можуть працювати на одному комп'ютері, хоча для зручності роботи трьох різних секторів аналітичних відділів екоінспекції краще використовувати три окремих ПК.

*Інтерфейс підсистем* формувався, виходячи з таких вимог:

- максимальна відповідність структурі даних та алгоритму, до якого звикли екоінспектори "в ручному режимі";
- мінімум рутинних операцій;



- максимальна захищеність від помилок при введенні даних.

Загалом, алгоритм роботи з системою в усіх трьох підсистемах проводиться в сім етапів:

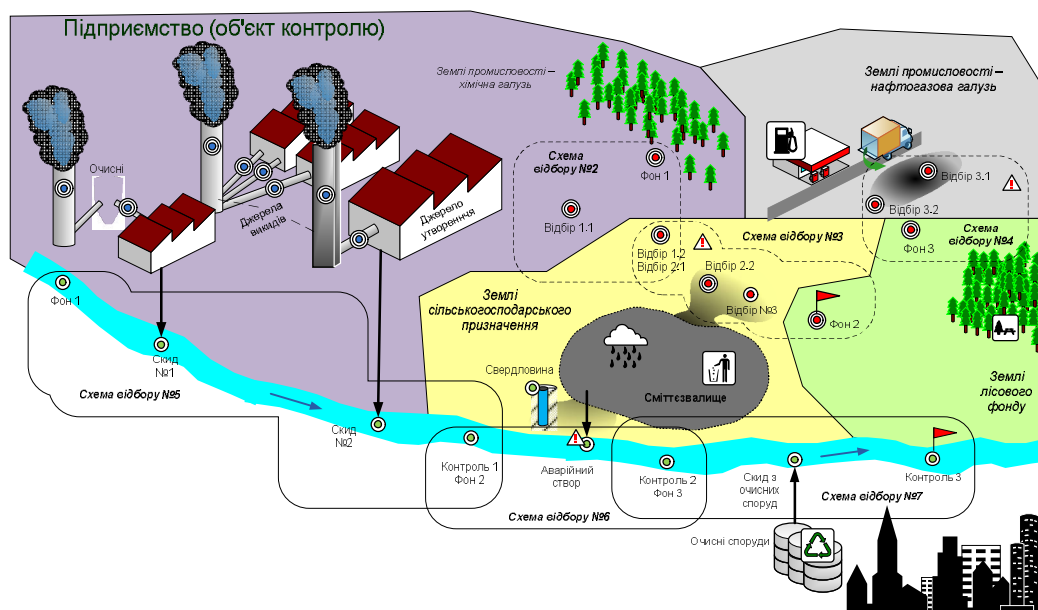
*Етап 1.* Відбір проб. Проводиться відбір проб — для води і ґрунту “в ручному режимі”, а для викидів — з використанням системи реєстрації даних на місці контролю (рис. 5.14).

*Етап 2.* Формування акту відбору проб. Результатом відбору проб є заповнений Акт відбору проб (тут і далі ключові об’єкти моделі класів даних системи наводяться з великої літери); через особливості роботи екоінспекторів на підприємствах та вимоги законодавства тільки бланк Акта готується автоматично, а дані спостережень заносяться вручну.

*Етап 3.* Занесення даних Акта в комп’ютер.

*Етап 5.* Проведення вимірювань у пробах. За встановленим переліком показників якості (води, ґрунту чи газів) за затвердженими Мінприроди України методиками виконання вимірювань (МВВ) проводиться дослідження відібраних проб.

*Етап 5.* Формування Протоколу виконаних вимірювань. За результатами обстеження автоматично формується Протокол виконаних вимірювань.



*Рис. 5.14 – Основні типові схеми відбору проб під час екоінспекційного контролю стану забруднення довкілля (АСУ "ЕкоІнспектор", Держекоінспекція Мінприроди, ВНТУ, 2005-2010 рр.)*

*Етап 6.* Ведення Журналів вимірювань. За результатами обстеження автоматично заповнюються відповідні рядки в Журналах вимірювань.

*Етап 7.* Звітування. З певною періодичністю протягом року формуються звіти для Держекоінспекції та територіальних органів Мінприроди України.

Узагальнена схема структури складових системи має вигляд (рис. 5.15):

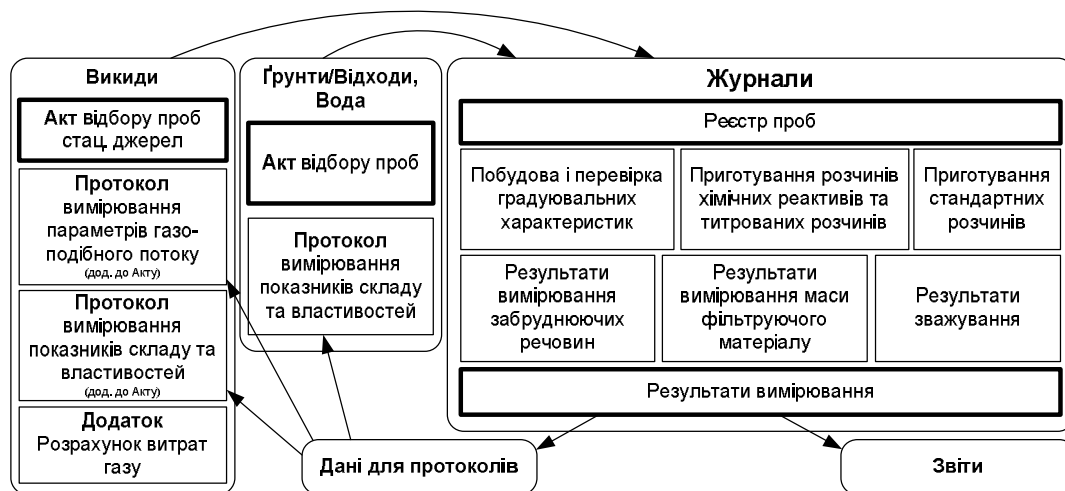


Рис. 5.17 – Узагальнена схема складових АСК "ЕкоІнспектор"

Як видно з цієї схеми, головним об'єктом є Акт відбору проб. У своїй структурі він містить такі основні елементи:

- відомості про установу, що проводить вимірювання, та її представників;
- відомості про установу, об'єкти якої контролюються, та її представників;
- мету, підставу і причину проведення контролю;
- характеристика об'єктів, на яких виконується відбір проб;
- умови виконання робіт;
- умови приймання проб;
- характеристика і дані відбору кожної проби.

Окремою задачею був пошук оптимальної моделі Акта, яка передбачала б усі можливі його варіації, наприклад:

- кількість викидів, скидів чи відходів з одного джерела забруднення може бути різна, тобто один Акт може містити дані про відібрані проби в декількох викидах, скидах чи відходах;
- може мінятись кількість параметрів відбору проб – деякі можуть обстежуватись вже під час проведення вимірювань;
- деякі параметри є числовими, а деякі текстовими типу “проби упаковано в поліетиленові пакети”;
- фіксація параметрів відбору проб різних джерел може проводитись в різних фізичних одиницях, наприклад в “мм.рт.ст.” або в паскалях;
- може контролюватись не тільки джерело викиду (наприклад, труба), а й джерело утворення цих викидів (наприклад, котел);
- одне джерело забруднення може скидати стічні води в різні природні об'єкти.

Модель Протоколу виконаних вимірювань є простішою і містить такі дані:

- відомості про відповідний акт відбору проб;
- відомості про методики, нормативні документи та інструменти вимірювання;
- результати вимірювань.

Однак, якщо складність у програмуванні Акту обумовлена складністю у його структурі, то складність у веденні Протоколу обумовлена тим, що заповнення його елементів є результатом роботи багатьох програмних модулів на етапі проведення вимірювань.

Моделі Журналів не є складними, але складним є ведення усього їх комплексу. Наприклад, для ґрунтів здійснюється підтримка таких журналів: “Реєстр проб”, “Побудова та перевірка градувальних характеристик”, “Результати вимірювання”, “Результати зважування”, “Приготування розчинів хімічних реактивів та титрованих розчинів”, “Приготування стандартних розчинів”, “Внутрішній контроль якості результатів

вимірювань”.

Існують особливості створення системи та роботи з нею на усіх етапах.

*Етап 1.* Відбір проб води та ґрунту є порівняно простим механічним процесом, тому не ставилась задача його автоматизації на місці контролю. Інша справа — відбір газів у джерелі викидів. Лише для обчислення такого параметру, як наприклад, об’ємна витрата газопилового потоку  $q$ , що потрібно для правильного виконання відбору проб, щоразу виконується достатньо складна процедура, яка вимагає часу на попередні розрахунки. Саме в таких випадках використовується КПК, на якому у відповідній програмі, що є частиною системи "ЕкоІнспектор", виконуються вказані розрахунки.

*Етап 2.* Перед виїздом на об’єкт або вже на об’єкті екоінспектор може сформувати і заповнити бланк Акта відбору проб для конкретного підприємства-об’єкта контролю. В такому Акті вказуються реквізити підприємства та інші дані, що характеризують саме підприємство і місця відбору проб. Далі цей бланк друкують у необхідній кількості та заповнюють вручну даними, що безпосередньо характеризують відібрані проби.

*Етап 3.* Складність Акта відбору проб та його важливість для коректного виконання подальших етапів обробки даних контролю обумовлює необхідність забезпечення його безпомилкового введення. Для цього процес введення Акта програмно організований у вигляді покрокового заповнення ряду форм у наперед заданій послідовності:

- заповнення даних про тип відбору, про установу, що проводить вимірювання, її представників, мету, підставу і причину проведення контролю, номер і дата заповнення акта;
- заповнення даних про установу і її представників;
- заповнення даних про умови виконання відбору проб;
- заповнення даних про засоби вимірювальної техніки і паспорти проб;
- заповнення даних про умови доставки проб.

При цьому неможливо перейти до наступного кроку, не ввівши усі необхідні дані на попередньому. Нечислові дані, як правило, вибираються зі списку для уніфікації їх подальшої обробки. Закриття форми унеможливлено для уникнення ситуації припинення введення на довільній стадії, що могло б привести до появи недозаповнених актів. Також унеможливлено виконання будь-яких дій в АСК "ЕкоІнспектор" поки не закінчено процес введення даних акту. Поки не підтверджено завершення процесу введення існує можливість повернутись на будь-який крок заповнення форм і відкоригувати вже введені дані.

*Етап 5.* Проведення вимірювань у пробах також супроводжується інструментами системи. До цих інструментів відноситься набір форм-журналів, які відтворюють функціональність звичайних паперових журналів екоінспекційного контролю, та покроковий "майстер" виконання вимірювань, який в інтуїтивно понятний спосіб дозволяє покроково вибрати необхідні початкові дані, автоматизовано визначити проміжні результати та результати вимірювань, зафіксувати їх в системі.

Під час роботи "майстра" відбувається постійний контроль коректності дій користувача, коментується кожний крок роботи, пропонуються потрібні для обраних початкових умов дані і записи з набору форм-журналів екоінспекційного контролю. Функціонування "майстра" виконання вимірювань дублюється формою-журналом результатів вимірювань, але, на відміну від "майстра", заповнення форми-журналу більш складне і вимагає пильної уваги від користувача, хоча результат дозволяє отримати значно швидше.

Вказані інструменти системи відповідно до обраних користувачем параметрів показників, методик виконання вимірювань і даних відбору проб дозволяють автоматизувати розрахунки, визначити похибку вимірювання, створити супровідні пояснювальні та інформаційні примітки та записи.

*Етап 5.* Протокол виконаних вимірювань формується у три кроки: користувач вказує акт, за яким слід сформувати протокол, вводить потрібний номер протоколу та ініціює його створення. Протокол автоматично створюється за даними системи і результат не виводиться



- виконання математичної обробки градувальних характеристик;
- реєстрацію та накопичення інформації у базі даних;
- автоматичне формування акту відібраних проб та протоколу виконаних вимірювань за встановленими формами;
- аналіз та узагальнення результатів вимірювань за багатьма критеріями у табличному та графічному вигляді;
- зберігання інформації для Держекоінспекції та відповідних обласних держуправлінь екології та природних ресурсів на дискеті або у файлі для електронної пошти;
- представлення аналітичної інформації на загальнодержавному рівні у вигляді тематичних карт за допомогою геоінформаційних технологій;
- захист інформації.

#### 5.6.5. Автоматизовані інформаційні системи контролю радіаційної обстановки на АЕС України

Автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО) призначена для виконання інформаційно-обчислювальних, керуючих і допоміжних функцій при спостереженнях за станом радіаційної безпеки на АЕС і в районі її розташування як в нормальному режимі експлуатації, так і в аварійних ситуаціях.

На Запорізької АЕС АСКРО створювалася як система раннього виявлення радіаційних аварій і тому, крім застосування обчислювальних засобів, засобів телеметричної передачі інформації від вилучених пост контролю, серйозному перегляду піддалося проектне розміщення блоків детектування централізованої інформаційно-вимірювальної системи радіаційного контролю (ЦІВСРК).

*АСКРО призначена для:*

- постійного контролю радіаційної обстановки (РО) на промисловій площадці (ПП) АЕС, у санітарно-захисній зоні (СЗЗ) і зоні спостереження (ЗС) у всіх режимах експлуатації АЕС (нормальної експлуатації, проектної і позапроектної аварії, зняття з експлуатації), в обсязі, достатньому для оперативного висновку про відповідність або невідповідність РО вимогам нормативних документів, що визначають міри і порядок забезпечення радіаційної безпеки на АЕС;
- підвищення рівня радіаційної безпеки АЕС;
- забезпечення достовірною інформацією про РО в навколишньому середовищі, прогнозування змін РО, а також для одержання інформації, необхідної для визначення активності і складу радіонуклідів, що надійшли за межі території АЕС і вироблення рекомендацій для прийняття рішень по ліквідації чи ослабленню радіаційних наслідків можливої аварії.

Процес діяльності АСКРО полягає в зборі, оперативному і довгостроковому збереженні і наданні поточної і ретроспективної інформації про стан РО в місцях контролю. Цей процес є цілком автоматичним.

Збір інформації про параметри РО здійснюється за допомогою набору датчиків, розташованих на стаціонарних постах контролю (ПК) і пересувних постах контролю (ППК). Кожен ПК має локальний архів, у якому зберігаються дані про вимірювані параметри за останні 24 години. Відповідно до заданого циклу проводяться опитування відповідних ПК і ППК і формуються бази даних вимірюваних параметрів.

Верхній рівень системи АСКРО як базового об'єкта автоматизації має загальну інформаційну мережу з автоматизованою системою управління (АСУ) АЕС 2-го рівня і забезпечує її інформацією про вимірювані параметри РО на ПК АСКРО.

Інформація про вимірювані параметри, через обладнання і канали зв'язку АСУ АЕС, надається всім користувачам, що мають права на одержання цієї інформації, у тому числі і на центральний щит радіаційного контролю.

Окрім того, інформація про вимірювані параметри радіаційної і метеорологічної обстановки, постійно передається на автоматизоване робоче місце прогнозування верхнього рівня АСКРО для моделювання і прогнозування поширення забруднень.

Функціонування АСКРО при нормальній радіаційній обстановці (НРО). Обсяг контролю параметрів РО в даному режимі функціонування приведений у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Обсяг контролю в режимі НРО

Тип ПК	ПЕРЕЛІК ПАРАМЕТРІВ РО, КОНТРОЛЬОВАНИХ ПРИ НРО
ПК ОС	Метеодані
ПК ЦПК	Метеодані
ПК промислової площадки	Метеодані, об'ємна активність радіоактивних аерозолів, радіонуклідів йоду
ПК ВТ	Метеодані, об'ємна активність радіоактивних аерозолів, радіонуклідів йоду, інертних радіоактивних газів (ІРГ)
ПК ЖС	Метеодані, об'ємна активність промислових ливневих скидів, господарських фекальних скидів
<b>ПК метеоданих</b>	Метеодані
ППК	Метеодані

ППК використовуються для відбору проб на місцевості і проведення польових спектрометричних вимірювань відповідно до регламенту радіаційного контролю АЕС. Оперативний персонал АСКРО працює цілодобово. Контроль роботи обладнання АСКРО і аналіз інформації здійснюється на ЦПК.

Функціонування АСКРО при аварійній радіаційній обстановці. АСКРО переходить у режим контролю автоматизованим робочим місцем при виникненні аварійної радіаційної обстановки (АРО) автоматично при перевищенні потужності дози гамма-випромінювання в зоні контролю чи на окремому пості контролю встановленого рівня, або по команді оператора. Обсяг контролю параметрів РО в даному режимі функціонування наведено у таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Обсяг контролю в режимі АРО

Тип ПК	Перелік параметрів РО, контрольованих при АРО
ПК ОС	МЕТЕОДАНИ, об'ємна активність радіоактивних аерозолів та радіонуклідів йоду
ПК ЦПК	МЕТЕОДАНИ, об'ємна активність радіоактивних аерозолів та радіонуклідів йоду
ПК промислової	МЕТЕОДАНИ, об'ємна активність радіоактивних аерозолів та

<i>площадки</i>	<i>радіонуклідів йоду</i>
<i>ПК ВТ</i>	<i>МЕТЕОДАНИ, об'ємна активність радіоактивних аерозолів та радіонуклідів йоду</i>
<b>ПК ЖС</b>	<i>МЕТЕОДАНИ, об'ємна активність промислових ливневих скидів та господарських фекальних скидів</i>
<i>ПК метеоданих</i>	<i>МЕТЕОДАНИ</i>
<i>ППК</i>	<i>МЕТЕОДАНИ, об'ємна активність радіоактивних аерозолів та радіонуклідів йоду</i>

*Переключення АСКРО в режим контролю АРО по команді оператора здійснюється:*

- *за наявності інформації про аварію, що надійшла від інших систем контролю і управління АЕС;*
- *за наявності неорганізованих викидів АЕС;*
- *по команді адміністративно-технічного персоналу АЕС.*

*Весь персонал АСКРО працює цілодобово, при цьому, для організації змінної роботи залучаються додаткові штати.*

*Структура АСКРО. АСКРО є територіально розподіленою дворівневою системою, елементи якої розташовуються на ПП АЕС, у санітарних захисних зонах і ЗН АЕС. АСКРО побудована як централізована інформаційна система з розподіленою організацією збору й обробки інформації.*

*Технічні засоби АСКРО за рівнями ієрархії розділені на дві підсистеми:*

*а) підсистему нижнього рівня, до якої входять:*

- *засоби вимірювання радіаційних параметрів у зоні, що спостерігається;*
- *засоби вимірювання метеорологічних параметрів;*
- *засоби збору і первинної обробки інформації, отриманої з усіх засобів вимірювання;*
- *засоби обміну інформацією;*
- *засоби відображення інформації.*

*б) підсистему верхнього рівня, що містить:*

- *засоби обробки інформації і прогнозування змін РО в зоні контролю;*
- *засоби відображення інформації;*
- *засоби архівування і документування інформації;*
- *засоби інформаційного обміну із суміжними системами.*

*Технічні засоби нижнього рівня АСКРО об'єднані у функціонально завершені об'єкти, що виконують основні функції АСКРО незалежно від працездатності технічних засобів верхнього рівня (рис. 5.22).*

*Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) РК «Кільце» введена в промислову експлуатацію на Запорізькій АЕС в лютому 2002 р. До цього система «Кільце» 7 місяців проходила випробування в режимі дослідної експлуатації, де показала свою ефективність і надійність.*

*Перші три контейнери сухого сховища відробленого ядерного палива, контролювалися системою «Кільце». Її датчики чітко відслідковували радіаційне тло на площадці сховища і на прилеглий території. На жодній АЕС на території країн СНД поки немає аналогів ІВС «Кільце».*

*Система цілком відповідає вимогам МАГАТЕ і дозволяє реалізовувати радіаційно-екологічний моніторинг.*

Призначення і склад ІВС «Кільце». ІВС «Кільце» є складовою частиною системи радіаційного контролю і діє як одна з її автономних і функціонально зв'язаних систем. Вона призначена для безупинного контролю радіаційної обстановки (РО) по периметру АЕС, зокрема периметру сховищ відходів ядерного палива, санітарно-захисної зони і ЗН АЕС у всіх режимах експлуатації, при проектних і запроектних аваріях та при знятті енергоблоків з експлуатації.

У режимі нормального функціонування ІВС «Кільце» використовується для одержання й обробки інформації про РО в зоні контролю. Ця інформація необхідна для складання оперативного висновку про відповідність РО вимогам нормативних документів, що визначають заходи і порядок забезпечення радіаційної безпеки (РБ) на АЕС.

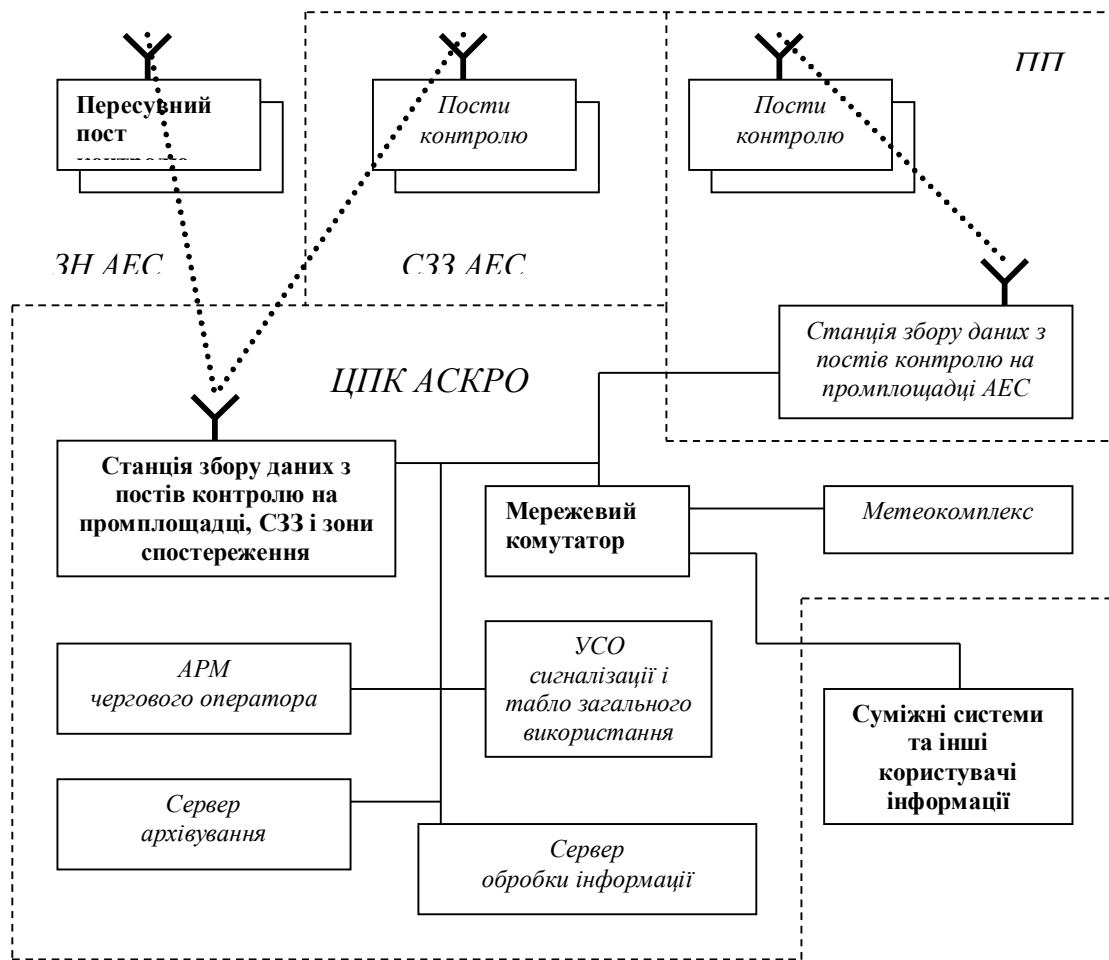


Рис. 5.17 – Структура АСКРО ЗАЭС

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) «Кільце». При проектних і запроектних аваріях ІВС «Кільце» використовується для одержання достовірної інформації про РО в зоні контролю з метою вироблення рекомендацій з ліквідації наслідків аварії.

Система складається з 3-х локальних центрів управління і 18 постів РК, розташованих по периметру АЕС, а також у СЗЗ і у 30-км ЗН. Кожен пост контролю оснащено датчиками і спеціалізованим мікрокомп'ютером, що має радіозв'язок з локальним центром управління. З 2-х хвилинною періодичністю



центр управління проводить збір інформації, що потім паралельно надається оперативному персоналу і на Інтернет-сайт АЕС.

З 54 датчиків, що контролюють радіаційну обстановку ОС, 28 встановлено на території АЕС, інші – у населених пунктах зони спостереження. Таким чином, територія станції і району її розташування знаходиться під постійним контролем. Саме тому система одержала назву «Кільце».

Основними функціями ІВС «Кільце» є:

– автоматичне проведення вимірювань радіаційних параметрів (потужності експозиційної дози ( $\gamma$ -випромінювання і об'ємної активності радіонуклідів), метеорологічних параметрів (напрямок і швидкості вітру, температура повітря, градієнт температур повітря, атмосферного повітря, кількості опадів, поверхневої щільності сонячної радіації), технологічних параметрів (напруги, температури усередині акумуляторного відсіку ПК);

– збір інформації про вимірювані радіаційні, метеорологічні і технологічні параметри, їхня первинна обробка;

– контроль відхилення поточних значень зазначених параметрів від установлених контрольних рівнів;

– формування оперативної радіаційної обстановки за інформацією, яка надходить від ПК системи і відображення цієї інформації;

– документування інформації (рівня радіації, метеорологічного даних, стану технічних засобів, ПК і т.д.);

– накопичення вимірюваних параметрів постами РК наступною передачею по радіоканалу в локальний центр управління (ЛЦУ);

– накопичення, реєстрація даних про технічний стан комплексу всіх технічних засобів системи, функціонування системи і дії обслуговуючого персоналу.

– Основним функціональним призначенням системи є:

– виявлення стрибкоподібних («швидких») змін радіаційної обстановки, що перевищують рівні, обумовлені стохастичною природою розсіювання і флуктуації величини викиду, що відноситься до режиму нормальної експлуатації;

– виявлення тенденцій «повільної»<sup>39</sup> зміни значень радіаційних параметрів.

Автоматична станція контролю забруднення атмосфери (АСКЗА-Г). АСКЗА-Г призначена для автоматичного контролю і спостереження за станом атмосферного повітря міст і промислових центрів. Станція забезпечує автоматичне вимірювання, обробку і реєстрацію значень концентрацій дев'яти основних забруднюючих домішок в атмосферному повітрі: оксиду вуглецю, діоксиду сірки, озону, оксиду азоту, діоксиду азоту, суми оксидів азоту, метану, суми вуглеводнів без метану, а також чотирьох метеопараметрів – швидкості та напрямку вітру, температури повітря і точки роси. При обладнанні станції апаратурою передачі даних типу АПД 600/1200-01 станція може передавати інформацію по телефонним каналам

<sup>39</sup> Під «повільною» зміною мають на увазі зміни на досить тривалому проміжку часу (місяць і більше).

на центральний пункт (станцію). Станція складається з павільйону із зовнішніми та внутрішніми допоміжними пристроями (ЗВП), газовимірювальної автоматичної багатоканальної станції (ГАБС), комплексу метеодатчиків (КМ), пристрою збору і обробки інформації (ПЗОІ) та апаратури передачі даних (АПД). Павільйон має зовнішні розміри 4700 x 2300 x 3500 мм.

Газоаналізатори, які входять до складу системи, можуть працювати в трьох режимах: ручному, автоматичному автономному (від вмонтованого програмно-командного пристрою) і автоматичному дистанційному (по командах-запитах від ПЗОІ).

ПЗОІ виконує автоматичне опитування, масштабування та передачу інформації у фізичних величинах по кожному вимірювальному каналу. Основним елементом ПЗОІ є персональний комп'ютер.

Для вимірювання основних забруднювачів повітря на рівні гранично допустимих викидів (ГДВ) розроблені і випускаються такі прилади як аналітичний спектральний комплекс 306АС011 та газоаналізатор 344ХЛ-05. Київським НДІ НПО "Аналітприлад" в останні роки розроблені автоматичні прилади для контролю за токсичними речовинами в атмосферному повітрі населених пунктів, повітрям робочої зони, викидами транспортних засобів, токсичними викидами промислових підприємств. Найбільш цікавою є базова модель газоаналізатора 305ФА-01, для багатоконпонентного аналізу промислових викидів  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  ( $NO$ ,  $NO_2$ ),  $NH_3$ ,  $CH_4$  (інфрачервоний абсорбційний метод вимірювання). Мікропроцесорний пристрій в приладі дозволяє змінювати діапазони вимірювань і набір інгредієнтів у досить широких межах (програмним способом). В ІТТФ розроблено селективний термокаталітичний аналізатор газів САУГ-1 ( $CO$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ).

В Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова розроблено проект системи збору та обробки даних із роззосередженими джерелами на базі проблемно-орієнтованого вимірювального комплексу (ПОВК) екологічного моніторингу. Розроблений комплекс складається з автоматизованих засобів вимірювань (вимірювальних станцій – ВС), персонального комп'ютера, засобів зв'язку та програмного забезпечення. Як вимірювальну станцію запропоновано використовувати станцію "Фітоекос-2".

В ІТТФ розроблено мікропроцесорний варіант універсальної периферійної контрольної станції (ПКС) з розширеними можливостями порівняно з попередніми АСКЗВ та АНКОС-АГ. Він може стати базовим для створення стаціонарних, пересувних і центральних станцій локальних систем моніторингу. Програмне оперативне переналагодження інформаційно-вимірювальних блоків дозволяє використовувати такий комплекс для контролю за станом різних середовищ. На його базі розроблена автоматизована станція контролю – платформа збору даних (ПЗД) – для неперервного хімічного та радіаційного контролю за станом повітря, води та ґрунту в районі ТЕС, АЕС, підприємств хімічної, металургійної та інших галузей промисловості. ПЗД забезпечує нормальне функціонування автоматичних газоаналізаторів та інших датчиків, первинну обробку

*інформації, інтерфейс для радіального підключення пристроїв послідовної передачі інформації, формування регламентних повідомлень у ЦСОІ (по виділенім або комутованим телефонним каналам зв'язку або радіоканалам, в тому числі і по каналам супутникового зв'язку).*

*Для вирішення задач управління якістю атмосферного повітря в рамках системи екологічного моніторингу створювалась автоматизована система управління якістю атмосфери (АСУЯА), яка складалася з підсистеми контролю рівня забруднення атмосфери (ПКЗА) та підсистеми контролю джерел забруднення (ПКДЗ). Базою для ПКЗА була автоматична станція контролю забруднення атмосфери (АСКА-Г). Підсистема моніторингу забруднень вирішувала задачі отримання інформації про стан атмосферного повітря та порівняння з нормами забруднення (ГДК), отримання оцінки стану забруднення повітря і виявлення джерел забруднення, а також складання прогнозу стану атмосфери. Підсистема моніторингу джерел забруднень здійснює контроль за дотриманням норм гранично-допустимих викидів (ГДВ), які забезпечують встановлений рівень ГДК шкідливих речовин в повітрі.*

*Для забезпечення вирішення задач управління в ПКЗА є додаткові функції по визначенню допустимого викиду на основі даних прогнозу рівня забруднення і метеорологічних параметрів повітряного середовища. В результаті вирішення задач управління формуються пропозиції по розмірам зниження та просторово-часовій структурі промислових і автотранспортних викидів. Ці пропозиції направляються в диспетчерські пункти підприємств і центр управління рухом автотранспортом і реалізуються в підсистемах контролю джерел викидів і підтримки ГДВ. Таким чином забезпечується вирішення задачі регулювання рівня забруднення атмосфери.*

ПКЗА призначена для автоматизованого збору і обробки інформації про рівні забруднення атмосферного повітря в промислових центрах та регіонах. ПКЗА має дворівневу структуру. На нижньому рівні функціонують АСКЗА-Г (5), які здійснюють автоматичне вимірювання метеопараметрів і концентрацій забруднюючих речовин, їх обробку, формування повідомлень для передачі на верхній рівень в центр обробки інформації (ЦОІ), а також пересувні робочі групи (ПРГ) 6, які здійснюють вимірювання метеопараметрів і забруднюючих речовин в місцях, необладнаних АСКЗА-Г, і доставляють відібрані проби повітря для аналізу у стаціонарній газоаналітичній лабораторії та введення отриманої інформації в комп'ютер. Пересувні робочі групи мають у своєму розпорядженні пересувні автолабораторії "Атмосфера-2", які спільно з стаціонарною газоаналітичною лабораторією забезпечують вимірювання фізико-хімічних показників якості атмосферного повітря.

#### 5.6.6. Методи і технічні засоби автоматичного контролю якості природних вод

Методи і засоби оперативного контролю хімічного складу природних вод засновані на реалізації *автоматизованої системи контролю якості води (АСЯНС-ВГ)*, створеної вченими Гідрохімічного інституту Держкомгідромету

і складається з трьох рівнів – засобів оперативного автоматичного контролю забруднення вод; пересувних гідрохімічних лабораторій; стаціонарних гідрохімічних лабораторій; центру опрацювання інформації, що надходить від автоматичних станцій, пересувних і стаціонарних лабораторій [17, 43].

*Автоматизована система контролю якості води (АСЯНС-ВГ – автоматизовані спостереження якості навколишнього середовища – водний горизонт).* Комплекс технічних засобів, що вимірюють у часі і просторі фізичні, хімічні і біологічні показники якості води, передають інформацію на центральний пункт управління і попереджають про порушення норм водокористування. АСКЯВ є частиною єдиної системи контролю стану природного середовища моніторингу.

*Засоби оперативного автоматичного контролю забруднення вод.* Розділяються на дві групи - автоматичні станції контролю якості води (АСКЯВ), або монітори, і аналізатори. У таблицях 5.13 і 5.14 наведені показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматичних визначень.

Таблиця 5.13 – Характерні показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматизованих визначень

Показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Мінеральні речовини	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$
Органічні речовини	Загальний органічний вуглець, БСК, розчинений кисень
Показники евтрофікації	Первинна продукція та деструкція або хлорофіл; розчинений кисень; $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ Nзаг, $\text{PO}_4^-$ , Pзаг.
Показники токсичності	Специфічні біологічні тести (водні організми, ферментативні реакції)
Специфічні забруднюючі речовини	Важкі метали (Hg, Pb, Cd, та інші ), пестициди, нафтопродукти, феноли, СПАР
Загальні показники	Температура, рН, електрична провідність, окисно-відновний потенціал, завислі речовини.

*Автоматична станція контролю якості води (АСКЯВ).* Комплексний багатофункціональний пристрій, що дозволяє без участі людини швидко одержувати, опрацьовувати, зберігати і передавати в центр інформацію про фізичні властивості і хімічний склад поверхневих вод (табл. 5.15).

*Аналізатори.* Прилади, що дають можливість одержувати дані про хімічний склад води в умовах лабораторій або безпосередньо на місці біля водного об'єкта автоматичним або напівавтоматичним шляхом.

Таблиця 5.14 – Показники якості поверхневих вод, які на даному етапі можна визначити автоматичним методом контролю

Характерні показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Органічні речовини	Сума органічних речовин
Показники евтрофікації	Хлорофіл, сума мікр водоростей, $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{PO}_4^-$ ,

Специфічні забруднюючі речовини	Нафтопродукти (плівка)
Загальні показники	Температура, електрична провідність, завислі речовини.

*Пересувні гідрохімічні лабораторії (ПГХЛ).* Вирішують завдання оперативного контролю якості води, які неможливо вирішити за допомогою АСКЯВ, одержують інформацію безпосередньо на водному об'єкті й одночасно доставляють проби для детального аналізу в стаціонарних лабораторіях.

*Стаціонарна гідрохімічна лабораторія (СГХЛ).* Постійна, непересувна гідрохімічна лабораторія, в якій можна робити хімічний аналіз води, визначати багато компонентів її хімічного складу. Основним їх завданням є одержання інформації про якість води, якої АСКЯВ і ПГХЛ не видають.

Таблиця 5.15 – Типовий перелік показників, що визначаються ланками автоматизованої системи контролю якості води

<i>Показник</i>	<i>АСКЯВ</i>	<i>ПГХЛ</i>	<i>СГХЛ</i>
<i>h (глибина)</i>	+		
<i>T, °C; Мутність; X</i>	+	+	
<i>PH, Eh</i>	+	+	
<i>Cl, O<sub>2</sub></i>	+	+	+
<i>S<sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub></i>			+
<i>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup></i>	+	+	+
<i>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>		+	+
<i>F<sup>-</sup></i>	+	+	+
<i>УФ-світлопропускання</i>	+		
<i>CN<sup>-</sup></i>		+	+
<i>Na<sup>+</sup></i>	+	+	+
<i>K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup></i>	+		+
<i>Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Mn, As<sup>3+</sup></i>			+
<i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe<sub>заг</sub>, Cu<sup>2+</sup></i>	+	+	+
<i>Zn<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup></i>		+	+
<i>SiO, Cd<sup>2+</sup>, Hg<sup>+</sup>, Pb<sup>2+</sup></i>	+		+
<i>ХСК, Норг</i>		+	+
<i>Сорг</i>	+	+	+
<i>Жири</i>			+
<i>БСК, СПАР, Феноли</i>			+
<i>Нафтопродукти</i>		+	+
<i>Сума органічних кислот</i>			+
<i>Пестициди</i>			+
<i>Фосфор органічний (P<sub>орг</sub>)</i>			+

*Центр обробки гідрохімічної інформації.* Завданням центру є опрацювання, систематизація і інтерпретація інформації, яку одержують від АСКЯВ, ПГХЛ, СГХЛ; організація зв'язку з усіма ланками АСЯНС-ВГ і споживачами інформації; технічне обслуговування засобів; збір, перевірка на достовірність, опрацювання, збереження і видача різноманітних видів

інформації, включаючи оперативний короткостроковий прогноз стану водного об'єкта. Частота спостережень, які виконуються на різноманітних рівнях АСЯНС-ВГ в залежності від поставлених завдань, коливається від 1-4 на місяць до 12 за добу.

Автоматизовані системи дозволяють визначити поки що невелику кількість забруднюючих речовин, особливо токсичних. Але їх перевага у безперервності вимірювань. Тому вони все частіше застосовуються як в нашій країні, так і за кордоном, де автоматичні станції називають моніторами. Вони автоматично здійснюють відбір проб води, вимірювання, обробку та передачу інформації.

Прискорення і практично безперервне одержання інформації про якість води за допомогою автоматизованих систем контролю зумовлює необхідність їх широкого використання на практиці моніторингу якості вод суші. Перед усім їх доцільно застосовувати в басейнах річок, де є напружений водний баланс. В такому випадку АСЯНС-ВГ стають частиною більш загальної системи управління якістю води, що сприяє оптимізації водоохоронних заходів.

#### **5.7. Забезпечення наукової підтримки управлінських рішень за даними моніторингових досліджень**

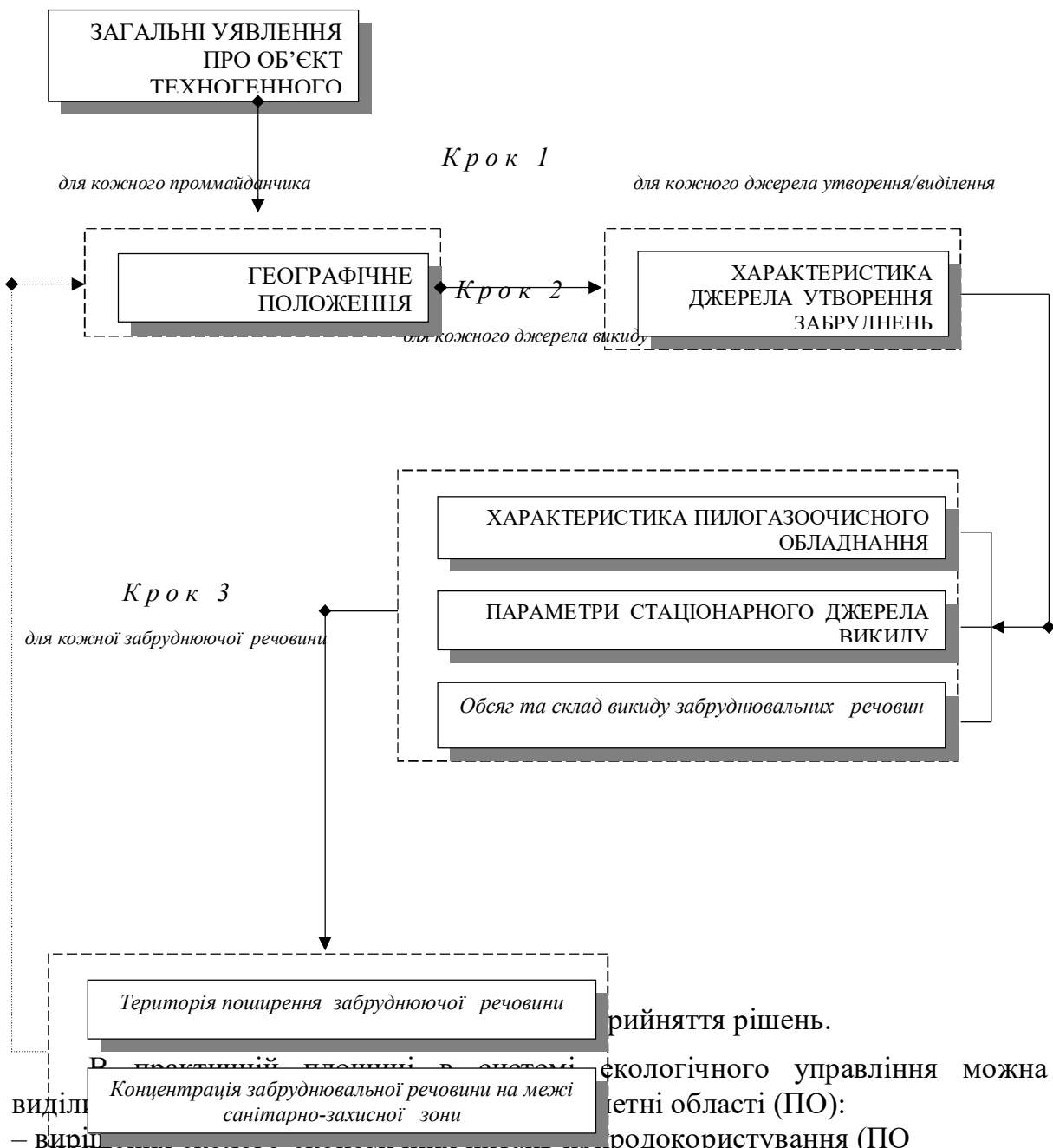
Екологічне управління є специфічною галуззю державного управління і визначається як діяльність державних органів і об'єктів економічної діяльності, що спрямована на розробку і реалізацію цілей, проектів та програм екологічної політики з метою дотримання обов'язкових вимог природоохоронного законодавства. Така діяльність полягає у здійсненні функцій управління об'єктами і процесами, які впливають як на об'єкти навколишнього природного середовища, так і на економічну діяльність суспільства. Екологічне управління – це міждисциплінарна область, яка поєднує в собі сучасні науково-технічні досягнення, технології менеджменту, набутий людством позитивний та негативний досвід. Процес прийняття управлінських рішень відноситься до системно-орієнтованих процедур і може бути умовно зображений у вигляді багатокрокового алгоритму (рис. 5.23).

Управління у галузі охорони навколишнього природного середовища визначається екологічним законодавством України як: "...здійснення функцій спостереження, дослідження, екологічної експертизи, контролю, прогнозування, програмування, інформування та іншої виконавчо-розпорядчої діяльності"<sup>40</sup>. Метою екологічного управління є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних і комплексних природоохоронних заходів, раціональне використання природних ресурсів, досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Екологічне управління є системним як за своєю суттю, так і за об'єктами управління – природно-територіальними комплексами та екологічними

<sup>40</sup> Закон України "Про охорону атмосферного повітря"

системами.



- вирішення питань управління якістю повітряного басейну (ПО “ВИКИДИ”);
- вирішення завдань управління охорони водних ресурсів та водокористуванням (ПО “СКИДИ”);
- вирішення завдань поводження з промисловими і побутовими відходами (ПО “ВІДХОДИ”);
- вирішення питань управління об’єктами природно-заповідного фонду, рослинного та тваринного світу (ПО “БІОРІЗНОМАНІТТЯ”);
- забезпечення екологічної безпеки від дії фізичних, хімічних, біологічних та ін. небезпечних для довкілля факторів (ПО “ЕКОБЕЗПЕКА”).

Ефективність прийняття управлінських рішень багато в чому

визначається можливостями інформаційного забезпечення або інформаційної підтримки таких рішень. Організації інформаційного забезпечення екологічного управління на поточний момент притаманні такі особливості:

- понятійно-термінологічний апарат і основи національного нормативно-правового регулювання інформаційного забезпечення екологічного управління знаходяться на стадії формування;
- невизначенність обсягу інформаційних ресурсів, які відносяться до стану навколишнього природного середовища, рівня його забруднення, потенційних надзвичайних екологічних ситуацій природного та техногенного характеру і якими повинна оперувати відповідальна особа при прийнятті управлінських рішень;
- складності взаємоузгодження при прийнятті управлінських рішень з іншими галузями адміністративного управління територіями (економічного, соціального, демографічного, культурного тощо) в динамічному ринковому середовищі;
- обмеження доступу до джерел інформації внаслідок необхідності збереження державної, військової, службової, комерційної, податкової таємниць;
- проблемність визначення і забезпечення відповідальності за прийняті рішення, у т. ч. при можливих судових розглядах за позовами юридичних і фізичних осіб, держави.

Визначення “екологічної інформації”<sup>41</sup> включає в себе не тільки будь-яку інформацію у письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій формі стосовно стану елементів навколишнього середовища (повітря, вода, ґрунти, ландшафти і т. ін.) та їх взаємодії, але й впливу фізичних факторів (енергія, шум, випромінювання) на стан здоров’я, безпеку та умови проживання людей, стан об’єктів культури, будівель і споруд та діяльність чи заходи, які впливають або можуть впливати на стан та об’єкти навколишнього природного середовища.

Аналіз функціональних задач щодо екологічного управління показує, що інформаційні ресурси можна розділити на три групи:

- I. Об’єкти економічної діяльності як джерела негативного впливу на стан довкілля;
- II. Стаціонарні та пересувні джерела забруднення атмосфери;
- III. Концентрації забруднювальних речовин, що створюються джерелами забруднень в атмосфері, гідросфері та літосфері (включаючи ґрунти).

Основними джерелами інформації можна вважати:

1. *Державну статистичну звітність, форми* (“Звіт про екологічні збори, плату за природні ресурси та поточні витрати на охорону природи”/№1-екологічні витрати/“Звіт про охорону атмосферного повітря”, № 2-тп (повітря, вода); “Звіт про автотранспорт”, №1-тр. тощо).

---

<sup>41</sup> Хоча екологічне законодавство України не дає точного визначення терміну “екологічна інформація”, можна вважати, що до складу *екологічної інформації* входять відомості про наслідки надзвичайних екологічних ситуацій природного та техногенного характеру, а також про екологічну безпеку на відповідній території (промислову, технічну, радіаційну, хімічну, медико-біологічну, пожежну тощо).



2. *Нормативно-технічні та проектні документи і матеріали* (звіти про проведення інвентаризації джерел викидів забруднювальних речовин на підприємстві згідно КНД 211.2.3.014-95 “Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві”; проект нормативів гранично допустимих викидів по підприємству відповідно до Наказів Мінекобезпеки № 75 та 76 від 18. 07. 1996 р. та відповідних “Інструкції щодо оформлення та змісту проекту нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел” і “Порядку розробки і затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами”; матеріали розділу “Оцінка впливу діяльності на стан навколишнього природного середовища” проектної документації за ДБН А.2.2.-1-95; плани природоохоронних заходівтощо.

3. *Експертна інформація* (матеріали актів перевірок виконання природоохоронного законодавства).

Основними користувачами інформації та результатів її аналітичної обробки є *органи місцевої державної влади, підрозділи органів центральної державної влади на місцях* (Мінприроди – відділи екологічного моніторингу, охорони атмосферного повітря, екологічної експертизи; економіки природокористування; санітарно-епідеміологічного нагляду МОЗ – відділи комунальної та промислової гігієни; Держгідрометкому – відділи екологічного моніторингу та охорони атмосферного повітря) та *громадськість*.

*Процес прийняття управлінських рішень в екології вимагає опрацювання значних масивів еколого-технічних, соціально-демографічних, фінансово-економічних та інших інформаційних ресурсів. Чим оперативніше і повніше будуть опрацьовані вказані інформаційні ресурси (за інших рівних умов), тим якісніше і ефективніше буде результат управління. Таким чином від ефективної інформаційної технології залежить правильність рішень та ефективність управлінських рішень.*

*Традиційні інформаційні технології зорієнтовані переважно ефективну обробку інформаційних ресурсів за логікою бізнес-процесів і дозволяють опрацьовувати тільки структуровані і формалізовані дані. Як правило, такі дані з метою технологічної зручності опрацювання організують в бази даних. На жаль, подібні інформаційні технології не відповідають всім вимогам щодо опрацювання інформаційних ресурсів екологічного управління. Так, наприклад, технології управління системами баз даних (СУБД) не задовольняють сучасним вимогам щодо обробки просторово-координованих даних, якими за своїм походженням та властивостями є більшість екологічних даних.*

*Просторово-координовані дані – це вид інформаційних ресурсів, що містить у своєму складі визначник, який вказує відношення інформації до конкретної ділянки простору. Прикладом такого виду інформаційних ресурсів стосовно земної поверхні є:*

- топографо-картографічні дані (карти, плани, схеми, кадастри);

- дані, отримані засобами дистанційного зондування, у т.ч. за допомогою штучних супутників Землі (аерофотознімки, ортофотоплани тощо);
- дані, отримані геодезичним обладнанням з використанням засобів глобальної системи позиціонування (GPS).

*В останні роки просторово-координовані дані стали широко застосовуватись різними галузями народного господарства (використання природних ресурсів, землекористування, реагування при надзвичайних ситуаціях, комунальні послуги та транспорт, водне, лісове та сільське господарство і т.д.). Використання просторово-координованих даних дозволило значно збільшити ефективність систем прийняття рішень.*

*Інформаційні технології, які створені для обробки просторово-координованих даних, дозволяють створювати, модифікувати, маніпулювати і відображати просторово-координовані разом з семантичними даними, моделювати і аналізувати просторові процеси та явища об'єднують під загальним терміном «геоінформаційні технології». Прикладні інформаційні та автоматизовані системи побудовані з їх застосуванням – геоінформаційними системами, або ГІС.*

*Відповідно до процесно-орієнтованого підходу говорять про п'ять рівнів або підсистем, за допомогою яких можна автоматизувати основні процеси обробки просторово-координованих даних (рис.5.24).*

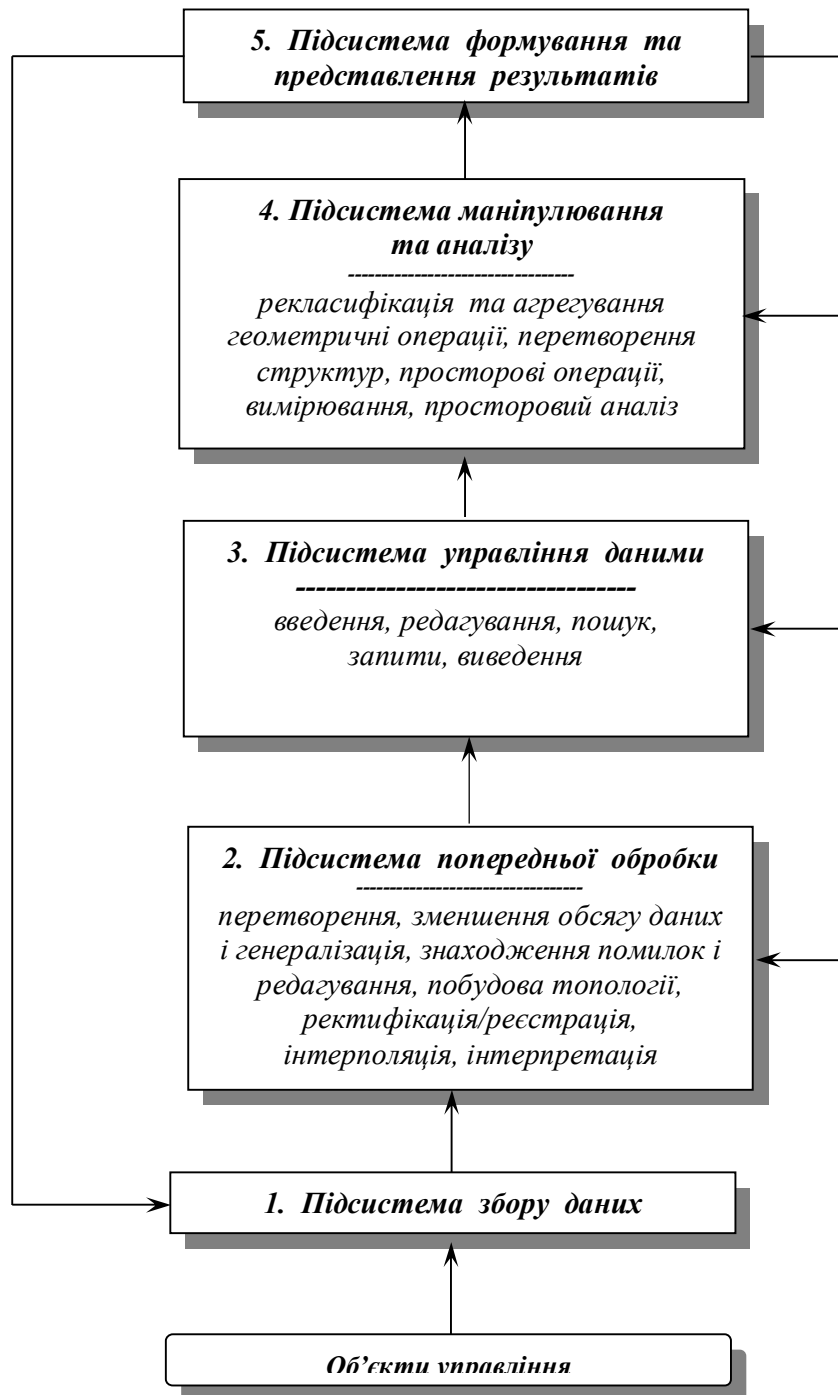


Рис. 5.24 – Процесно-орієнтовний підхід до ГІС (Чабанюк В.С., 1997)

На рівні першої підсистеми вирішується комплекс організаційних і технічних завдань, пов'язаних зі збором вихідної інформації, яка в наступній підсистемі, пройшовши попередню обробку та перевірку на достовірність, буде передана в підсистему управління даними.

В даній підсистемі інформація буде введена, доповнена чи модифікована та збережена. На цьому рівні також можливе виконання первинного аналізу систематизованої інформації – узагальнення, формування повідомлень на запити, пошук і т.д. Четвертий рівень, призначений для виконання складних маніпулювань даними, і дозволяє забезпечити побудову і дослідження

*математико-географічних, аналітичних, стохастичних та інших моделей об'єктів та явищ, призначених для формування і аналізу управлінських альтернатив, їх оцінки за певними критеріями та інші. І нарешті, остання підсистема забезпечує представлення результатів обробки інформації у вигляді, зручному для розуміння їх широким колом зацікавлених сторін, у т. ч. громадськості.*

Геоінформаційні технології є зручною базовою основою для створення прикладних ГІС екологічного управління. В залежності від конкретної предметної області екологічного управління вимоги щодо виду, кількості і якості даних, апаратно-системного та програмного забезпечення, можуть значно коливатися, що впливає на вартість ресурсів, які необхідні для створення і впровадження таких ГІС.

Необхідними складовими структурними елементами ГІС для екологічного управління є такі:

1. Просторово-координовані дані:

1.1. Базова цифрова топографічна модель території:

- адміністративно-територіальний устрій;
- гідрографія та гідромережа;
- зелені насадження.

1.2. Цифрова модель рельєфу території;

1.3. Дані про розташування природно-територіальних комплексів:

- типи ландшафтів;
- об'єкти природно-заповідного фонду та пам'ятки природи;

1.4. Антропогенне навантаження:

- квартальна промислова та житлова забудови;
- транспортна інфраструктура;
- розташування об'єктів техногенного екологічного ризику;
- розташування об'єктів техногенного екологічного впливу;

2. Семантичні дані:

2.1. Статистичні соціально-демографічні та соціально-медичні дані;

2.2. Характеристики об'єктів та процесів техногенного екологічного ризику;

2.3. Характеристики та параметри джерел утворення та емісії забруднюючих речовин;

2.4. Токсико-гігієнічні та фізико-хімічні характеристики забруднюючих речовин.

3. Спеціальне програмне забезпечення:

3.1. базовий ГІС-пакет;

3.2. система управління базами даних;

3.3. програмно-розрахунковий комплекс моделювання поширення забруднення

5. Апаратно-технічне та системне програмне забезпечення:

4.1. комп'ютери;

4.2. мережеве обладнання;

#### 4.3. периферійне допоміжне обладнання (сканери, плотери, принтери тощо).

*Сучасні підходи та методи створення інформаційних систем, у т.ч. ГІС, розглядають їх проектування як поетапний і структурований процес, що визначається послідовністю вирішення взаємопов'язаних задач, які виконуються під час розробки, впровадження та супроводження інформаційної системи протягом її життєвого циклу. Накопичений досвід проектування ГІС показує, що це логічно складна, трудомістка та тривала за часом робота, яка вимагає високої кваліфікації задіяних в ній спеціалістів і часто та виконується, на інтуїтивному рівні із застосуванням неформалізованих евристичних прийомів, практичному досвіді, експертних оцінках і багатовартісних експериментальних перевірках якості функціонування ГІС.*

*Практика показує, що як в процесі проектування, так і при експлуатації, потреби користувачів уточнюються або, навіть, можуть змінюватись, що значно ускладнює розробку і супроводження таких систем. Для успішної реалізації проекту по створенню ГІС екологічного управління об'єкт проектування необхідно, перш за все, адекватно описати і побудувати повні та несуперечливі функціональні та інформаційні моделі ГІС.*

У зв'язку з відсутністю типових проектних рішень для ГІС у галузі екологічного управління провідна роль належить формалізованому представленню відповідної предметної області (ПО). На цій стадії виконується повний об'єм науково-дослідних робіт, які направлені на вирішення наступних ключових задач:

- 1. Аналіз існуючих інформаційних технологій та систем;*
- 2. Розробка концептуальної інформаційної моделі ПО;*
- 3. Створення інформаційно-логічної моделі ПО;*
- 5. Розробка геореляційної моделі ПО;*

Розглянемо вирішення цих задач на прикладі ГІС екологічного управління ПО «ВИКИДИ».

*Аналіз існуючих інформаційних систем та програмних продуктів, рекомендованих до використання Мінекобезпеки України (табл. 5.7.1.) показав, що вони не задовольняють вимогам щодо обробки просторово-координованих даних, вимогам цілісності та узгодженості системи збереження і обробки інформації. Лише, деякі з них підтримують державний класифікатор політико-адміністративного устрою України («NORMA», «LIMIT») і передбачають можливість сортування і вибірки за територіальною ознакою. Загалом всі рекомендовані програмні продукти призначені для використання в межах окремих автоматизованих робочих місць і забезпечення формування даних на об'єктному рівні. Вони мало придатні для використання в системі державного управління і застосовуються як комерційний програмний продукт для полегшення формування звітів нормативно-технічної документації, інвентаризації викидів стаціонарних джерел («ARMECO»), проекту гранично-допустимих викидів*

(«EOL»), дозволу та лімітів викидів забруднюючих речовин («NORMA», «LIMIT»).

Таблиця 5.7.1 – Функціональне призначення комерційних програмних продуктів

<i>Програмний продукт</i>	<i>Функція екологічного управління</i>
«ARMECO»	<i>інвентаризація джерел викидів</i>
«EOL»	<i>прогнозне моделювання впливу викидів на якість приземного шару</i>
«NORMA»	<i>формування проекту дозволу на викид забруднюючих речовин</i>
«LIMIT»	<i>формування проекту ліміту на викид забруднюючих речовин</i>

ГІС, як і будь-яка інша інформаційна система, має певний життєвий цикл, який складається з наступних етапів: аналіз, проектування, реалізація, впровадження та супроводження. За методологією проектування інформаційних систем під моделлю життєвого циклу (ЖЦ) розуміють структуру, яка визначає послідовність виконання і взаємозв'язку процесів, дій та задач протягом *життєвого циклу інформаційної системи*. На поточний момент найбільше поширення отримали наступні дві основні моделі ЖЦ: каскадна та спіральна. Основною характеристикою каскадної моделі є поділ всієї розробки на етапи, причому перехід від одного етапу до наступного відбувається тільки після того, як повністю закінчено роботу над поточним. Головним недоліком цього підходу є істотне запізнення з отриманням результатів. Узгодження отриманих результатів з користувачами виконується тільки в точках закінчення кожного етапу робіт. Вимоги до ГІС є “замороженими” у вигляді технічного завдання на весь час її створення. Тому користувачі мають змогу внести свої зауваження тільки після того, як роботу над системою буде повністю закінчено. У випадку неточного викладення вимог або їх зміни протягом періоду створення ГІС, користувачі отримують систему, яка не відповідає їхнім потребам. Для подолання вказаних проблем було запропоновано спіральну модель ЖЦ. Основною характеристикою спіральної моделі є ітераційний перехід між етапами, на яких технічні рішення перевіряються шляхом створення прототипу. Кожен виток спіралі відповідає створенню фрагменту або варіанту інформаційної системи. На ньому уточнюються цілі і характеристики, визначається його якість і плануються роботи наступного витка. Таким чином поглиблюється і послідовно конкретизуються деталі проекту і, врешті-решт, вибирається обґрунтований варіант, який і доводиться до реалізації.

ГІС підтримки прийняття рішень у галузі екологічного управління є складними інформаційними системами, ЖЦ яких відповідає спіральній моделі. Ця модель робить наголос на початкових етапах ЖЦ: аналізу і проектування. Вони є найважливішими серед всіх етапів створення ГІС, істотно впливаючи на всі наступні. Головне завдання цих етапів - виділити задачі екологічного управління, які потребують інформаційного забезпечення, та, задокументувавши їх, зробити доступними для всіх учасників створення ГІС.

Проблеми, з якими зіштовхуються розробники (експерти-екологи та експерти-програмісти) взаємозалежні, і це є однією з додаткових причин складності створення ГІС:

- експерту-програмісту складно детально опрацювати потік специфічної екологічної інформації в необхідному обсязі для оцінки вимог до системи з погляду експерта - еколога;

- експерт - еколог, у свою чергу, не має достатніх знань щодо технологій опрацювання даних, щоб судити про те, що є здійсненним, а що - ні;

- експерт-програміст зіштовхується з надмірною кількістю докладних відомостей про предметну область і про нову систему;

- специфікація системи через обсяг і технічні терміни часто незрозуміла для експерта - еколога.

Під концептуальною моделлю, розуміють множину знань і уявлень про ПО, які зведено в єдину формалізовану систему. Властивості і взаємозв'язки елементів ПО, які виступають об'єктами екологічного управління відображаються семантично, утворюючи множину концептів (понять) та сукупності відношень, що визначаються на цій множині концептів. Концептуальна модель дозволяє оперувати також гіпотетичними поняттями, які потрібно деталізувати чи відкинути під час роботи над моделлю її уточнення та розвитку. Так, головним об'єктом екологічного управління в концептуальній інформаційній ПО «ВИКИДИ» є територія поширення забруднювальної речовини, джерело емісії та його власник.

Таке представлення дозволяє не тільки описати кількісні ресурсно-екологічні, економічні та соціально-демографічні дані, але і ввести до концептуальної якісну апріорну інформацію основану на знаннях фахівців, а також ту, що міститься в різноманітних науково-технічних джерелах та експертну інформацію, важливість якої зумовлена дефіцитом знань та кількісних даних про об'єкти екологічного управління. Побудова концептуальної моделі проблемного середовища екологічного управління передбачає розгляд двох сторін прояву цілісності природних систем як складних систем: внутрішньої та зовнішньої. Внутрішня - веде до членування системи на окремі компоненти (підсистеми), що виділяються природнім чином та утворюють закриті множини на кожному з розглянутих рівнів. Зовнішня, на противагу внутрішній, розглядає прояв цілісності не через поділ на компоненти, а шляхом сполучення об'єктів в класи. Розглянуті внутрішні та зовнішні сторони прояву цілісності природних систем реалізуються в процедурах відповідно системного та класифікаційного аналізу. При цьому системний аналіз, виступає як універсальний інструмент організації погано структурованих знань дозволяючи враховувати в моделі логічні відношення типу «ціле-частина», а засобами класифікаційного аналізу досліджуються родові відношення типу «рід-вид».

Як приклад можна розглянути регіональну інформаційно-аналітичну геоінформаційну систему попередження надзвичайних екологічних ситуацій техногенного походження – «екоГІС-КІІВ». Ця система охоплює всі предметні області та напрямки екологічного управління та всі його рівні, від

об'єктового до регіонального. Головне призначення системи – забезпечення державного управління екобезпеки в м. Києві достовірною і повною інформацією щодо джерел та обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Інформаційні ресурси «екоГІС-КИЇВ» використовуються при формуванні регіональної міської та місцевих (районних) екологічних програм щодо оздоровлення повітряного басейну та соціально-економічного розвитку територій. Користувачами вихідних даних та їх аналітичної обробки є також органи санітарно-епідеміологічного нагляду, державні комунальні підприємства («Київзеленбуд», «Київспецтранс», «Плесо»), а також інші зацікавлені державні, наукові, комерційні, установи та організації міста. Передбачається доступ громадських організацій до даних, які знаходяться в системі, про стан навколишнього природного середовища м. Києва в межах їхньої компетенції (рис. 5.25).

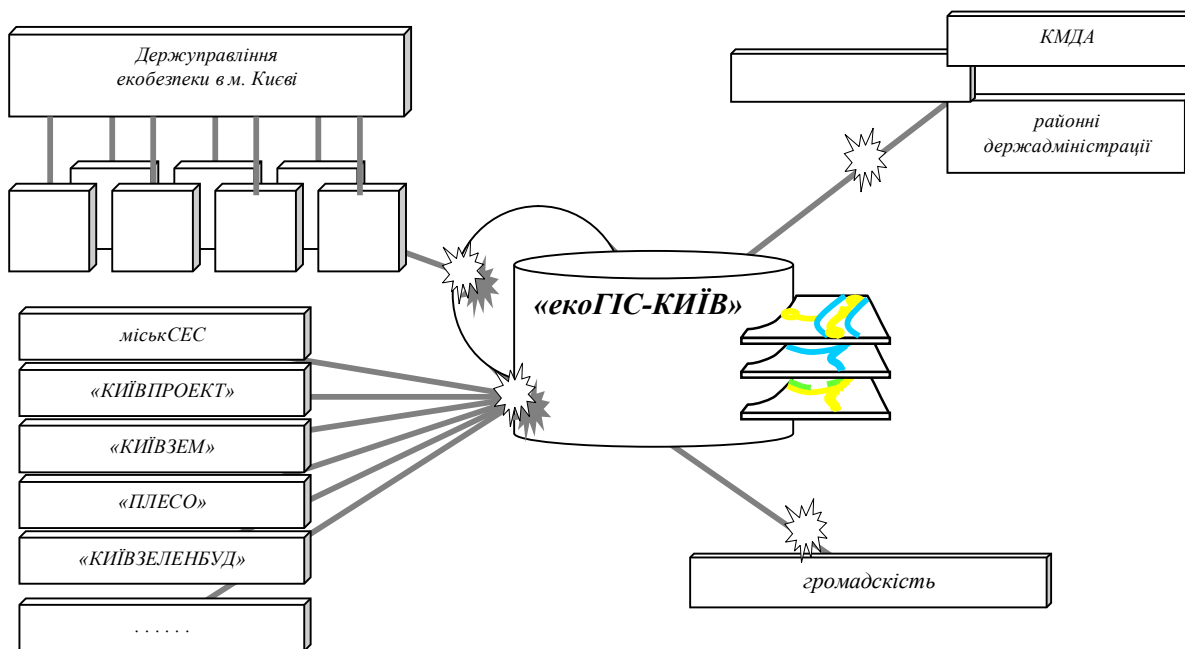


Рис. 5.25. Структура інформаційно-аналітичної системи «екоГІС-КИЇВ»

Технічними умовами передбачено, що система «екоГІС-КИЇВ» буде складатися з шести підсистем:

1. «ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ» – охоплює дані щодо екологічних зборів;
2. «АТМОСФЕРА» – охоплює дані щодо викидів забруднюючих речовин;
3. «ВОДНІ РЕСУРСИ» – дані щодо водокористування і скиду забруднюючих речовин;
5. «ТВЕРДІ ВІДХОДИ» – дані щодо місць утворення, розміщення та видалення твердих побутових та промислових відходів;
5. «ОБ'ЄКТИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ» – дані кадастр об'єктів природно-заповідного фонду та пам'яток природи;
6. «ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ» – дані спостережень за об'єктами навколишнього природного середовища.



Кожна із вказаних підсистем забезпечує відповідний профільний відділ Держуправління екобезпеки в м. Києві, відділи екологічної експертизи та екологічного моніторингу використовують дані перших п'яти підсистем «екоГІС-КІІВ». На даний момент в інформаційно-аналітичній системі «екоГІС-КІІВ» вже розроблено і експлуатуються перші три підсистеми: «ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ», «АТМОСФЕРА», «ВОДНІ РЕСУРСИ». Розробляються – «ТВЕРДІ ВІДХОДИ» та «ОБ'ЄКТИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ». Підсистема «ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ» знаходиться на стадії розробки технічних вимог.

Підсистема «АТМОСФЕРА» інформаційно-аналітичної системи «екоГІС-КІІВ» охоплює функціональні задачі предметної області екологічного управління «ВИКИДИ», описаних в першому розділі. Вона складається з двох основних блоків. Блок забезпечення управління викидами від стаціонарних джерел та блок забезпечення управління викидами від пересувних джерел викидів. Передбачається також, що структурні блоки цієї підсистеми будуть інтегровані з блоком моніторингу стану забруднення атмосферного повітря підсистеми «ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ».

На даний момент до просторових баз даних уведено дані щодо розміщення на території міста більше ніж 700 промислових майданчиків. З них інформацією щодо розміщення джерел, складів та обсягів викидів охоплено приблизно 200, що в загальній сумі складає записів щодо більше ніж 5000 джерел та 16000 викидів відповідно.

Використовуючи моделі, які наведені в другому розділі, фахівцями еколого-медичного наково-виробничого підприємства Екомедсервіс було створено автоматизоване робоче місце (АРМ) – «AIR EMISSIONS ANALYST». До складу АРМу входять еколого-географічні бази даних, програмне забезпечення моделювання розсіювання забруднюючих речовин, статистичного та просторового аналізу даних та відображення отриманих результатів. Його розроблено на основі стандартного комерційного ГІС-пакету компанії ESRI класу «desktop» - ARCVIEW GIS. АРМ має зручний інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс кінцевого користувача для роботи на персональному комп'ютері з операційною системою WINDOWS.

Інформаційний ресурс АРМу складають:

1. Просторово-координовані дані базової цифрової топографічної моделі території м. Києва, яка відповідає топографічній карті масштабу 1:25000; окремі об'єкти базової моделі території такі, наприклад, як проммайdanчики, внутрішньо квартална житлова та промислова забудова, об'єкти природно-заповідного фонду та пам'ятки природи та інш., уточнені по топопланам масштабу 1:10000, 1:2000, 1:500. Просторово-координовані дані ;

2. Семантичні дані, організовані у відповідні бази даних:

- «Метеорологічні характеристики»
- «Об'єкти техногенного екологічного ризику»
- «Параметри сегментів вулично-дорожньої мережі»
- «Характеристика пилогазоочисного обладнання»
- «Характеристика джерел утворення/виділення»

- «Характеристика забруднюючих речовин»
- «Параметри стаціонарних джерел викиду»
- «Обсяг та склад викиду забруднюючої речовини»

Модифікація інформації останніх двох баз даних виконується автоматично шляхом імпорту даних з комерційних продуктів та систем затверджених до використання Мінекобезпеки України. Крім вказаних до складу АРМу входять службові довідники (словники) даних:

- «Класифікатор адміністративно-територіального устрою»
- «Класифікатор видів економічної діяльності»
- «Класифікатор правових форм організації та підпорядкування»
- «Класифікатор системних помилок АРМу» та деякі інші.

3. Програмне забезпечення розрахунку концентрацій і моделювання розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря. Основу цього програмного забезпечення складає продукт «EOL 2000 Designer» компанії «СОФТ-ФОНД», розрахункові алгоритми якого реалізують «Методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86».

Як відомо, найважливіше практичне значення в управлінні якістю атмосферного повітря на об'єктному рівні, зводиться до визначення обсягу емісії забруднюючих речовин, при якому припустимий небезпечний вплив на стан приземного шару зберігався б на рівні не більшому середньодобової гранично-допустимої концентрації для населених місць (ГДК<sub>с.д.</sub>) на відстані, яка не перевищує розмір певної санітарно-захисної зони (СЗЗ).

Для вирішення цього завдання протягом останніх років успішно застосовуються моделі розрахункового визначення рівня приземної концентрації забруднюючих речовин від стаціонарних промислових викидів, які загалом ґрунтуються на методиці «ОНД-86».

### **Контрольні питання**

1. Назвіть основні метрологічні засади організації спостережень за складовими біосфери
2. Методи і технічні засоби вимірювання параметрів довкілля
3. Методи оцінки і аналізу стану довкілля
4. Охарактеризуйте методи аналізу закономірностей процесів та явищ, які змінюються у часі й у просторі. Наведіть приклади.
5. Охарактеризуйте методи та алгоритм прогнозування стану довкілля.
6. Чим відрізняються автоматична та автоматизована системи управління?
7. Які Ви знаєте їх види автоматичних і автоматизованих систем контролю стану довкілля?
8. Дайте характеристику узагальненої автоматизованої АІС у рамках глобальної системи екологічного моніторингу: призначення, функції, структура, пости контролю, стан створення в Україні.
9. Охарактеризуйте АІС моніторингу довкілля та автоматичні пости контролю стану довкілля Держгідрометслужби України.

10. Охарактеризуйте єдину автоматизовану систему Держекоінспекції та підрозділів аналітичного контролю територіальних органів Мінприроди України
11. Де можна отримати результати вимірювань стану забруднення довкілля, розміри викидів, скидів і відходів, їх накопичення, оброблення та аналіз?
12. Охарактеризуйте автоматизовані інформаційні системи контролю радіаційної обстановки на АЕС України.

## **Розділ 6. 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.

### **6.1. 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.*

*Важливо, що в рамках ГІС досліджується не тільки географічна інформація, а й всі процеси та явища на земній поверхні, в економіці та у суспільстві (рис. 6.1).*

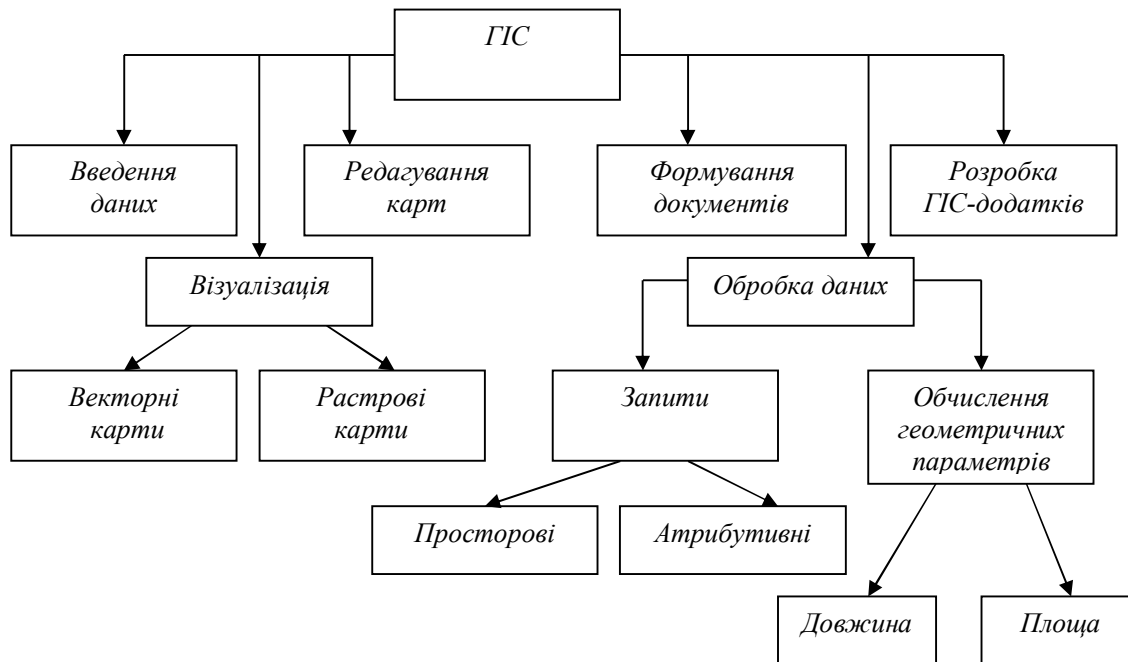


Рис. 6.1 – Основні функції ГІС

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).** Стандартне програмне забезпечення ГІС-пакета типу ArcGIS або MapInfo – це досить складний і дорогий продукт<sup>42</sup>, а впевнене оволодіння ним вимагає від студентів досить високого рівня базових технологічних знань та навичок. Тому, для навчального процесу можна використовувати в'юери, наприклад, ArcExplorer фірми ESRI та MS Map з MS Office. Хоча, серед доступних за ціною, найбільш повнофункціональним з усіх відомих нам універсальних ГІС-пакетів є “КАРТА 2005” (“Панорама 9”, Російська Федерація), який можна переписати

<sup>42</sup> На сьогодні вартість його для студентів університетів, навіть із дискаунтом від дистриб'юторів, сягає майже 200 доларів США,

із сайту розробників [www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru). Привабливим є те, що і ArcExplorer, і MS Map, і “КАРТА 2005” (“Панорама 9”) є офіційно безкоштовними програмними пакетами (ПП), що є ідеальним для використання у навчальних цілях<sup>43</sup>.

**2. Методичне забезпечення навчального процесу.** Хоча є чимало літератури, яка стосується ГІС-тематики, більшість з цих джерел практично недоступна для широких студентських мас. Основним же джерелом більш-менш доступної інформації є Internet<sup>44</sup>. Головною ж проблемою в оволодінні ГІС-технологією є недостатність електронних карт із відповідним атрибутивним наповненням, які розповсюджуються безкоштовно.

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 «Водгосп» 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,*

---

<sup>43</sup> В Інтернеті можна знайти значно більший перелік ПП, які працюють із ГІС-форматом, і які розповсюджуються безкоштовно. Серед них, MapWindows, та міні-ГІС, які фактично завантажено в Ram PC і деякі GPS. Можна знайти посилання не менше, ніж на шість десятків ПО, необхідні для роботи із ГІС і ДЗЗ. До відкритих ГІС-додатків відносять: GRASS, MapServer, Chameleon, Geoserver, GeoTools, gvGIS, JUMP GIS, OpenMap та багато інших.

<sup>44</sup> <http://edem.vstu.vinnica.ua>; <http://www.ecomm.kiev.ua>; <http://www.dataplus.ru>; <http://www.gisinfo.ru> <http://www.isgeo.kiev.ua>; <http://www.vingeo.com> та ін.

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, сільськогосподарських 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 6.2.

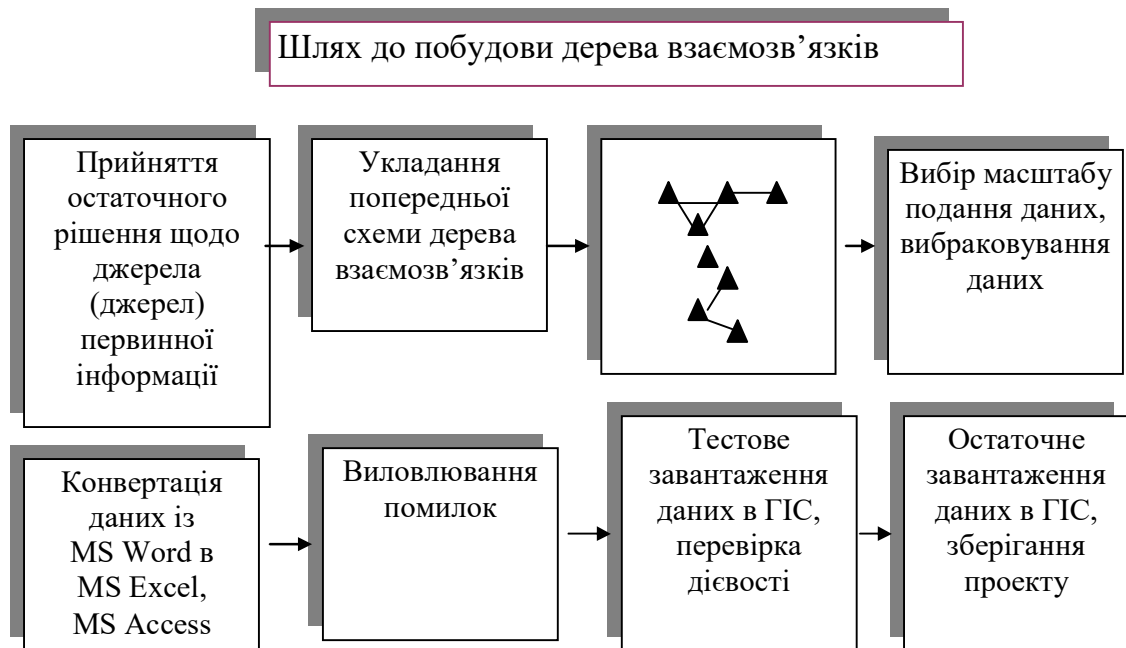


Рисунок 6.2 – Алгоритм обробки екологічних даних для завантаження в ГІС (Придатко, 2002)

*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.

Всі сучасні ГІС-платформи вміщують 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.

*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 контуру 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 сніговий пейзаж, а на другій – липневий ліс – можуть бути однакові. Інший недолік растрової форми полягає в тому, 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;*
- *адміністративний устрій, населені пункти, окремі природні об'єкти;*
- *промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти;*
- *дорожня мережа і дорожні споруди;*
- *рослинність і ґрунти.*

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; 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 містах 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».

## 6.2. Основи дистанційного зондування Землі <sup>45</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>46</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).

Методи ДЗЗ з космосу мають такі переваги:

---

<sup>45</sup> Зміст підрозділу викладено на основі монографії Красовського Г. Я. і Петросова В. А. “Космічний моніторинг водних екосистем з використанням ГІС-технологій”. – К., 2002.

<sup>46</sup> Датою народження ДЗЗ є 1858 рік, коли було виконане перше фотографування з повітряного шару за допомогою тільки-но винайденої 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.

- 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-пакети (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.

**Дистанційні методи зондування навколишнього середовища побудовані на тому, що електромагнітне випромінювання під час проходження через атмосферу зазнає поглинання та розсіювання. Крім того, теплове випромінювання і розсіювання з інших напрямків вносить свій вклад в випромінювання, що реєструється. Отже, вплив атмосфери на електромагнітне випромінювання, яке несе інформацію про об'єкт навколишнього середовища, має бути обмеженим.**

*Поширення  $\gamma$ -випромінювання.* На інтенсивність  $\gamma$ -випромінювання, яке проходить через атмосферу на систему реєстрації, впливає вологість ґрунту. Збільшення вологості впливає на послаблення цього випромінювання.

Поширення випромінювання видимої та близької інфрачервоної області спектра. У видимому діапазоні основний вклад в ослаблення оптичного випромінювання вносять молекули і аерозолі атмосфери. Основними молекулами атмосфери, які здатні поглинати оптичне випромінювання, є водяна пара, двоокис вуглецю, озон, кисень, оксид вуглецю, метан і оксиди азоту. Особливо багатими на лінії поглинання є асиметричні молекули, такі як  $H_2O$ ,  $O_3$ . Молекули, лінійні за своєю структурою ( $CO_2$ ,  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $CO$ ,  $O_2, N_2$ ), мають меншу кількість ліній на спектральний інтервал, хоча спектри цих молекул можуть бути складними (наприклад, молекули метану). Слід зауважити, що поглинання відбувається за рахунок переходів між коливальними та обертальними рівнями.

При відсутності опадів атмосфера містить дисперговані тверді та рідкі частинки (льоду, пилу, ароматичних та органічних речовин, біологічних матеріалів), що мають розміри від декількох молекул до 40 мкм. Такі колоїдні системи, в яких газ містить дисперговані частинки, називаються *аерозолями*.

Під час взаємодії оптичного випромінювання із середовищем, внутрішня структура якого неоднорідна, має місце розсіювання випромінювання.

Характер розсіювання оптичного випромінювання залежить від співвідношення між розмірами частинок середовища, які розсіюють, та довжиною світлової хвилі  $\lambda$ . Звичайно, в атмосфері середньої прозорості розсіювання на аерозолях домінує, якщо довжина оптичного випромінювання перевищує 0,5 мкм.

Збирання, запис і аналіз інформації щодо об'єктів навколишнього середовища на відстані називається *дистанційним зондуванням*. Методи і техніка дистанційного зондування базуються на реєстрації поглинутої, відбитої або випромінювальної енергії, яка надає специфічні характеристичні ознаки основним компонентам біосфери. Розглянемо основні типи систем дистанційного зондування.

*Реєстрація  $\gamma$ -випромінювання.* Метод базується на вимірюванні природного короткохвильового ( $\lambda < 2 \cdot 10^{-10}$  м)  $\gamma$ -випромінювання присутніх в земній корі або в сніжному покриві радіоактивних елементів – природних радіоізотопів  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ . В звичайному ґрунті 90%  $\gamma$ -випромінювання утворюється в 20-сантиметровому поверхневому шарі.

*Фотографічні системи.* В основі техніки повітряної фотографії лежить створення зображень земної поверхні з авіаносіїв та супутників на фотоплівці. Звичайно використовують чорно-білі панхроматичні, чорно-білі інфрачервоні, кольорові та кольорові інфрачервоні плівки. Фотографічні системи здатні створювати зображення об'єктів навколишнього середовища з високим рівнем розділення; застосування техніки багатоспектральної фотографії дає можливість отримати додаткову специфічну інформацію, на яку в меншій мірі впливають температура і вологість навколишнього середовища. Фотографічні системи, що встановлюються на літаках, спроможні забезпечити знімки з висоти близько 20 км; розміри площі, яка фотографується, можуть досягати 30×50 км.

*Відеографічні системи.* Застосування відеокамер дає можливість створювати та записувати зображення в видимій, близькій та середній інфрачервоній областях спектра. Перевагою відеосистем є невисока вартість, створення та накопичення послідовних зображень будь-якого процесу. До недоліків цієї техніки можна віднести невисоке просторове розділення.

*Багатоспектральні сканери.* Принцип дії цих систем полягає в реєстрації спектрального відбивання об'єктами навколишнього середовища на певних спектральних ділянках видимого та інфрачервоного спектру (0,3–14 мкм). Ці ділянки можуть бути або широкими (близько 0,2 мкм), або вузькими (менш ніж 0,01 мкм). Прилади багатоспектрального сканування, що встановлюються на супутниках, дозволяють отримати інформацію з роздільною здатністю близько 10 м, скануючи при цьому території розмірами 60–185 км. Перевагою багатоспектральних сканерів є здатність використовувати вузькі спектральні ділянки і отримувати інформацію в цифровій формі.

*Теплові сенсори.* Всі матеріали здатні висилати інфрачервоне випромінювання, яке обумовлено молекулярними коливаннями. Це теплове інфрачервоне випромінювання реєструється за допомогою техніки, схожої на

багатоспектральне сканування, але в діапазоні 8–14 мкм. Характер зображення при цьому залежить від температури об'єкта та його випромінювальної здатності. Теплові сенсори, які встановлюються на авіаносіях, що зондують об'єкти на невеликих висотах, забезпечують високу роздільну здатність (близько метра); тоді як на супутниках теплові сенсори розділяють простори розмірами 700–900 м. Сучасні прилади теплового зондування спроможні реєструвати різницю температур близько 0,4 К. До недоліків слід віднести вплив метеорологічних умов на результати вимірювань; зондуванню ґрунту підлягає лише шар товщиною 2–4 см.

*Надвисокочастотні ( НВЧ ) локатори.* Цей тип техніки дистанційного зондування передбачає використання електромагнітних хвиль в області від 0,1 см до 2 м (що відповідає частотам від 100 МГц до 50000 МГц). НВЧ локаторні системи можуть бути *активними* (коли об'єкт дослідження опромінюється з подальшою реєстрацією відбитого випромінювання) і *пасивними* (коли реєструється природне випромінювання об'єкту). Принцип дії дистанційного зондування земної поверхні за допомогою локаторів полягає в вимірюванні діелектричних властивостей цієї поверхні, які суттєво залежать від вмісту вологи і температури ґрунту, нерівності земної поверхні, рівня сніжного покриву, типу рослинних покривів і впливають на відбивальні і випромінювальні параметри, що вимірюються. НВЧ локація дає можливість визначати положення, рух та природу віддалених об'єктів. Серед основних типів локаторів, що застосовуються при дистанційному зондуванні, слід відмітити локатори зображення, вимірювачі розсіяного випромінювання, висотоміри, НВЧ радіометри. Завдяки високій проникності НВЧ випромінювання через хмари та листя локатори здатні створювати зображення земної поверхні в дрібних деталях. Об'єкти земної поверхні опромінюються локаторним імпульсами, які відбиваються, реєструються і перетворюються в зображення. Амплітуда відбитого імпульсу складним чином залежить від конкретного об'єкту спостереження. Альтернативним локатору зображення є локатор з синтетичною апертурою (ЛСА). Об'єкт появляється в системі реєстрації локатора лише протягом певного проміжку часу, під час якого відбитий сигнал заноситься в пам'ять бортового комп'ютера. Всі записані сигнали дають можливість реконструювати повну картину всіх об'єктів, що опромінювалися локатором з достатньо вузькою апертурою (звідси термін «синтетична апертура»).

*Лазерні системи.* Дистанційне зондування на основі лазерів полягає в опромінюванні об'єктів навколишнього середовища та реєстрації відбитого від об'єкта або розсіяного від нього лазерного випромінювання. Прилад для дистанційного зондування компонентів біосфери називається ЛДАРом (від англійської фрази Light Detection And Ranging). Наведемо основні типи лідарів.

***Лідар на основі реєстрації зворотного випромінювання.*** Принцип дії лідера полягає в реєстрації відбитого від об'єкта лазерного випромінювання та визначенні концентрації атмосферних молекул або аерозолів.

*Лідар на основі реєстрації диференційного поглинання.* Метод базується на реалізації суттєвої залежності коефіцієнта об'ємної екстинкції від довжини світлової хвилі. В основу роботи диференційного лідара покладено принцип опромінювання об'єкта, що контролюється, світлом із різними довжинами хвиль. Випромінювання з однією ( $\lambda_0$ ) довжиною хвилі, яка співпадає з лінією поглинання об'єкта (газу чи забруднення) поглинається об'єктом, тоді як випромінювання з другою ( $\lambda_\omega$ ) довжиною хвилі, яка далека від лінії поглинання, набуває пружне розсіювання. Критерієм оцінки забруднення атмосфери є відношення сигналів, які реєструються на обох довжинах хвиль. Лідар такого типу отримав в англійській літературі назву *DIAL* ( **D**ifferential **A**bsorption **L**idar) або *DAS* (**D**ifferential **A**bsorption **A**nd **S**cattering).

*Допплерівський лідар.* Суть ефекту Доплера полягає в тому, що при опромінюванні об'єкта, який рухається з швидкістю  $V$ , світлом певної довжини хвилі  $\lambda$  відбувається розсіювання світла, причому частота ( довжина хвилі ) розсіяного світла залежить від швидкості руху об'єкта. Допплерівський зсув  $\Delta f$  частоти світла залежить від кута розсіювання  $\theta$  світла об'єктом, швидкості руху  $V$  об'єкта та від кута  $\phi$  між напрямком швидкості і напрямком поширення світла.

*Лідар на основі реєстрації флуоресценції.* Багато компонентів атмосфери демонструють здатність флуоресцювати. Методи флуоресцентного лазерного зондування дуже чутливі через малі тиски атмосфери, при яких відсутні зіткнення молекул, що гасять флуоресценцію.

*Застосування дистанційного зондування.* Реєстрація  $\gamma$ -випромінювання дає можливість за рахунок оцінки рівня його послаблення визначати вологість ґрунту, наявність або кількість снігу на поверхні (рис. 5.2). Недоліком методу є обмежене просторове розділення та можливість вимірювань лише на невеликих висотах польоту авіаносія.

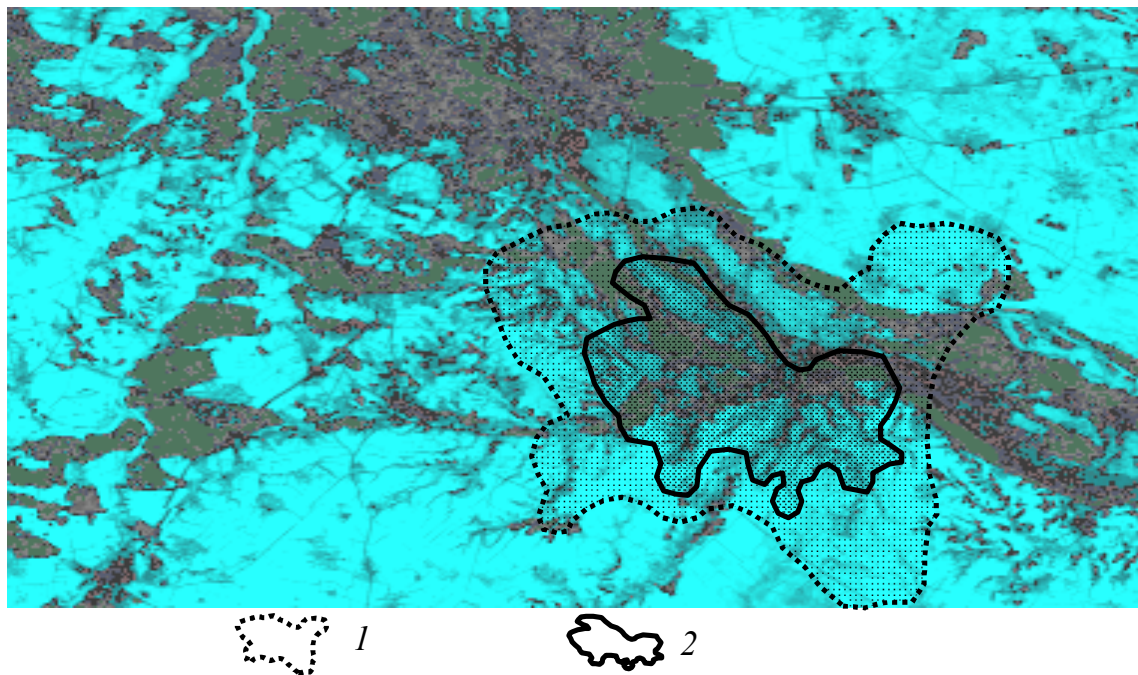


Рис. 5.2 – Визначення ареалів помірного (1) і сильного (2) забруднення снігового покриву техногенним пилом з викидів Трипільської ТЕС за даними дистанційного зондування Землі (Красовський Г.Я., 2005)

Фотографічні та відеографічні системи застосовуються для визначення типів та структури ґрунтів, аналізу стану рослинних покривів, спостереження за дренажними системами, оцінки характеру морських поверхонь. Завдяки використанню фотографічних систем можна отримати інформацію щодо просторового розподілу седиментів, характеру ерозійних процесів, викиду забруднень та стічних вод з труб.

Багатоспектральні сканери використовують для аналізу земної поверхні, рослинних покривів, картографії, визначення вологості ґрунту, оцінки рослинної біомаси, сніжних покривів, непрохідних просторів, кольору океану

Теплові сенсори знаходять застосування при визначенні рівня теплового забруднення водойм, оцінках розмірів, температури рослинних покривів та впливу на них зовнішніх факторів, вологості ґрунту, теплових аномалій, температури та стану поверхні водойм, морських течій, льодових та сніжних масивів, вулканічної активності, евапотранспірації, дренажних структур, термічних індустриальних викидів. Широкого застосування набула техніка дистанційного зондування теплового інфрачервоного випромінювання для аналізу ландшафтних екологічних процесів – вимірювання випаровування, евапотранспірації та вологості ґрунту, вивчення характеристик теплового балансу та теплових потоків, оцінки теплообміну між лісовими масивами.

Лазерні системи використовуються для дистанційного зондування атмосфери, зокрема визначення висоти хмар, дослідження структури і властивостей хмар, вимірювання параметрів вітру, вимірювання вологості і температури повітря, оцінки опадів. Лазерні системи, що встановлені на борту авіаносія чи супутника, спроможні проводити топографічні вимірювання на земній поверхні, оцінювати рослинні покриви, водяні потоки, ерозійні процеси.

Використання техніки реєстрації розсіювання оптичного випромінювання видимої області спектра лежить в основі аналізу молекул та аерозолів, присутніх в атмосфері. Лазерний диференційний лідар застосовується для дослідження розподілу забруднень над промисловими підприємствами, визначення озону. Доплерівський лідар використовують для вимірювання параметрів вітру та опадів.

З точки зору контролю навколишнього середовища перспективними можна вважати застосування флуоресцентної дистанційної спектроскопії для оцінки в атмосфері частинок попелу з підприємств, які використовують вугілля; сполук кальцію і ртуті з плавильних та металургійних заводів, флуоридів, які супроводжують виробництво алюмінію або фосфору; частинок сульфатів, хлоридів, ванадію, миш'яку, оксидів і сульфідів різноманітних елементів. Серед неорганічних та органічних сполук, які супроводжують діяльність хімічних та промислових підприємств і які демонструють флуоресценцію, варто відмітити такі:  $AlF_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $CaF_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $HgSO_4$ , криоліт, кам'яновугільний газ, фосфати.



Лідар на основі комбінаційного розсіювання може бути застосований для визначення наявності та кількісної оцінки атмосферних молекул, таких як  $H_2O$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $C_2H_4$  та інші. Слід також відзначити можливість досліджень об'єктів, які знаходяться у рідкому стані або містять у собі воду; за допомогою методів спектроскопії комбінаційного розсіювання можливо вимірювання температури поверхні водойм.

В інфрачервоній області спектра домінує поглинання сонячного випромінювання різноманітними газами над розсіюванням. Так, аналіз поглинання в області 4,3 мкм ( $CO_2$ ), 4,5 мкм ( $N_2O$ ) та 13–15 мкм ( $CO_2$ ) використовують для вимірювання температурних профілів; в області 6–7 мкм – для оцінки водяної пари; за станом земної поверхні доцільно проводити спостереження в широкій області 8–12,5 мкм.

У жовтні 2002 року Верховною Радою України було ухвалено третю Загальнодержавну (Національну) космічну програму України на 2003-2007 роки. Важливим в Програмі є розділ „Дистанційне зондування Землі”, в якому передбачені наступні завдання:

- забезпечення інформацією органів державної влади за допомогою супутників;
- участь у вирішенні загальнодержавних завдань з моніторингу ресурсів раціонального природокористування, прогнозування техногенних і природних катаклізмів;
- розробка нових апаратних і програмних засобів дистанційного зондування Землі, нових інформаційних технологій, наземної інфраструктури з метою виходу українських підприємств на міжнародні ринки космічних послуг;
- розвиток міжнародного співробітництва в галузі дистанційного зондування Землі для розв'язання глобальних і національних проблем шляхом обміну супутниковою інформацією, участі в міжнародних програмах досліджень Землі.

Сьогодні на орбіті знаходяться біля 50-ти КА ДЗЗ. Як показав аналіз зарубіжних матеріалів з дистанційного зондування Землі, важливою тенденцією сьогодення є міжнародна співпраця. Висока вартість ДЗЗ з космосу потребує тісного міжнародного співробітництва. Координація та оптимізація користі від використання ДЗЗ різними країнами, обмін досвідом, створення глобальних банків даних забезпечується Комітетом супутникового спостереження Землі (CEOS), який сьогодні є головним міжнародним центром узгодження програм ДЗЗ й взаємодії цих програм з користувачами дистанційних даних і всесвітніми інформаційними ресурсами.

У 2003 році на Першому саміті з питань спостереження Землі було поставлене завдання розробки 10-ти річного Плану зі створення Глобальної системи спостережень Землі (GEOS), а в лютому 2005 року в Брюсселі на Третньому саміті представники урядів 58 країн, в т.ч. України, й 30-ти міжнародних організацій схвалили десятирічний план дій на 2005-2014 роки.

На Європейському рівні першим кроком стало створення Проекту Глобального моніторингу в інтересах безпеки та збереження довкілля GMES. Сьогодні йде формування українського сегменту GMES.

### 6.3. Аналіз даних моніторингових досліджень<sup>47</sup>

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. Для реалізації широкого кола методів математичної обробки даних існують спеціальні математичні пакети, у т. ч. безкоштовні: MS Excel, Matlab, Mathcad, Statistica, SPSS та інші.

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 золівдвалу, незаконного видобутку надр 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<sub>3</sub> 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:

---

<sup>47</sup> Зміст підрозділу викладено з використанням матеріалів посібника: Петрук В. Г., Володарський Є. Т., Мокін В. Б. "Основи науково-дослідної роботи". – Вінниця, 2005.

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 GIS ToolKit 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 затримують 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, морів та океанів; поширення нафтових плям у морях, океанах та на суші за різних умов тощо.

#### **6.4. Регіональні системи моніторингу довкілля**

Регіональна система моніторингу довкілля (РСМД) є другим рівнем державної системи моніторингу довкілля, яка діє відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 р. 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.

##### **6.4.1. Принципи функціонування РСМД**

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.

*На кінець 2006 року було розроблено та затверджено 16 регіональних*

програм моніторингу довкілля (59 % регіонів), на етапі погодження перебувало 8 регіональних програм (29 %).

Для виконання функцій збору, збереження, оброблення й аналізу даних суб'єктів моніторингу довкілля забезпечується функціонування центрів моніторингу як на регіональному, так і на державному рівні. Так, за останні роки створено 22 регіональні центри моніторингу довкілля, з них у п'яти областях створено автономні центри, а у 17-ти – функції регіональних центрів покладено на структурні підрозділи Державних управлінь. Для збереження та подальшої роботи з даними моніторингу в центрах РСМД формуються бази даних, з яких складається банк інформаційних ресурсів РСМД. Координацію діяльності суб'єктів РСМД здійснює регіональна Міжвідомча комісія з питань моніторингу довкілля.

З метою впровадження стратегії і плану дій з розвитку державної системи моніторингу довкілля на рівні регіонів Мінприроди вживає низку заходів, а саме:

- за ініціативою територіальних органів Мінприроди при відповідних Держадміністраціях у 21 області створені регіональні міжвідомчі комісії з питань моніторингу довкілля, які відповідають за координацію підготовки регіональних програм та систем моніторингу і налагодження інформаційної взаємодії суб'єктів державної системи моніторингу довкілля регіонального рівня під час виникнення надзвичайних ситуацій та при здійсненні режимних спостережень;

- розроблені та затверджені Положення про порядок інформаційної взаємодії суб'єктів державної системи моніторингу довкілля регіонального рівня.

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. 6.3).

**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.

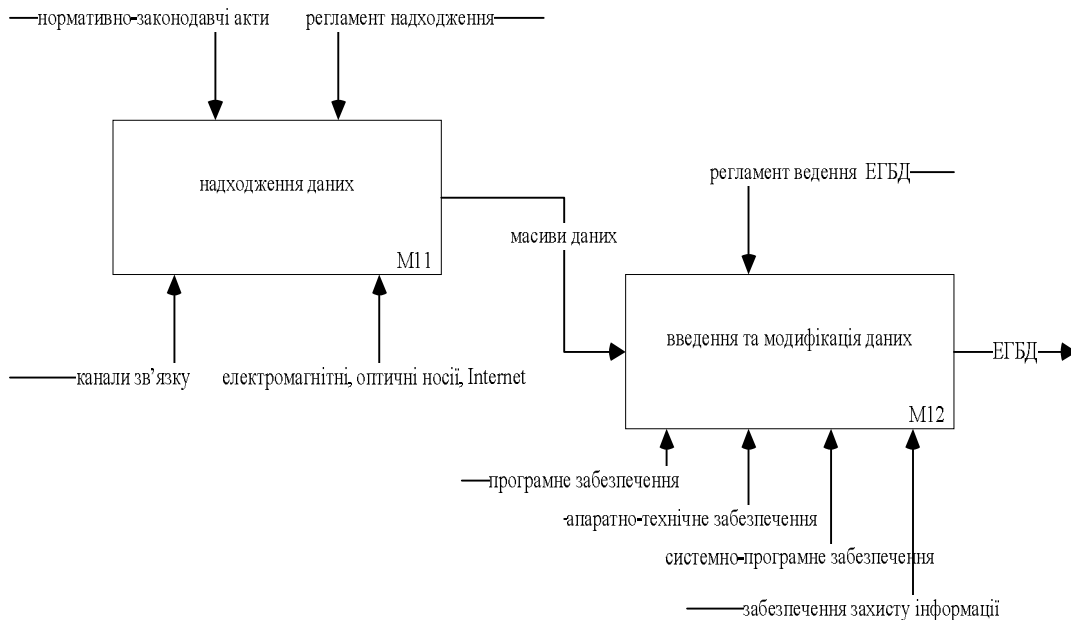


Рис. 6.3 – Інформаційно-функціональна модель підсистеми збирання та введення екологічної інформації РСМД

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 відповідно до 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. 6.4). Регіональні управління Мінприроди та інші органи виконавчої влади повинні забезпечувати 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;



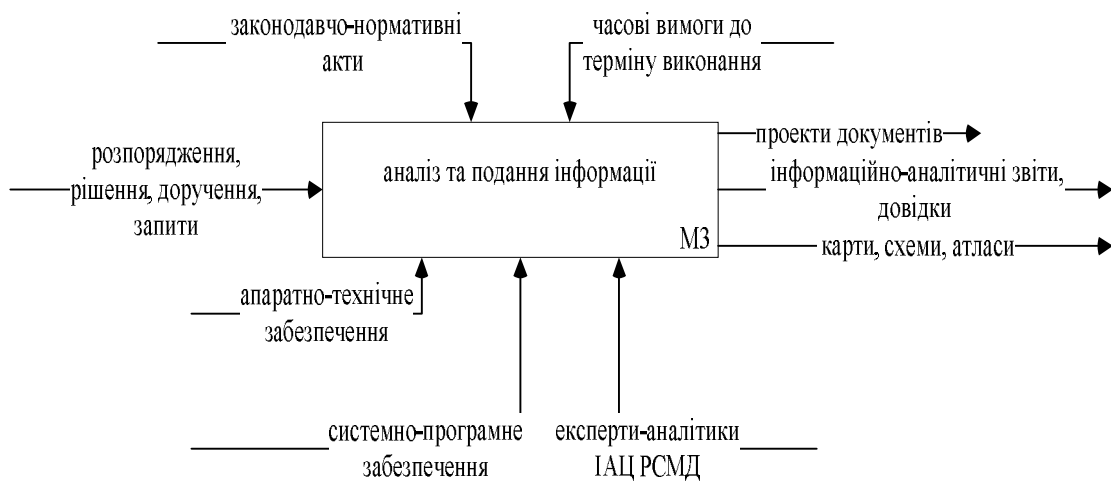


Рис. 6.4 – Інформаційно-функціональна модель підсистеми аналізу та подання інформації РСМД

- 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:

- *довідки 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-вимірювальних систем (АІВС) в Україні є відома АІВС «Тиса» для української частини басейну р. Тиса на Закарпатті. Ведуться проектні роботи над створенням аналогічної, але більш потужної 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, що реально функціонують в усіх регіонах України 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 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 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 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.

#### **6.4.2 Приклад розробки РСМД для міста Києва**

Призначення інформаційно-аналітичного центра (ІАЦ) РСМД полягає у інформаційно-аналітичному забезпеченні прийняття управлінських рішень у галузі екологічного управління м. Києва шляхом:

- уніфікації вхідних та вихідних документів (дозволи/ліміти на спеціальне використання природних ресурсів, паспорти місць видалення відходів, реєстрові картки об'єктів утворення відходів, висновки державної екологічної експертизи та ін.) з використанням як спеціально розроблених, так і загальнодержавних класифікаторів та довідників;

- створення та ведення банків даних проблемно-орієнтованих комплексів контролю за якістю атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, біоресурсів тощо;

– *накопичення* із забезпеченням цілісності, доступності та представлення результатів аналітичної обробки екологічної інформації в залежності від рівня та прав доступу (конфіденційності);

– *моделювання та прогнозування* параметрів окремих компонентів довкілля та їх стану в цілому по місту;

– *організації та накопичення, збереження та передачі* інформації органам влади (Київська міська рада, Київська міська державна адміністрація та ін.).

Необхідність створення ІАЦ РСМД визначається складністю підготовки управлінських рішень та значним обсягом інформаційно-аналітичних матеріалів, які необхідні для цього. До числа основних завдань, що вирішуються при підготовці управлінських рішень, відносяться:

– *забезпечення реалізації* екологічної політики та екологічних прав жителів м. Києва;

– *врахування екологічних вимог* проєктів планування і забудови, генеральних планів та схем промислових вузлів;

– *розміщення* на території м. Києва підприємств, установ і організацій;

– *погодження* поточних та перспективних планів роботи підприємств, установ та організацій з питань охорони НПС і використання природних ресурсів;

– *видача/скасування* дозволів на відособлене спеціальне використання природних ресурсів місцевого значення;

– *затвердження* лімітів на використання природних ресурсів, ліміти скидів ЗР, та лімітів на утворення і розміщення відходів;

– *проведення* екологічної експертизи;

– *забезпечення систематичного та оперативного інформування* населення про стан НПС та про функціонування місцевих екологічних автоматизованих інформаційно-аналітичних систем;

– *організація* екологічної освіти та екологічного виховання громадян;

– *ліквідація* екологічних наслідків аварій;

– *організація* територій та об'єктів ПЗФ та інших територій, що підлягають особливій охороні;

– *здійснення* контролю за дотриманням законодавства про охорону НПС;

– *припинення* господарської діяльності підприємств, установ та організацій, а також обмеження/зупинення (тимчасово) діяльності не підпорядкованих КМДА підприємств, установ та організацій в разі порушення ними законодавства про охорону НПС;

– *координація* діяльності відповідних спеціально уповноважених державних органів управління в галузі охорони НПС та використання природних ресурсів на території м. Києва.

Конкретизація вказаних завдань полягає у здійсненні функцій *спостереження, дослідження, екологічної експертизи, контролю, прогнозування, програмування, інформування* та іншої виконавчо-розпорядчої діяльності. Вказані напрямки діяльності, таким чином, є областями застосування ІАЦ СМДМ.

Архітектура ГІС технологій від ESRI. *Набір технологічних рішень, що*

пропонує компанія ESRI, Inc. має загальну назву ArcGIS. До складу ArcGIS входять як серверно-орієнтовні (ArcSDE та ArcIMS), так і клієнт орієнтовні програмні продукти ArcDesktop (ArcInfo, ArcEditor, ArcView), до складу якого в свою чергу входять ArcMap, ArcCatalog, ArcToolBox (рис.6.5).

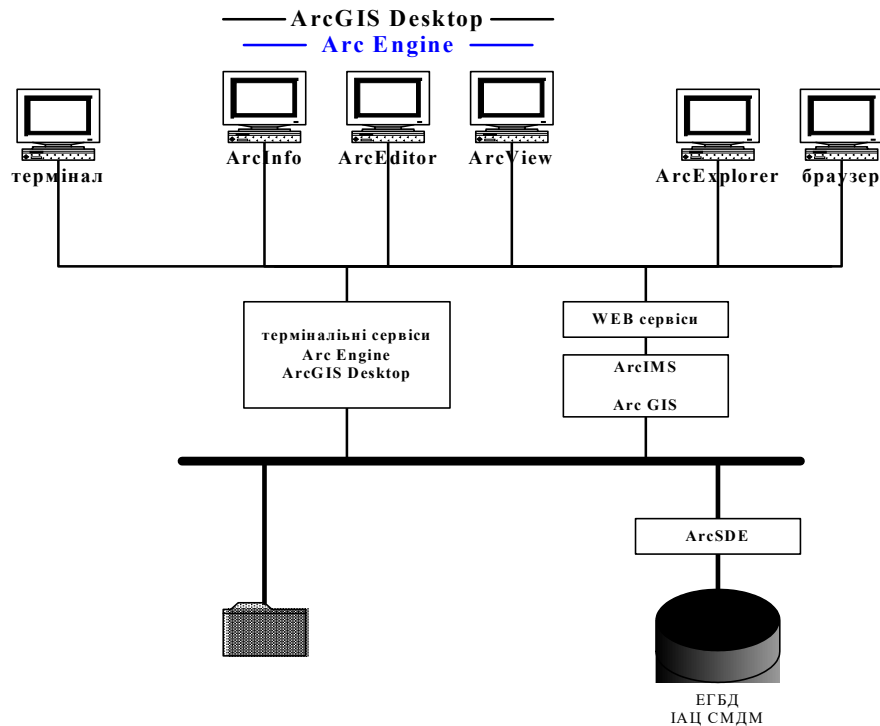


Рис. 6.5 – Архітектура програмних продуктів від ESRI.

Для забезпечення вирішення складних завдань просторового аналізу програмні продукти ArcDesktop можуть бути додатково доповнені модулями розширення (extension): Spatial Analyst – просторовий аналіз, Network Analyst – мережевий аналіз, Geostatistical Analyst – геостатистичний аналіз, 3D Analyst – аналіз тривимірних (об’ємних) зображень та ін.

#### 6.4.2.1 Підсистема збору та вводу інформації.

**Атмосферне повітря. Центральна геофізична обсерваторія (ЦГО) Державної гідрометеорологічної служби Міністерства охорони природного середовища України виконує необхідний обсяг робіт щодо організації і відбору проб атмосферного повітря на постах спостережень, їх лабораторних досліджень, систематизації, аналізу та надання результатів кінцевим користувачам.**

На території міста Києва розташовано 16 опорних стаціонарних постів спостереження (СПС). Постійні спостереження за станом забруднення атмосфери проводяться: з 1966 року на 5-ти постах; з 1972 року на 8-ми постах; з 1981 року на 15-ти постах; з 1991 року на 16-ти постах (рис.6.6).

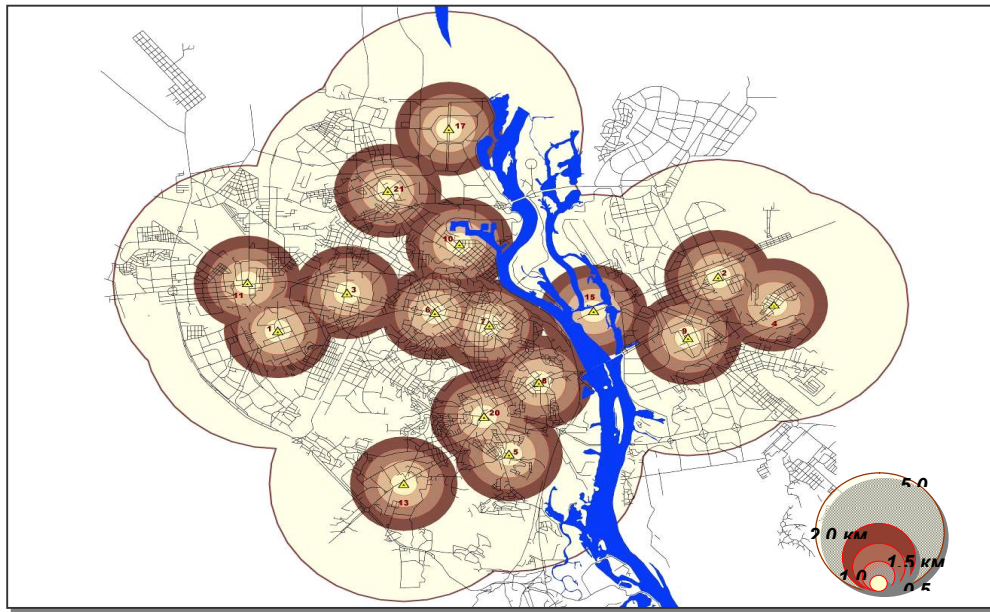


Рис. 6.6 – Розташування СПС ЦГО в м. Києві

Лабораторія спостережень за забрудненням атмосферного повітря ЦГО відповідно до програми чотири рази на добу о 1<sup>00</sup>, 7<sup>00</sup>, 13<sup>00</sup> та 19<sup>00</sup> проводить відбір проб атмосферного повітря (рис. 6.7). Одночасно з цим визначаються метеорологічні параметри: напрямок та швидкість вітру, температура, стан погоди тощо. Така програма спостережень дозволяє отримувати інформацію про середньодобові, середньомісячні, середньорічні і та ін. концентрації ЗР, робити порівняльний аналіз.

Програмою спостереження за забрудненням в місті Києві передбачено контроль за 12-ма ЗР (табл. 6.4). Чотири ЗР такі, як *пил*, *діоксид сірки*, *оксид вуглецю*, *діоксид азоту* контролюються всіма СПС, три ЗР – *формальдегід*, *аміак* та *бенз(а)пірен* – на переважній більшості, решта – на окремих СПС.

Таблиця 6.4 – Програма спостереження за концентраціями ЗР на СПС м. Києва

ЗР атмосферного повітря	1 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	13 <sup>00</sup>	19 <sup>00</sup>
<i>пил</i>				
<i>двоокис сірки</i>				
<i>окис вуглецю</i>				
<i>двоокис азоту</i>				
<i>фенол</i>				
<i>аміак</i>				
<i>формальдегід</i>				
<i>без(а)пірен</i>				
<i>розчинні сульфати</i>				
<i>хлористий водень</i>				
<i>сірководень</i>				
<i>фтористий водень</i>				
<i>разом</i>	4/1	6/3	4/1	5/4

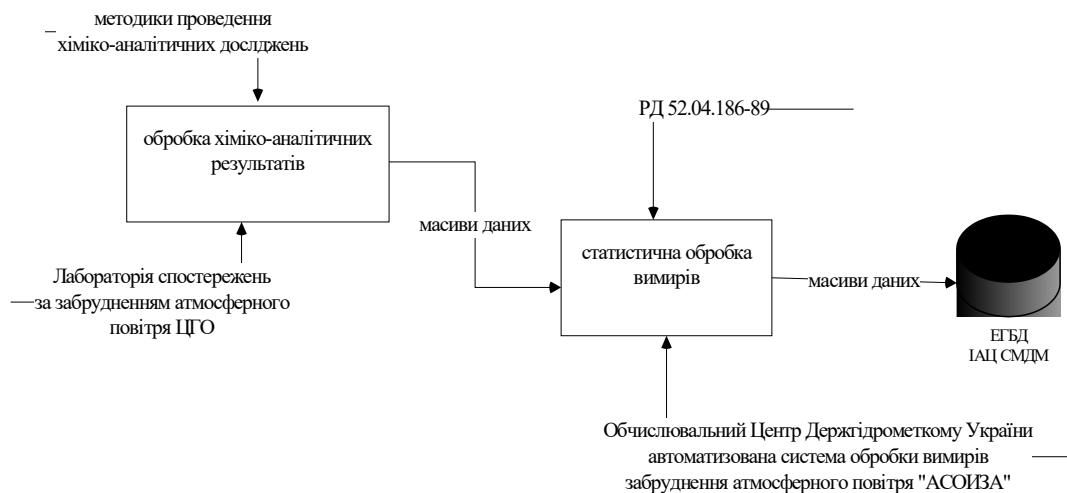


Рис. 6.7 – Інформаційні потоки надходження даних щодо забруднення атмосфери СПС ЦГО.

**Державне управління екології та природних ресурсів** в м. Києві контролює викиди ЗР від стаціонарних джерел викидів (СДВ) та автотранспорту (рис. 6.8), надає дозволи на викиди ЗР, веде державний

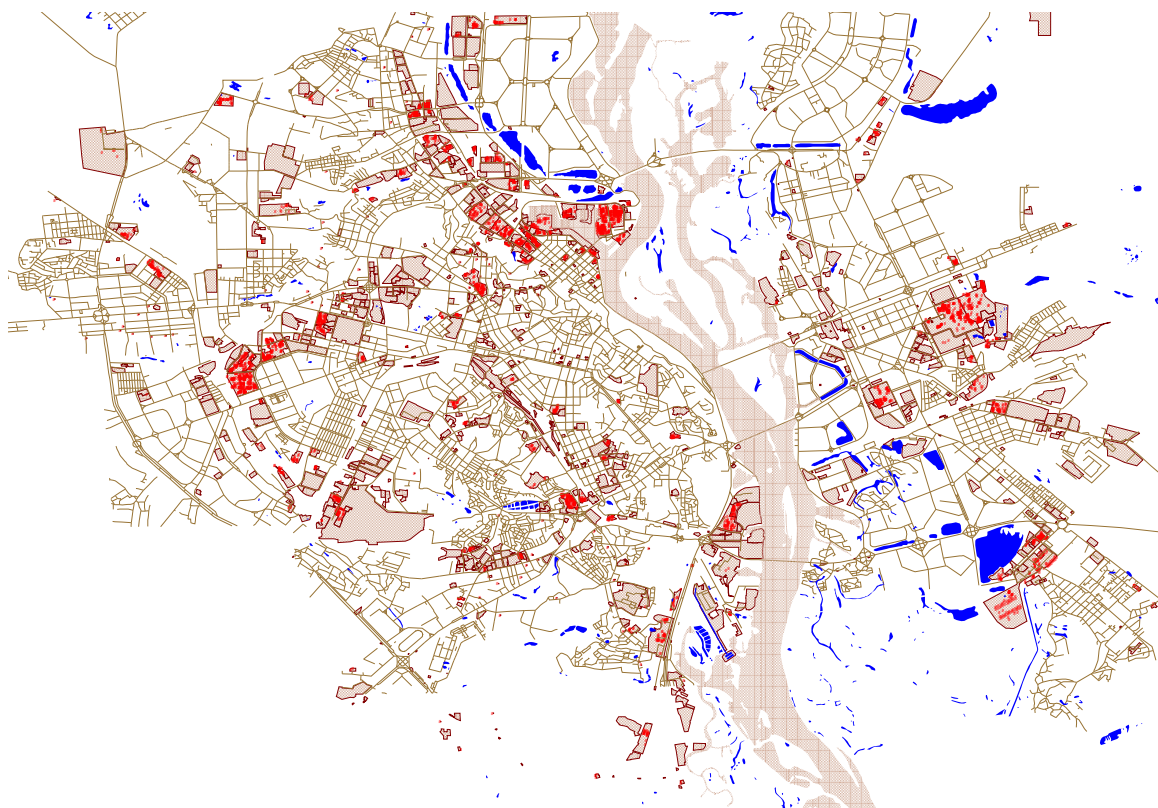


Рис. 6.8 – Розташування СДВ ОТЕР в м. Києві

облік ОТЕР, контролює сплату екологічних зборів за викиди ЗР та ін. На державному обліку у м. Києві знаходиться 1655 ОТЕР, що мають майже 24000 СДВ і викидають в атмосферне повітря понад 30 тис. тон. ЗР на рік (рис. 6.9, 6.10).

Система дозволяє постійно з 20-ти хвилинним інтервалом отримувати дані щодо концентрації ЗР, оперативно їх обробляти та надавати для аналізу.

Київське міське управління статистики веде державний облік та узагальнює інформацію щодо ОТЕР за державними класифікаторами (ЄДРПОУ, КВЕД, КОАТУУ та ін.), обсягами викидів ЗР, структурою транспорту (вантажний, пасажирський), формою власності (держаний, громадський, приватний), виду використаного пального (бензин, ДП, газ) та ін. ОТЕР надають інформацію у встановленому порядку у формах державної статистичної звітності для обробки та узагальнення в кварталному, піврічному та річному зрізах яка дозволяє робити висновки щодо рівня впливу викидів ЗР на стан атмосферного повітря (рис. 6.11).

Державний науково-виробничий центр «ПРИРОДА» Національного космічного агентства України займається архівуванням, обробкою та поширенням інформації та технологій оперативного моніторингу об'єктів та процесів довкілля отриманої методами ДЗЗ за допомогою космічних апаратів (рис. 6.12, 6.13).

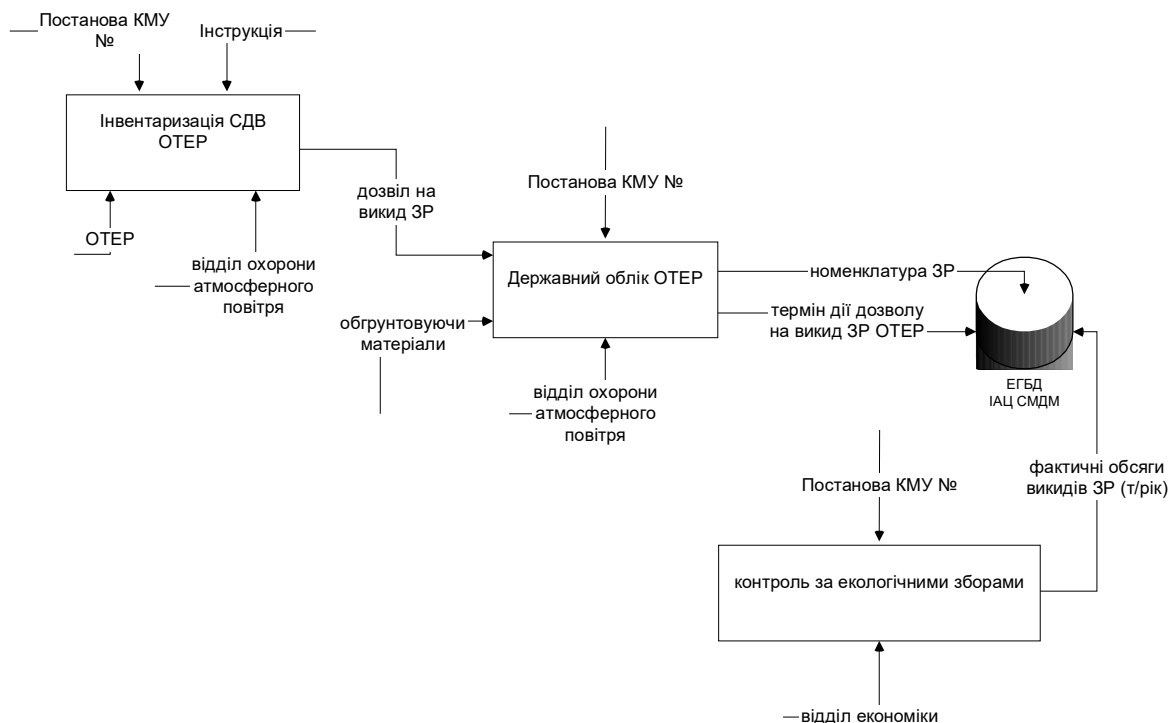


Рис. 6.9 – Інформаційні потоки надходження даних щодо забруднення атмосфери з Держуправління екоресурсів в м. Києві.

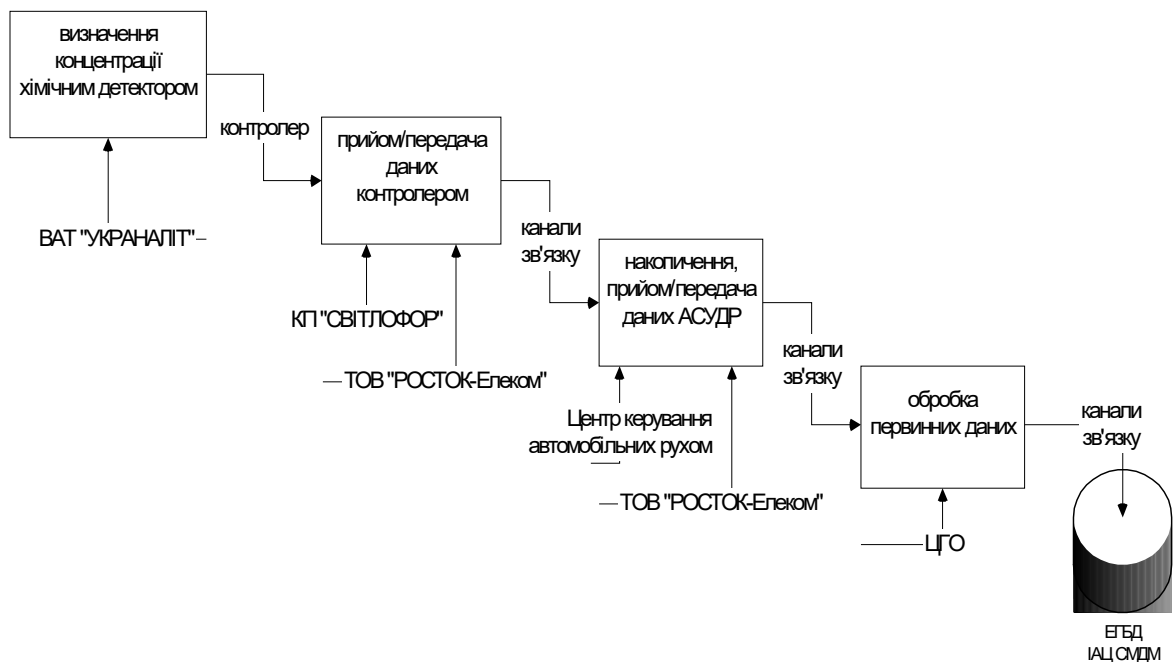


Рис. 6.10 – Інформаційні потоки надходження даних щодо забруднення атмосфери від автоматизованої системи контролю за забрудненням атмосфери автотранспортом.

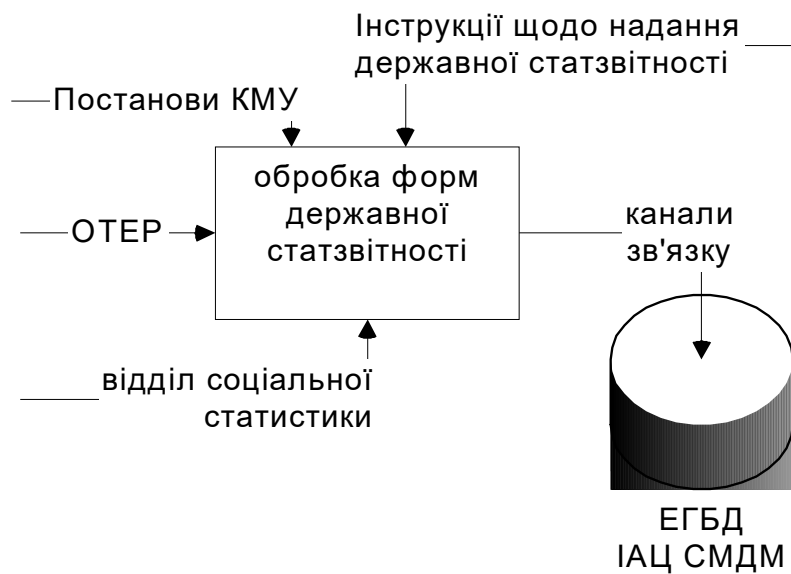


Рис. 6.11 – Інформаційні потоки надходження даних державної статистичної звітності



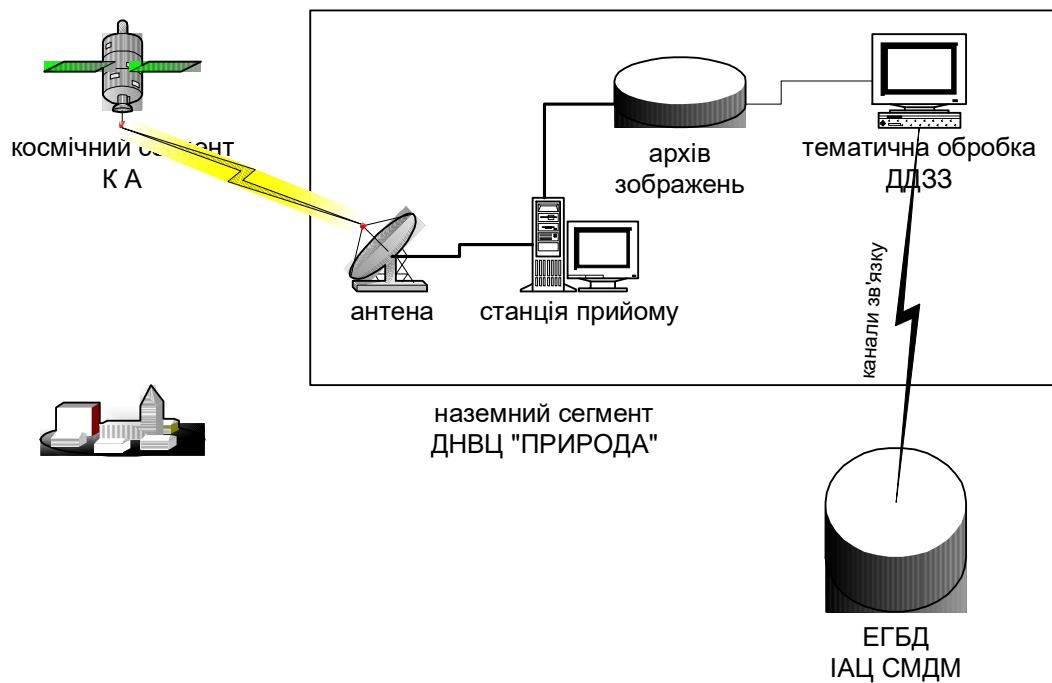


Рис. 6.12 – Складові елементи використання ДЗЗ.

Унікальність технологій ДЗЗ полягає у можливості їх багатоцільового використання.

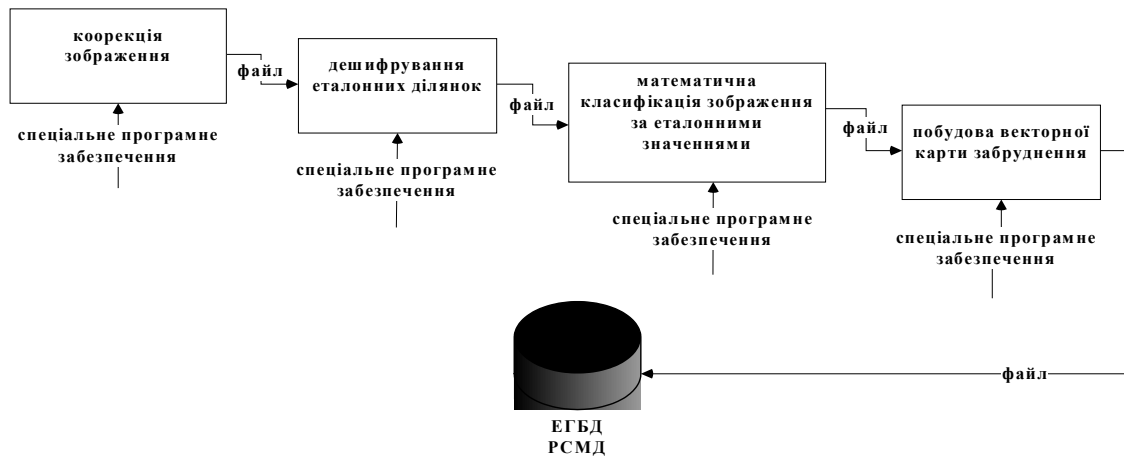


Рис. 6.12 – Типова технологічна схема обробки даних дистанційного зондування поверхні Землі

#### 6.4.2.2. Нормативно-довідкова інформація

До нормативно-довідкової інформації відносять зведені дані у формі класифікаторів, словників, рубрикаторів та ін. До головних потрібно віднести інформацію з :

- ОТЕР з єдиного державного реєстру підприємств та організацій України
- Класифікатор забруднювальних речовин

- Класифікатор видів економічної діяльності
- Класифікатор об'єктів адміністративно-територіального устрою України

**Водні ресурси. Поверхневі води. ЦГО Державної гідрометеорологічної служби Міністерства охорони природного середовища України проводить спостереження водних об'єктів за гідробіологічними та гідрохімічними показниками.**

Проводяться систематичні дослідження хімічного складу природних вод, станом забруднення поверхневих вод. З 1996 р. лабораторією спостереження забруднення поверхневих вод (ЛСПЗВ) проводиться гідрохімічний аналіз вод в межах міста Києва (водосховище *Канівське*) на 18 точках, що складає 414 проб або 9246 визначень на рік (0,1-, 0,5-, 0,9 - ширини поверхні русла та дно):

створ № 1 – 1,5 км вище границі міста (навпроти Дніпровської водопровідної станції)

створ № 2 – в межах міста (напроти гирла р. Либідь)

створ № 3 – 6 км нижче міста (500м нижче скиду БСА)

Пункт вдсх. Канівське, м. Київ належить до 2 категорії, тобто водний об'єкт розташований в районі великого промислового міста, населення якого використовує воду для питних, господарчо-побутових потреб та в місцях масового відпочинку населення.

Частота пробовідбору визначається гідрологічними періодами, тому з травня по жовтень відбір виконується щодавно (10 діб) по всіх точках пробовідбору; і щодавно з листопад по квітень лише в п'яти точках (поверхня русла):

створ № 1 – 1,5км вище міста (правий берег);

створ № 2 – в межах міста, 0,5 км нижче скидів ТЕЦ–5 (лівий берег);

створ № 3 – в межах міста, 0,5 км нижче скидів ТЕЦ–5 (правий берег);

створ № 4 – 6 км нижче міста, 0,5 км нижче скидів БСА (лівий берег);

створ № 5 – 6 км нижче міста, 0,5 км нижче скидів БСА (правий берег).

**Гідрохімічні показники.** Аналіз проб води в ЛСПЗВ ЦГО виконується по 41 *інгредієнту*. До них належать *фізичні властивості води, розчинні гази* ( $O_2$ ,  $CO_2$ ), *головні іони, біогенні загальні елементи* (особливо фосфор і його форми), *показники органічного забруднення* (перманганатна та біхроматна окислюваність,  $BCK_5$ ). Серед *мікроелементів* визначаються *хром шестивалентний, залізо загальне, мідь, цинк, марганець*. В програму спостережень включені також *хлорорганічні пестициди (ХОП), поверхнево-активні речовини - АСПАР, феноли, нафтопродукти*. Процедура відбору проб води для визначення показників забруднення проводиться відповідно ГОСТ 17.1.5.05-85, де наведені загальні вимоги по первинній обробці та зберіганню проб. Біля водного об'єкту виконують аналіз першого дня (визначення прозорості, температури, запаху, рН, вміст  $CO_2$ , фіксація та подальше визначення розчинного кисню,  $BPK_5$ ).

Лабораторія використовує програмне забезпечення «АІС ГІДРОГІХІМІЯ» – пакет прикладних програм, призначений для зручного введення, зберігання та передачі даних гідрохімічних спостережень в системі

Держгідромету України. Поповнення бази даних інформацією проводиться по мірі надходження проб, виконання хіміко-аналітичних робіт та обробки їх результатів (декадно).

Дані про *високе забруднення* поверхневих вод (ВЗ) та *екстремально високе забруднення* (ЕВЗ) щомісячно, а у випадку ЕВЗ – оперативно при одержанні результатів - подаються у відповідні контролюючі організації. На основі отриманих гідрохімічних даних після узагальнення та порівняння середньорічних показників про стан забруднення формуються аналітичні звіти:

*"Журнал гідрохімічного забруднення поверхневих вод"* – 1 раз на місяць і *"Щорічник якості поверхневих вод"* – 1 раз на рік.

*Гідробіологічні показники.* *Лабораторія гідробіології* (ЛГБ) ЦГО проводить гідробіологічний моніторинг на Канівському вдсх. в районі м. Києва, на 3 створах, 9 вертикалях (в архіві ЛГБ є дані починаючи з 1976р.) мережі загальнодержавної системи спостережень та контролю якості води водойм.

*Оцінка якості води за гідробіологічними показниками* є необхідним елементом системи контролю забруднення ПВО. Гідробіологічні показники характеризують якість вод як середовища існування організмів, що населяють водойми, і в той же час - з точки зору її використання для господарської діяльності і особисті потреби людини, тому що ступінь шкідливості для водних організмів сукупної дії присутніх в воді забруднювальн их речовин знаходиться в прямому зв'язку з їх шкідливістю для людини.

Гідробіологічні методи контролю якості поверхневих вод дозволяють одержати *дані сумарної (комплексної) якості води* з точки зору придатності її для життя гідробіонтів та інших організмів, які іншими методами одержати неможливо. За допомогою гідробіологічних методів встановлюються наслідки одноразового чи багаторазового забруднення, котрі хіміко-аналітичними або мікробіологічними методами не можуть бути визначені, оскільки результати хімічного і бактеріологічного аналізів відносять до моменту відбору проби.

Склад і кількісний розвиток ценозу свідчить про середній за довгий час склад води. Причому різні організми характеризують відрізки часу різної величини і представляють собою реєструючи апарати неоднакового ступеня чутливості. Тому, в залежності від обставин, мети роботи потрібно використовувати різні групи організмів. Біологічна рівновага водних екосистем підтримується багато чисельними рухомими зв'язками організмів між собою та оточуючою живою матерією. При антропогенній дії ця рівновага порушується, що відбивається на видовому складі біоценозу. *Зміна видового складу проходить при настільки слабому забрудненні водойм, що воно не може бути визначене за допомогою хімічного чи бактеріологічного методів.*

Оцінка якості чи ступеню забруднення за гідробіологічними показниками провадиться по складу та чисельності фауни і флори які є основою нормального функціонування водних екосистем. *Фітопланктон* є першим елементом ланцюга живлення водних організмів. Водорості реагують на зміну умов за рахунок великого видового різноманіття та короткого життєвого циклу. Вивчення і аналіз *зоопланктону* має велике значення для моніторингу прісноводних екосистем мало проточних водоймищ. Зміна умов

існування організмів відображається на видовому складі, кількісних показниках, співвідношенні окремих груп, структурі популяцій організмів. *Перифітон* - компонент водних екосистем який включає організми від бактерій до комах. Основним групам організмів, що складають перифітон властиве велике видове різноманіття, короткий життєвий цикл і здатність швидко реагувати на зміну зовнішнього середовища. Видовий склад і кількісний розвиток біоценозів донних *макробентосних* організмів служить якісним, а іноді єдиним гідробіологічним показником забруднення ґрунту і придонного шару води.

*Гідробіологічна характеристика водних об'єктів* – визначення кількісного та якісного складу фіто- та зоопланктону. Відбір проб проводиться щомісячно з травня по жовтень.

Проведення визначень для *перифітону* та *макрозообентосу*:

- *фітопланктон* – мікроскопічні водорості, які вільно переміщуються в товщі води
- *зоопланктон* – мікроскопічні безхребетні тварини, що населяють товщу води (рачки, дафнії тощо)
- *перифітон* – організми обрастання твердих субстратів (водорості і безхребетні тварини що прикріплюються до субстрату: буї, бакени, каміння)
- *макрозообентос* – сукупність безхребетних тварин, що населяють дно водойм

*Біоіндикація* – визначення якості вод за гідробіологічними показниками, що дає можливість оцінювати комплексний (інтегральний) вплив забруднювальних речовин, що надходять в водойми. Склад і кількісний розвиток гідробіонтів свідчать про усереднене значення якості води за тривалий час. Хімічні або бактеріологічні методи аналізу менш чутливі, ніж біоіндикація води.

*Біотестування* – експериментальне визначення токсичності вод (виконується щодавно). Цей метод дає найбільш адекватну оцінку якості води, базується на реєстрації реакцій тест-об'єктів. Біотестування використовується:

- при проведенні токсикологічної оцінки промислових, побутових, зворотних (стічних) та інших вод з метою визначення потенційних джерел забруднення;
- при оцінці та контролі якості поверхневих, підземних, питних вод;
- при контролі аварійних скидів високотоксичних вод;
- при визначенні рівня безпечного розведення стічних вод тощо.

Інформація щоквартально подається в «*Бюлетні забруднення поверхневих вод суші на території Київської області*» і «*Щорічні дані про стан гідробіоценозів поверхневих вод суші. Книга 2. Частина 2*».

Керівні нормативні документи по біоіндикації – “Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений” Гидрометеиздат, 1983; “КНД 211.1.4.056-97. Методика

визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg” – Київ, 1997.

Очевидно, що визначення нормованих речовин не гарантує повного переліку всіх сполук, що потрапляють у воду, оскільки обіймає лише невелику частину від загального списку..

**Державне управління екології та природних ресурсів в м. Києві** – відділ аналітичного контролю проводить відбір проб на не систематичній основі. **Державний науково-технічний центр «ПРИРОДА»** Національного космічного агентства України займається збором, обробкою та поширенням інформації отриманої методами ДЗЗ за допомогою космічних апаратів. До задач що можуть бути вирішені при застосуванні ДЗЗ відносять визначення високих рівнів води у водних об’єктах (повінь), паводок; ранній льодостав; стану водних ресурсів включаючи зміну берегової лінії, стану дотримання водоохоронних зон, виявлення забруднення водних об’єктів.

Технологія використання ДЗЗ практично аналогічна викладеній вище (див. п. 5.2.4). Завданнями ДЗЗ може бути:

- перевірка цільового використання землі;
- оперативне оцінювання стану и ступені деградації земель;
- об’єктивне і оперативне оцінювання збитків від стихійних лих;
- моніторинг стану гідротехнічних споруд;
- оцінювання екологічних наслідків використання територій

*Підземні води.* На території м. Києва відповідно до геолого-гідрологічних умов виділено наступні *водоносні горизонти*:

- середньо-верхньочетвертинні водно-льодовикові, сучасні алювіальні та відклади водно-льодовикових долин річок;
- середньо-четвертинні водно-льодовикові, озерно-льодовикові, алювіальні та відклади полтавської свити міоцену та олігоцену;
- еоценові відклади;
- нижньокрейдяні та сеноманські відклади;
- келовей-оксфордські, нижньокрейдяні та сеноманські відклади;
- байоські відклади юри;
- нижньотріасові відклади;
- водоносна тріщинна зона кристалічних порід докембрію.

За своїми характеристиками більшість вказаних водоносних горизонтів та комплексів не використовується для централізованого водопостачання м. Києва. Основні горизонти, що використовуються для водопостачання приурочені до *келовей-сеноманських* та *байоських* відкладів. До природних факторів, що обумовлюють формування підземних вод, великий вплив має техногенна діяльність людини, яка приводять до забруднення підземних вод через незадовільну захищеність горизонтів, зниження рівнів у деяких водоносних горизонтах за рахунок їх експлуатації, підтоплення територій через підйом ґрунтових вод внаслідок техногенезу тощо. В сучасний період техногенні процеси на території м. Києва вже в значній мірі вплинули на зміну підземної гідросфери.

Сучасна мережа водопостачання з підземних горизонтів складає біля 400 експлуатаційних свердловин ДКО «ВОДОКАНАЛ» та близько 600 свердловин організацій. Для спостережень за станом експлуатації водоносних горизонтів в процесі розвідки та підрахунку експлуатаційних запасів сформована спостережна також мережа з 22 свердловин Комплексної гідрогеологічної партії ДГРП «ПІВНІЧГЕОЛОГІЯ», у т.ч. 6 свердловин на основні горизонти, що експлуатуються. Комплексна гідрогеологічна партія ДГРП «ПІВНІЧГЕОЛОГІЯ» веде роботи з моніторингу підземних вод у складі (рис. 6.43):

- спостереження за кількісними та якісними змінами підземних вод;
- контроль за охороною від виснаження і забруднення;
- ведення Державного водного кадастру підземних вод.

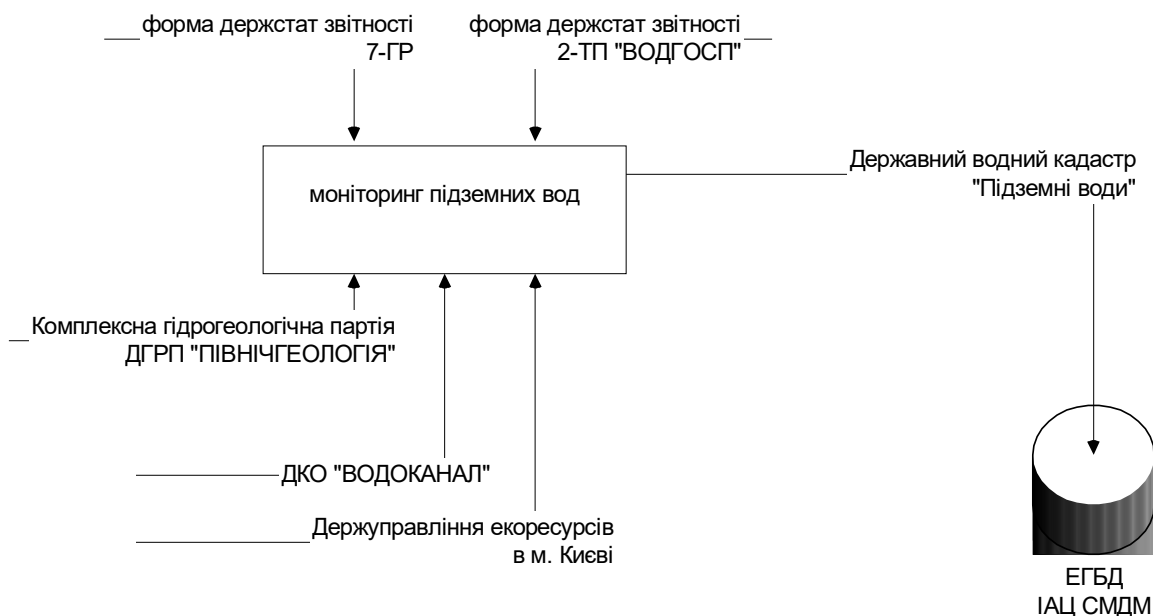


Рис. 6.43 – Інформаційні потоки надходження даних щодо моніторингу підземних водних ресурсів

Екзогенні геологічні процеси (ЕГП). Моніторинг ЕГП визначають як систему спостережень за процесами, умовами і факторами що їх спричиняють які здатні змінити сучасне становище природно-територіальних комплексів та їх розвиток. Моніторинг ЕГП зводиться до одержання достовірної та об'єктивної інформації достатньої для оцінки стану елементів геологічного середовища і виявлення тенденцій в його змінах для господарського використання території (рис. 6.44).

**На території міста Києва довгострокові спостереження за ЕГП проводить комплексна гідрогеологічна партія ДГРП «ПІВНІЧГЕОЛОГІЯ» з 1936 р.**

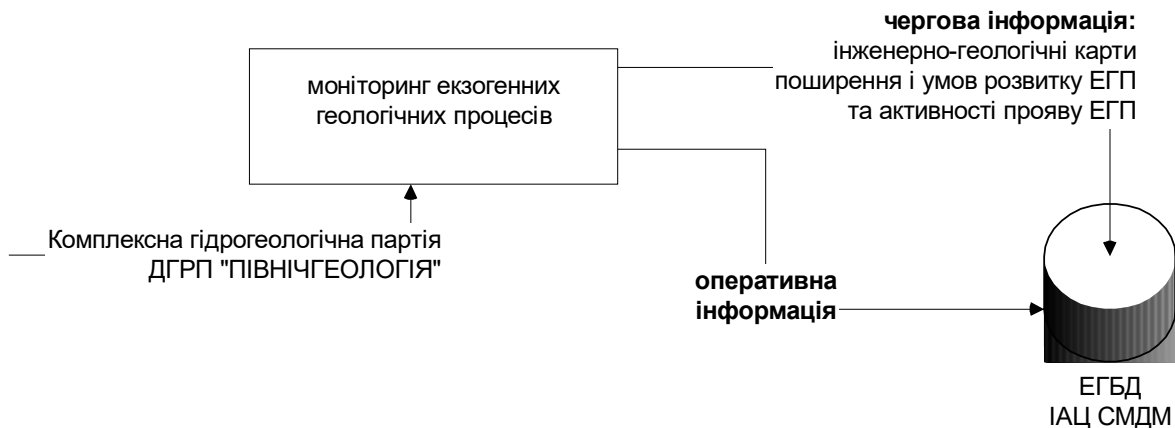


Рис. 6.44 – Інформаційні потоки надходження даних щодо моніторингу екзогенних геологічних процесів

До задач моніторингу ЕГП відносять:

- дослідження режиму ЕГП і факторів що їх визначають на спеціальній опорній мережі спостереження
- визначення активності прояву ЕГП і оцінка змін геологічного середовища в результаті їх розвитку
- визначення, оцінка характеру і ступеню антропогенного впливу на активність ЕГП
- складання, перевірка та уточнення прогнозів ЕГП
- розробка рекомендацій
- удосконалення і розвиток спеціальної опорної мережі спостереження

В м. Києві роботи по моніторингу ЕГП включають:

- щорічне візуальне інженерно-геологічне обстеження (загальне спостереження, вивчення стану протизсувних споруд, змін елементів зсувів та ін.)
- проведення режимних спостережень за ґрунтовими та підземними водами по створеній мережі 120 свердловин
- вивчення вологості ґрунтів зони аерації в різних елементах зсуву весною (найвологіший період) та влітку-восени (посушливий період).

Інформація моніторингу ЕГП поділяється на оперативну, чергову та попереджувальну.

На кожну ділянку Придніпровської (Подільська, Центральна, Лаврська, Залаврська, Видубицька) та Міської (Совська балка, Черепанова та Батієва гори) зони зсувів ведеться паспорт і детальний план з відтворенням здійснених змін.

Оперативна інформація надходить відповідним службам (ЦО, БУПСС) та структурам (Київпроект, Київметропроект) та органам місцевої влади.

На основі узагальненої інформації складаються щорічні карти:

- інженерно-геологічна карта поширення та умов розвитку ЕГП. М 1:10 000 – М 1:25 000.

– інженерно-геологічна карта *активності прояву* ЕГП (ураженості території процесами). М 1:10 000 – М 1:25 000.

Узагальнена інформація видається раз на три роки (рис. 6.45).

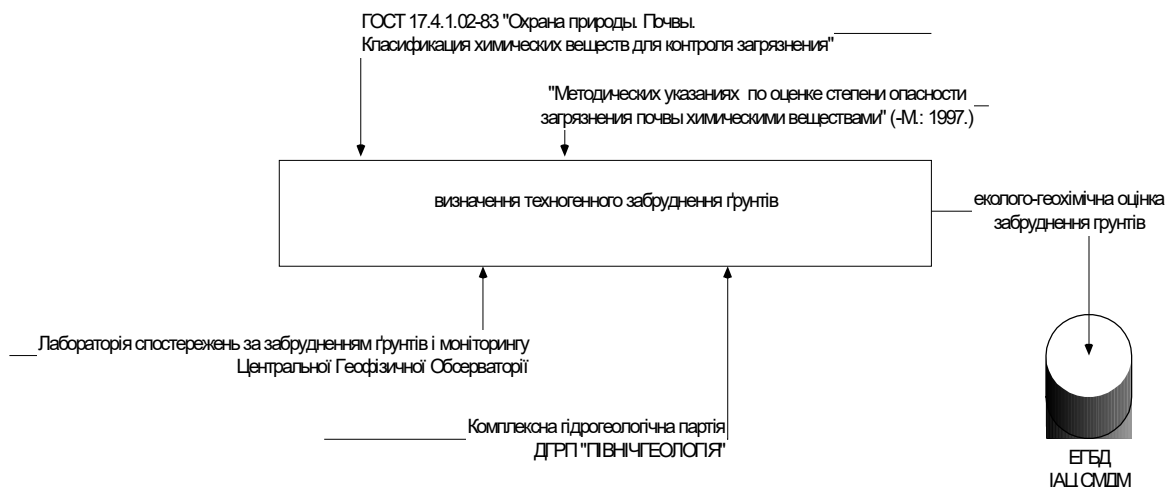


Рис. 6.45 – Інформаційні потоки надходження даних щодо забруднення ґрунтів

**Техногенне забруднення ґрунтів.** *Ґрунти – накопичують забруднювальні речовини, особливо у поверхневих гумусових горизонтах, і тим самим захищають від подальшого забруднення гідросферу та біосферу. Хоча деяка частина токсикантів не залишається в ґрунтах, а з ґрунтів переходить вглиб ґрунтового потоку, мігрує до відкритих водойм, а з пилом переходить до атмосфери. Перший період напіввидалення (тобто видалення половини від початкової концентрації) важких металів значно змінюється для різних елементів, але складає досить тривалі періоди часу: для Zn — від 70 до 510 років; для Cd — від 13 до 110 років; для Cu — від 310 до 1500 років та для Pb — від 740 до 5900 років.*

Частина техногенних викидів токсичних металів, які потрапляють в атмосферу у вигляді тонких аерозолів, переноситься на значні відстані і викликає глобальне забруднення. Інша частина з гідрохімічним стоком потрапляє у безстічні водойми, де накопичується у водах та донних відкладах і може стати джерелом вторинного забруднення. Основна частина викидів накопичується безпосередньо біля джерел забруднення. Теоретично техногенні аномалії представляють систему концентричних кілець, в яких концентрація елемента зменшується від центра до периферії. В реальних природних умовах форма і розміри зон забруднення суттєво відрізняються від теоретичних; загалом спостерігається пряма кореляція форми і розмірів зон забруднення з конфігурацією рози вітрів регіону.

Головним критерієм екологічної оцінки небезпечності забруднення ґрунтів токсичними елементами є ГДК хімічних речовин в ґрунті. Оскільки не для всіх токсичних металів встановлено ГДК, тому на практиці користуються орієнтовно-допустимими концентраціями (ОДК) їх вмісту в ґрунтах, які затверджені органами охорони здоров'я.



Звичайно при дослідженнях визначають загальний (валовий) вміст елементів, лабільні (рухомі) форми сполук, а інколи, окремо визначають обмінні форми і водорозчинні сполуки.

Лабораторія спостережень за забрудненням ґрунтів і моніторингу ЦГО Державної гідрометеорологічної служби Міністерства охорони природного середовища України в 1998-1999 роках провела дослідження ґрунтів на вміст 8-ми токсичних елементів (рис. 6.46):

- 1 клас (високотоксичні) – кадмій, свинець, цинк, фтор;
- 2 клас (помірно токсичні) – нікель, мідь;
- 3 клас (малотоксичні) – марганець, сірка.

Мета даного обстеження - визначення техногенного забруднення ґрунтів міста Києва навколо найбільш потужних промислових підприємств. Всього у 1998-1999рр. було відібрано 381 пробу ґрунту, а в 2000-2001рр. – 600, в місцях з найбільшим антропогенним навантаженням.

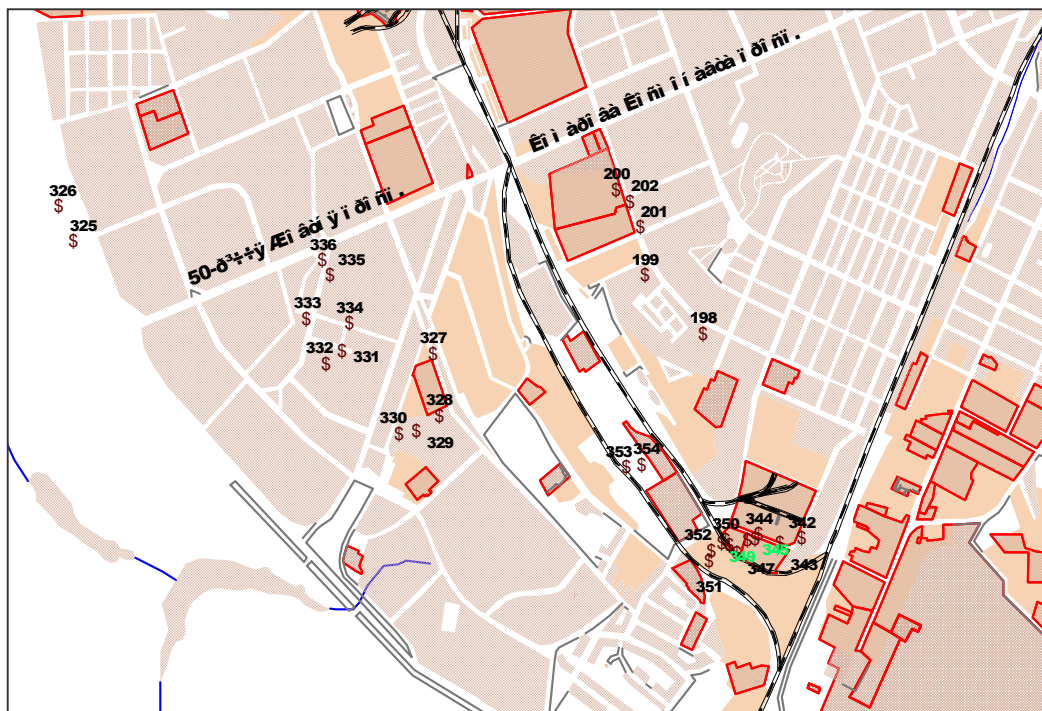


Рис. 6.46 – Місця відбору проб ґрунту біля ОТЕР

У відібраних пробах ґрунтів визначалися характеристики ґрунту та токсичні елементи:

- кислотності – за ГОСТ 26483-85 "Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО";
- кадмію, свинцю, цинку, міді, нікелю за РД 52.18.191-89 "Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом";
- сірки – за ГОСТ 26490-85 "Определение подвижной серы по методу ЦИНАО";

– *фтору* – згідно методичних рекомендацій для контролю за забрудненнями ґрунтів<sup>48</sup>.

Аналіз проб ґрунту показав, що середній вміст моноксикантів в місті Києві знаходиться в межах 0,08 - 0,9 ОДК.

*Комплексна гідрогеологічна партія ДГРП «ПІВНІЧГЕОЛОГІЯ»* проводить також моніторинг ґрунтів забруднення важкими металами (геохімічні дослідження) по опорній мережі з 400 пунктів спостереження, яка закладена в кінці 80-х років, з кроком 1×1 км, що відповідає М 1:50 000. Відбір зразків для дослідження в точках мережі проводився методом «конверта» з ділянки 5×5 м з п'яти точок верхньої частини ґрунтового шару до глибини 5см. Середня маса об'єднаної проби складала 0,3-0,4 кг. Хіміко-аналітичні дослідження елементів проводяться в Центральній лабораторії ДГРП «ПІВНІЧГЕОЛОГІЯ» відповідно до діючих методик. Основним методом аналізу є напівкількісний спектральний аналіз.

Останні дослідження були проведені в 2000 р. для 29-х елементів за якими складено карти по елементного та сумарного (поліелементного) техногенного забруднення ґрунтів. Елементні карти побудовані для окремих 5-ти елементів, вміст яких значно перевищує фонові:

- 1 класу – *свинець* (2-10 ГДК), *цинк* (2-4 ГДК);
- 2 клас – *хром*, *мідь* (на рівні ГДК);
- 3 клас – *барій* (просторові відмінності накопичення в окремих районах);

Основними (аномальні концентрації) забруднювальними речовинами визначені *свинець*, *цинк* та *хром*. Концентрація решти елементів, що досліджувалася не перевищує або не значно перевищує фонові.

#### **Підсистема збереження та накопичення інформації.**

*Еколого-географічні бази даних.* В основу реалізації ЕГБД пропонується покласти концепцію створення багатоцільового регіонального кадастру природних ресурсів м. Києва. ЕГБД буде включати в себе взаємодію та інтегрування інформаційних потоків відповідних галузевих інформаційних систем, таких, наприклад, як державний земельний кадастр, кадастр об'єктів природно-заповідного фонду, водний кадастр, реєстр потенційно небезпечних об'єктів та ін.

Перелік необхідних інформаційних ресурсів у цьому випадку доцільно згрупувати у матрицю тематичних інформаційних потреб кінцевих користувачів. Загалом виділено наступні тематичні групи:

- *адміністративно-територіальний устрій*
- *геологічне середовище*
- *земельні ресурси і землекористування*
- *вулично-дорожня інфраструктура*
- *водні ресурси*
- *атмосферне повітря*
- *забруднення ґрунтів*
- *екзогенні геологічні процеси*

<sup>48</sup> "Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв" під ред. С. Г. Малахова

- біологічні ресурси
- об'єкти техногенного екологічного ризику
- захворюваності та екологічних ризиків здоров'я населення

В будь-якому випадку ЕГБД ґрунтується на певній моделі даних, яка в свою чергу, специфічна для даного кола задач і є незалежною від обраної платформи СУБД, оскільки визначає поведінку певних класів об'єктів та їх зв'язки в ЕГБД, тобто передає логіку зберігання і аналітичної обробки інформації користувачами. За базову модель даних ЕГБД пропонується обрати об'єктно-орієнтовну модель, яка була розроблена на платформі ArcGIS компанії ESRI для Екологічного Атласу м. Києва 2003 р., яка в свою чергу стала логічним розвитком ЕГБД інформаційно-аналітичної системи «екоГІС-КИЇВ». В подальшому при функціональному розширенні можлива еволюційна реорганізація даної ЕГБД, тобто перенесення з середовища Microsoft Jet Engine до Microsoft SQL Server за допомогою стандартних інструментів залежності до зростаючих вимог користувачів без будь-якої зміни структури та складу даних.

Створення та ведення метабази даних ЕГБД. *Критичним компонентом ведення багато користувальницьких корпоративних ЕГБД є метабази даних. ArcGIS має ефективний інтегрований інструмент, що входить до складу ArcCatalog для ведення метабази даних відповідно до вимог стандарту ISO 19115 Geographic Information – Metadata, а також опційно ще семи інших варіантів (stylesheet), зокрема FGDS. Мета дані зберігаються у ЕГБД або у вигляді окремого XML файлу, або експортуються в HTML.*

#### 6.4.2.3 Структура інформаційних ресурсів ЕГБД

**Геологічне середовище.** Інформація стосовно геологічного середовища наведена матеріалами ГБД Екологічного атласу м. Києва (2003 р.), яка створена на основі Державної геологічної карти України М 1:200000, Аркуш М-36-ХІІ [Київ] (2001 р).

**Земельні ресурси і землекористування.** Вирішення задач цієї предметно-цільової області включає збереження/накопичення, аналіз та представлення інформації щодо використання та охорони земельних ресурсів в м. Києві. Джерелом вихідної інформації є чергові кадастрові плани Державного земельного кадастру м. Києва (ведеться КП «Київський інститут земельних відносин» з 1995 р.), до складу якої входить інформація щодо землекористувачів та прав власності на земельні ділянки.

Загальний обсяг даних оцінюється як великий. Дані постійно змінюються. Витяг з БД/ГБД можуть бути представлені до ІАЦ СМДМ на запит відповідно до процедури надання інформації з Державного земельного кадастру.

**Екзогенні геологічні процеси.** Вирішення задач цієї предметно-цільової області включає збереження/накопичення, аналіз та представлення інформації щодо екзогенних геологічних процесів в м. Києві. Джерелами вихідної інформації є БД/ГБД ДГРП «ПІВНІЧГЕОЛОГІЯ» (ведеться Комплексною гідрогеологічною партією з 2000р.) до складу якої входить інформація щодо:

- Геологічної будови, гідрогеологічних умов та геоморфологічних особливостей території м. Києва

- Матеріали вивчення активності зсувних процесів: результати обстежень ділянок розвитку зсувів та спостережень за режимом ґрунтових і підземних вод.

Спостереження за екзогенними геологічними процесами мають річний часовий цикл та охоплюють 7 найбільш активних

зсувонебезпечних ділянок (зсувів). Для них ведуться відповідні паспорти зсувів до складу яких включаються картографічні схеми розвитку зсувних процесів М 1:1000.

Загальний обсяг даних оцінюється як порівняно незначний з річним циклом оновлення інформації стосовно активних зсувних процесів. Копії БД/ГБД можуть бути представлені до ІАЦ СМДМ на відповідних носіях.

Підсистеми аналізу та представлення інформації.

**Дана підсистема охоплює засоби кінцевого користувача за допомогою яких інформація ЕГБД модифікується, вибирається у формі запитів, генерується у вигляді формалізованих звітів, відображається у вигляді електронних карт та ін.**

Інструменти представлення інформації включають в себе програмне забезпечення (застосування) з відповідним інтерфейсом та правами доступу до інформації ЕГБД. Права доступу до інформаційних ресурсів ЕГБД поділяють на читання/перегляд, редагування даних і структури ЕГБД.

Редагування структури ЕГБД покладено на адміністратора ЕГБД, який визначає та змінює також права користувачів на редагування даних чи читання/перегляд. Програмні застосування для редагування структури ЕГБД включають в себе інструменти щодо модифікації ЕГБД (доменів, класів, зв'язків, та ін.) входять до складу ArcCatalog, а щодо виконання операцій з геопроектингу, геотрансформації, конвертування, імпорту/експорту масивів даних з інших форматів тощо до складу ArcToolbox.

Редагування просторових даних (модифікація) у ЕГБД виконується засобами, що входять до складу програмного застосування ArcMap.

**Структура та склад технічних рішень та засобів ІАЦ СМДМ. Як правило основним технічним рішенням для ІАЦ СМДМ є застосування технології клієнт-сервер. До загально відомих переваг клієнт-серверної архітектури належать: незалежність від платформ (доступ до різномірних мережних середовищ, до складу яких входять різні комп'ютери з різними ОС), незалежність від джерел даних (доступ до інформації різномірних баз даних) та ін. Технологія клієнт-сервер є реалізацією розподіленої обробки даних яка розподілена між комп'ютером клієнтом і комп'ютером сервером, зв'язок між якими виконується по локальній обчислювальній мережі (ЛОМ), а сам розподіл процесів обробки даних називається групуванням функцій. Комп'ютер сервер виконує прикладні програми-застосування. Основна функція комп'ютера клієнта полягає у виконанні інтерфейсу користувача і логіки представлення застосування. Інформаційний обмін даними, взаємодія застосувань, а також**

інтегрування інформаційних потоків реалізується відповідною ЛОМ. Термін «сервер» використовується для позначення двох різних груп функцій: файл-сервер і сервер баз даних. В подальшому ці терміни позначають в залежності від контексту або програмне застосування, що реалізує вказані групи функцій, або комп'ютери з цим програмним застосуванням, якщо не вказано іншого.

Механізм обміну та взаємодії застосувань геоінформаційних технологій, систем управління базами даних, поштових служб, internet та ін. ґрунтується на основі сервісів, що забезпечує ОС Windows XP, та стеку протоколів TCP/IP. Застосування передають дані через ЛОМ засобами відповідних комунікаційних протоколів. Комунікаційні процеси, розміщені на платформах клієнтів та серверів, визначають формат комунікації та адресної інформації. Всі дані запаковуються в комунікаційні пакети, що містять контрольну інформацію, необхідну для транспортування даних з вихідного клієнтського процесу до вхідного серверного процесу (рис 6.18).

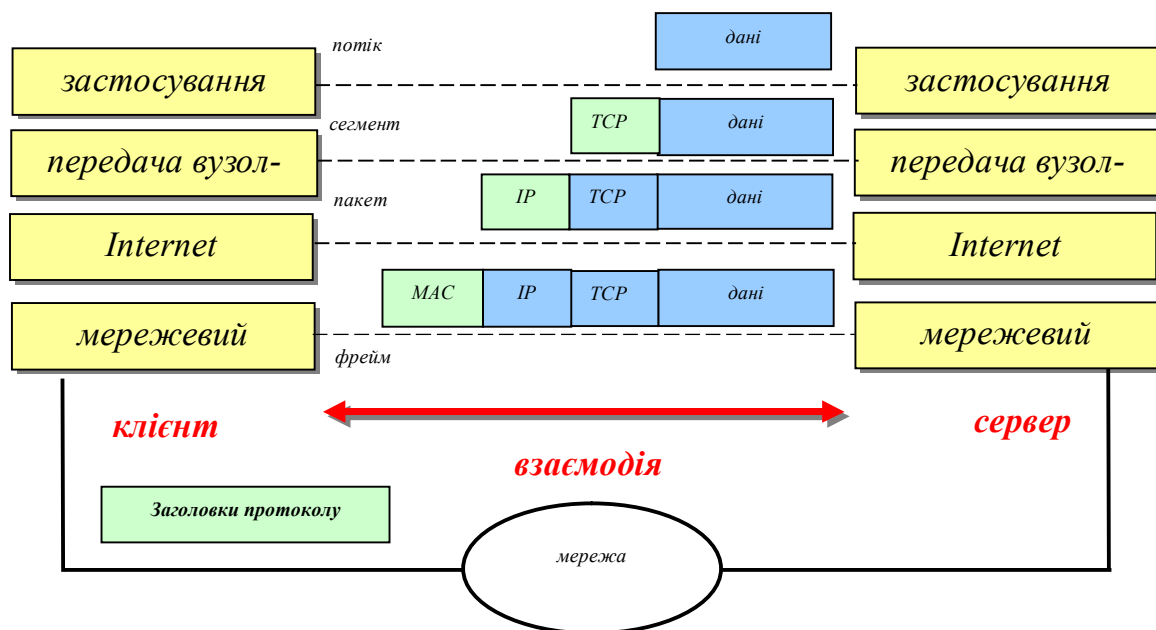


Рис. 6.18 – Рівні мережевої взаємодії архітектури клієнт/сервер

Потужність процесорів, дискових підсистем, оперативної пам'яті і іншого обладнання комп'ютерів (серверів та клієнтів) визначається вимогами програмного забезпечення застосувань та операційної системи для них. Комп'ютер клієнт може бути як простою машиною персонального застосування, так і потужною багатоцільовою робочою станцією з операційною системою, призначеною для використання багатьма користувачами. До комп'ютера сервера навпаки висовуються вимоги великої швидкодії для виконання багатьох одно часових процесів.

**Клієнт-серверна комунікація.** Рішення для клієнт-серверної комунікації доступні через мережну передачу даних. Дане рішення включає компоненти для сервера і клієнта, з підтримкою доставлення даних. Процес клієнта підготує дані до передачі, а серверний процес доставляє дані до

середовища застосування. Основними протоколами в застосуваннях ІАЦ СМДМ є наступні:

- **NFS (UNIX) та SMB (Windows) протокол** - підтримує віддалене під'єднання дисків, для використання клієнтськими застосуваннями, для отримання даних з розподілених серверних платформ.

- **ArcSDE API** – включає клієнтську та серверну компоненти. Серверна частина включає засоби для обробки даних. Дані стискаються під час пересилання та розпаковуються клієнтською частиною. Дані мають бути передані до клієнтського застосування для підтримки аналізу та відображення.

- **X.11 Windows протокол** – підтримує віддалені термінали та контроль застосувань, що підтримуються засобами UNIX серверу. Підтримка передачі дисплею та контрольної інформації до термінального клієнта.

- **ICA і RDP протокол** – підтримує віддалені термінали та контроль застосувань, що підтримуються засобами Windows Terminal Server. Підтримка передачі контрольної та дисплейної інформації до термінального клієнту. ICA протокол стискає дані при передачі.

- **HTTP протокол** – стандартний протокол передачі даних у WEB. HTTP протокол стискає дані при передачі.

**Мережна продуктивність клієнт-серверної технології.** Обсяги даних що передаються та широта полоси їх пропуску можуть бути використані для визначення очікуваного часу відгуку. Типове ГІС застосування потребує до 1 МВ даних для генерування нової карти.

Типове термінальне середовище вимагає близько 100 Кб даних для підтримки середовища дисплею. Клієнт-серверна конфігурація на базі SDE (рис. 6.19) підтримує обробку даних на стороні серверу.

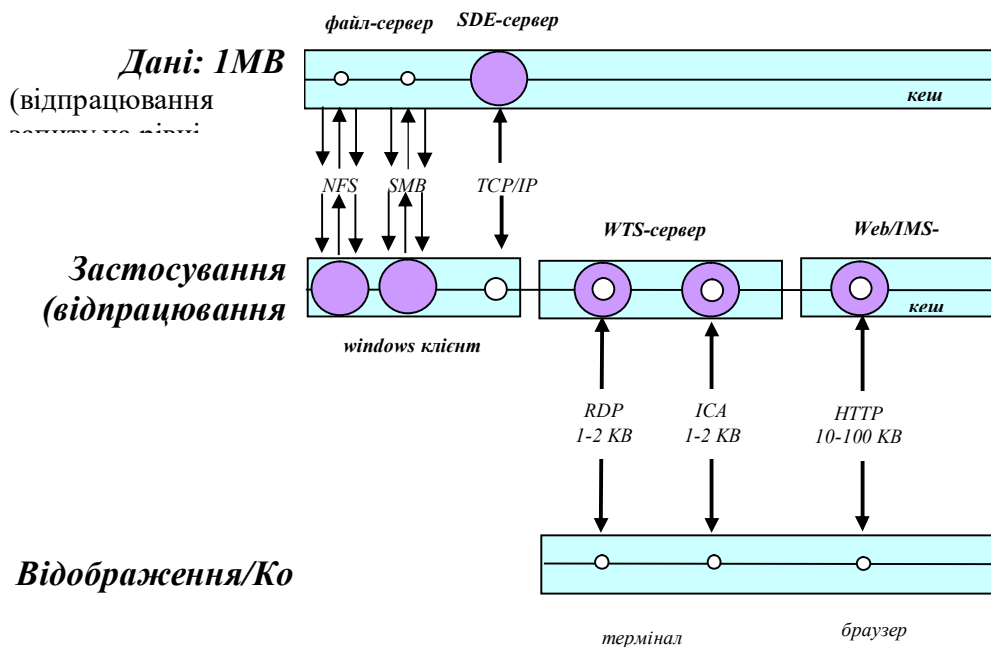


Рис. 6.19 – Клієнт-серверна конфігурація на базі SDE.

Обробка даних включає в себе визначення місцезнаходження запитуваних даних та фільтрування цих даних так, щоб лише необхідні клієнту дані були передані по мережі. Якщо клієнт обмежує запити маленькими обсягами даних, результат запиту буде дуже маленьким і загальна продуктивність мережі значно підвищиться.

#### 6.4.3. Приклад розробки РСМД Запорізької області

Система моніторингу довкілля Запорізької області повинна стати складовою частиною державної системи моніторингу довкілля України та національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн. Обласна система моніторингу довкілля має бути першим кроком у вирішенні питання поступового переходу до створення медико-соціального моніторингу, який на засаді даних моніторингу довкілля дозволить оцінити вплив забруднення довкілля на стан здоров'я населення.

РСМД Запорізької області створюється в тісній взаємодії державного управління екології та природних ресурсів в Запорізькій області з іншими регіональними суб'єктами моніторингу довкілля для координації впровадження технологічного, науково-технічного, інформаційного, організаційно-методичного забезпечення системи на всіх етапах її життєвого циклу.

Обласна система моніторингу довкілля структурно буде складатися з регіонального екологічного центру в м. Запоріжжі та з комунікаційно зв'язаними з ним локальними системами у містах і районах області при органах Мінприроди, місцевих органах виконавчої влади, суб'єктах обласної системи моніторингу довкілля.

Перелік установ, організацій та підприємств, які виступають суб'єктами природоохоронної діяльності та системи моніторингу довкілля Запорізької області включає, на момент створення системи, 26 суб'єктів. У ході виконання Програми до суб'єктів обласної системи моніторингу можуть залучатися інші природоохоронні організації, а також підприємства, установи та організації, що належать до сфери їх управління і є суб'єктами моніторингу за загальнодержавною та регіональними (місцевими) програмами реалізації відповідних природоохоронних заходів.

Центральною структурно-функціональною ланкою системи моніторингу довкілля є **регіональний інформаційно-аналітичний центр (РІАЦ)** системи моніторингу, який створено з метою підвищення ефективності управління екологічним станом області за рахунок:

- інтеграції екологічної та екологічно значущої інформації, що надходить від суб'єктів системи моніторингу довкілля;
- комплексного аналізу та оцінки екологічного стану довкілля;
- прогнозування змін екологічного стану довкілля;
- забезпечення органів державного та місцевого самоврядування необхідною інформацією про стан і прогноз розвитку екологічної ситуації в області;

- інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- інформаційного зв'язку з національним центром моніторингу довкілля України.

**Інформаційно-аналітичне забезпечення РІАЦ моніторингу** дозволяє приймати дані від суб'єктів моніторингу довкілля, обробляти, передавати, зберігати та аналізувати інформацію про стан довкілля та природоохоронну діяльність в регіоні (рис. 6.53).

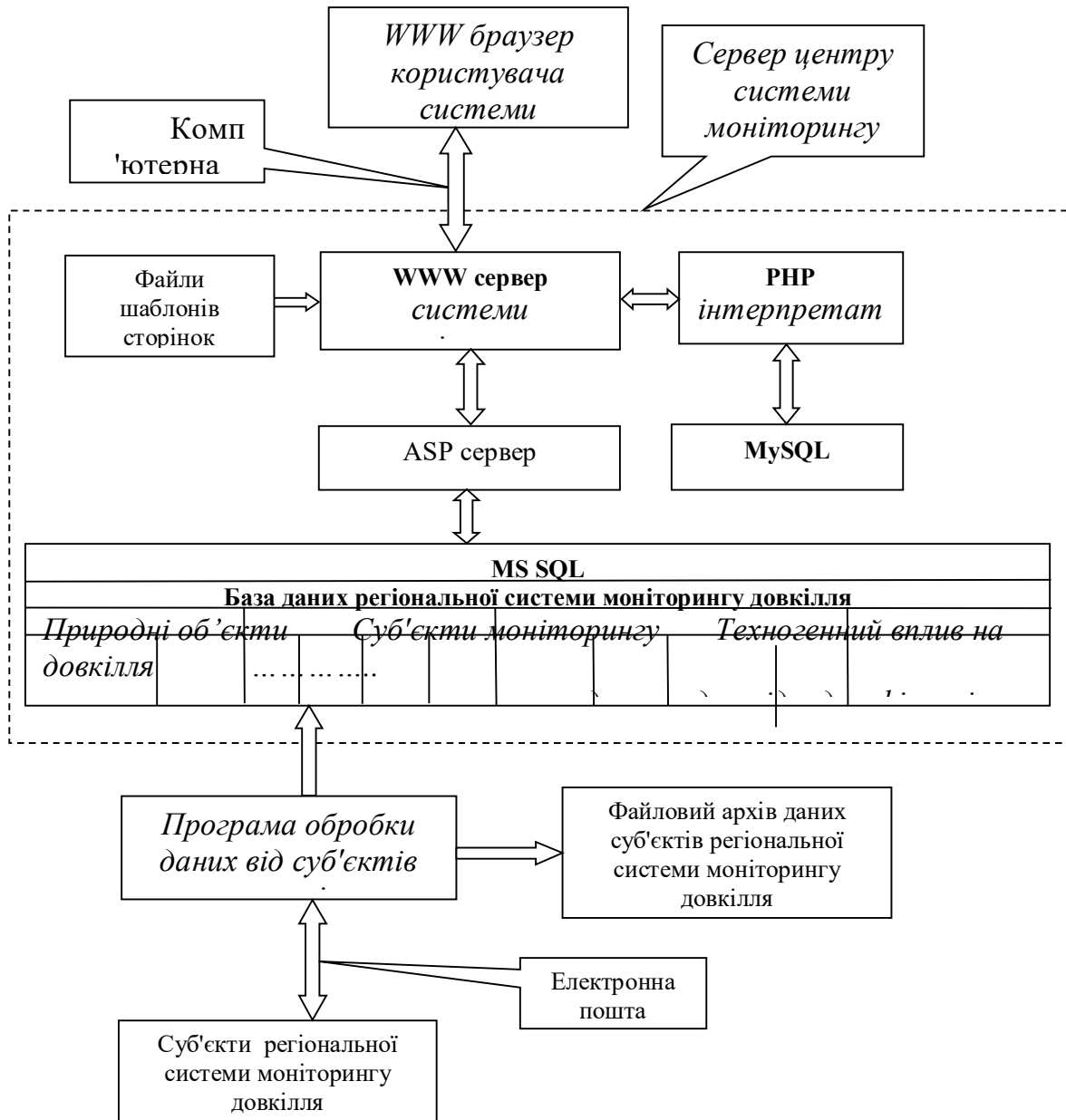


Рис. 6.53 – Блок-схема РІАЦ моніторингу довкілля Запорізької обл.



Дані спостережень за станом довкілля у суб'єктів моніторингу формуються в файл та передаються до РІАЦ моніторингу як за допомогою електронної пошти так і на магнітних носіях.

Прийом даних та їх первинну обробку здійснює оператор РІАЦ за допомогою сервісного програмного забезпечення. Прийняті дані передаються на сервер баз даних РІАЦ, де вони стають доступними для перегляду суб'єктами моніторингу за допомогою ВЕБ інтерфейсу.

Доступ до даних суб'єктами моніторингу довкілля здійснюється за допомогою стандартного браузера через комп'ютерну мережу після реєстрації на сервері РІАЦ.

Окрім статичної інформації з описом системи моніторингу довкілля, функціональних зобов'язань суб'єктів моніторингу тощо, на сайті представлені результати спостереження суб'єктів моніторингу за станом об'єктів природного середовища та джерелами техногенного впливу. Інформація наведена як у вигляді поточних результатів вимірів так і результатів первинної обробки. Щоб переглянути дані треба виконати запит з форми (рис. 6.54) та отримати звіт у вигляді таблиці або графіку (рис. 6.55).

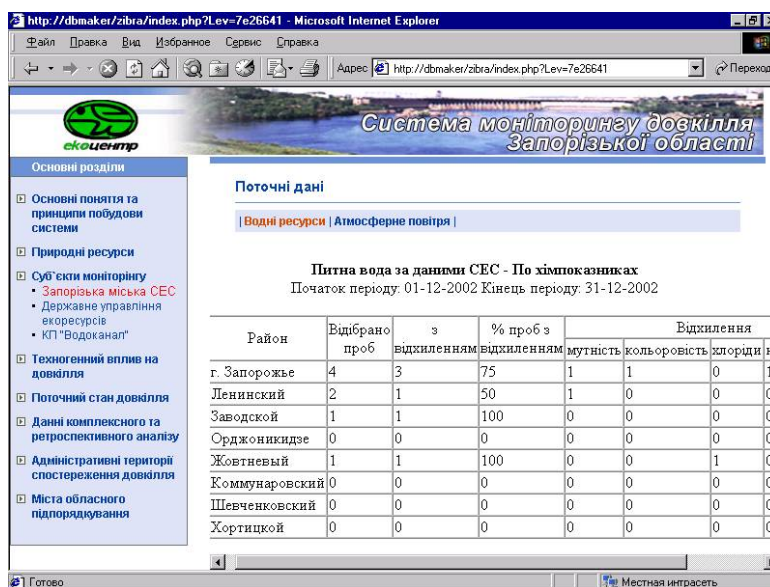
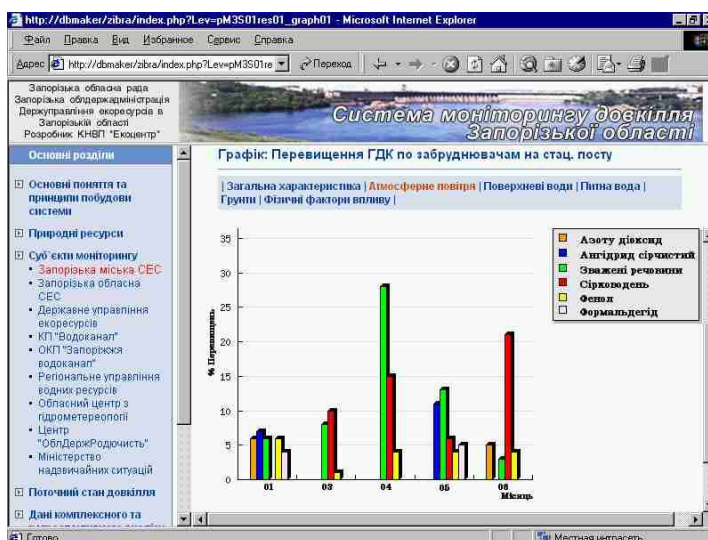


Рис. 6.54. Форма запису для перегляду результатів вимірювань



*Рис. 6.55. Результати обробки вимірювань на стаціонарному посту*

**Підсистема моніторингу атмосферного повітря.** До суб'єктів підсистеми моніторингу атмосферного повітря відносяться: Держуправління екології та природних ресурсів; обласний центр з гідрометеорології та обласна державна санітарно-епідеміологічна станція.

До складу суб'єктів можуть бути залучені підприємства, що спричиняють своєю діяльністю суттєвий вплив на стан атмосферного повітря та мають у своєму складі атестовані лабораторії, які проводять контроль за виробничими процесами та станом промислових зон.

• **Об'єктами моніторингу атмосферного повітря є атмосферне повітря, у тому числі атмосферні опади, і викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря.**

*Предметом контролю* при спостереженні та аналізі стану атмосферного повітря, техногенного впливу на нього є склад і вміст шкідливих хімічних речовин в атмосферному повітрі; вміст забруднювальних речовин у викидах промислових підприємств; фонові концентрації забруднювальних речовин у міських поселеннях; склад і вміст забруднювальних речовин у зоні впливу автотранспорту (вздовж автомагістралей); якісні та кількісні показники опадів, метеорологічні показники; транскордонний переніс забруднюючих речовин, у тому числі стійких органічних забруднювачів; стихійні та небезпечні природні явища (урагани, снігопади, шквали, інше).

Спостереження за станом атмосферного повітря це сукупність контактних і дистанційних вимірювань, лабораторних досліджень і візуальних визначень властивостей та стану атмосферного повітря і об'єктів антропогенного впливу на нього впродовж певного часу.

**Перелік програмно-аналітичних комплексів інформаційно-аналітичних складових РСМД, розроблених НВП “ЕКОЦЕНТР”, м. Запоріжжя та впроваджених в РСМД Запорізької області.**

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування суб'єкту моніторингу</i>	<i>Найменування програмно- аналітичного комплексу</i>	<i>Основні функції</i>
<i>Підсистема моніторингу атмосферного повітря</i>			
<i>1</i>	<b>Міська санепідемстанція</b>	<i>АРМ “Атмосфера – міськСЕС”</i>	<i>1. Введення та зберігання даних про забруднення атмосферного повітря. 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Формування звітів.</i>
<i>2</i>	<i>Обласна санепідемстанція</i>	<i>АРМ “Атмосфера – облСЕС”</i>	<i>1. Введення та зберігання даних про забруднення атмосферного повітря. 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Формування звітів.</i>
<i>3</i>	<i>Обласний центр з гідрометеорології</i>	<i>АРМ “Атмосфера - Гідромет”</i>	<i>1. Введення та зберігання даних про: • забруднення атмосферного повітря; • метеорологічні дослідження та прогноз погоди. 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Формування звітів.</i>
<i>4</i>	<i>Держуправління екоресурсів Мінприроди України</i>	<i>АРМ “Аналітлаб – викиди”</i>	<i>1. Введення та зберігання даних про контроль викидів промислових підприємств в атмосферного повітря. 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Формування звітів.</i>
<i>Підсистема моніторингу поверхневих вод суші</i>			
<i>1</i>	<b>Центр “Облдержродючість”</b>	<i>АРМ “Гідросфера – Держродючість”</i>	<i>1. Введення та зберігання даних про контроль стоків з поверхні ґрунтів. 2. Передача даних до центру моніторинга.</i>

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування суб'єкту моніторингу</i>	<i>Найменування програмно- аналітичного комплексу</i>	<i>Основні функції</i>
			<p>3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу.</p> <p>4. Формування звітів.</p>
2	Обласний центр з гідрометеорології	АРМ "Гідросфера – Гідромет"	1. Програма конвертації та передачі даних в центр моніторингу.
3	Міська санепідемстанція	АРМ "Гідросфера – міськСЕС"	<p>1. Введення та зберігання даних про контроль стану поверхневих вод.</p> <p>2. Передача даних в центр моніторингу.</p> <p>3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу.</p> <p>4. Формування звітів.</p>
4	Обласна санепідемстанція	АРМ "Гідросфера – облСЕС "	<p>1. Введення та зберігання даних про контроль стану поверхневих вод.</p> <p>2. Передача даних в центр моніторингу.</p> <p>3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу.</p> <p>4. Формування звітів.</p>
5	Держуправління екоресурсів Мінприроди України	АРМ "Аналітлаб – вода"	<p>1. Введення та зберігання даних про контроль стану:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• поверхневих вод.</li> <li>• скидів промислових підприємств.</li> </ul> <p>2. Передача даних в центр моніторингу.</p> <p>3. Формування звітів.</p>
6	Запорізький міськводоканал	АРМ "Технолог - вода "	<p>1. Введення та зберігання даних про контроль стану:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• поверхневих вод в місцях водозабору та скидів;</li> <li>• скидів очисних споруд.</li> </ul>

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування суб'єкту моніторингу</i>	<i>Найменування програмно- аналітичного комплексу</i>	<i>Основні функції</i>
			<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Передача даних в центр моніторингу.</li> <li>3. Формування звітів.</li> </ol>
7	Обласний водоканал	АРМ "Гідросфера – облводоканал"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введення та зберігання даних про контроль стану поверхневих вод.</li> <li>2. Передача даних в центр моніторингу.</li> <li>3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу.</li> <li>4. Формування звітів.</li> </ol>
8	Регіональне управління водних ресурсів	АРМ "Гідросфера - РУВР"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введення та зберігання даних про контроль стану поверхневих вод.</li> <li>2. Передача даних в центр моніторингу.</li> <li>3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу.</li> <li>4. Формування звітів.</li> </ol>
Підсистема моніторингу питної води			
1	Міська санепідемстанція	АРМ "Питна вода – міськСЕС"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введення та зберігання даних про контроль стану питної води: <ul style="list-style-type: none"> <li>• в комунальній водорозподільній мережі;</li> <li>• в відомчих водорозподільних мережах;</li> <li>• в житлових домах.</li> </ul> </li> <li>2. Передача даних в центр моніторингу.</li> <li>3. Формування звітів.</li> </ol>
2	Запорізький міськводоканал	АРМ "Технолог – питна вода"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введення та зберігання даних про контроль стану питної води: <ul style="list-style-type: none"> <li>• на ДВС;</li> </ul> </li> </ol>

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування суб'єкту моніторингу</i>	<i>Найменування програмно- аналітичного комплексу</i>	<i>Основні функції</i>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• на водоводах;</li> <li>• на насосних станціях.</li> </ul> 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Формування звітів.
<i>Підсистема моніторингу забруднення ґрунтів</i>			
<i>1</i>	<i>Міська санепідемстанція</i>	<i>АРМ "Ґрунти - міськСЕС"</i>	1. Введення та зберігання даних про контроль забруднення ґрунтів: <ul style="list-style-type: none"> <li>• в місцях проживання та відпочинку населення;</li> <li>• на території промислових підприємств;</li> <li>• в місцях захоронення відходів.</li> </ul> 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу. 4. Формування звітів.
<i>2</i>	<i>Держуправління екоресурсів Мінприроди України</i>	<i>АРМ "Аналітлаб – ґрунти"</i>	1. Введення та зберігання даних про контроль забруднення ґрунтів: <ul style="list-style-type: none"> <li>• в місцях проживання та відпочинку населення;</li> <li>• на території промислових підприємств;</li> <li>• в місцях захоронення відходів.</li> </ul> 2. Передача даних в центр моніторингу. 3. Прийняття узгоджених довідкових даних з центру моніторингу. 4. Формування звітів.
<i>Підсистема моніторингу фізичних факторів впливу</i>			
<i>1</i>	<i>Міська санепідемстанція</i>	<i>АРМ "Фізичні фактори -</i>	<i>1. Введення та зберігання даних про контроль стану</i>

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування суб'єкту моніторингу</i>	<i>Найменування програмно- аналітичного комплексу</i>	<i>Основні функції</i>
		<i>міськСЕС”</i>	<i>навколишнього середовища по розділах:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>транспортний шум;</i></li> <li>• <i>промисловий шум;</i></li> <li>• <i>електромагнітне випромінювання</i></li> </ul> 2. <i>Передача даних в центр моніторингу.</i> 3. <i>Формування звітів.</i>
<i>Картографічні програмні комплекси</i>			
<i>1</i>	<i>“Підтоплення”</i>	<i>Для комплексного аналізу підтоплених територій</i>	<i>Комплексний аналіз стану територій, підтоплених ґрунтовими водами. Оперативний пошук і відображення інформації про підтопленні території на план-схемі населеного пункту.</i>
<i>2</i>	<i>Картографічна система аналізу промвипусків в атмосферне повітря міст та населених пунктів</i>	<i>Для комплексного аналізу стану атмосферного повітря в містах та населених пунктах</i>	<i>Оцінка техногенного впливу промвипусків підприємств на засаді ГІС аналізу розрахунків розсіювання забруднювальних речовин від викидів стаціонарних джерел.</i>
<i>Регіональний центр моніторингу</i>			
<i>1</i>	<i>MS SQL Server</i>	<i>База даних</i>	<i>Зберігання та обробка даних системи моніторингу довкілля. Формування звітів по запитах суб'єктів моніторингу.</i>
<i>2</i>	<i>MySQL</i>	<i>База даних</i>	<i>Зберігання даних та конфігурації Інтернет серверу.</i>
<i>3</i>	<i>IIS</i>	<i>Інтернет сервер</i>	<i>Забезпечує доступ суб'єктів моніторингу до даних системи через ВЕБ інтерфейс.</i>
<i>4</i>	<i>Wscan</i>	<i>Обробка даних суб'єктів моніторингу</i>	<i>Обробка даних, надісланих суб'єктами моніторингу, зберігання їх в базі даних системи моніторингу. Формування файлового архіву надісланих суб'єктами моніторингу даних. Формування узгоджених довідкових даних для передачі</i>

<i>№ п/п</i>	<i>Найменування суб'єкту моніторингу</i>	<i>Найменування програмно- аналітичного комплексу</i>	<i>Основні функції</i>
			<i>суб'єктам моніторингу.</i>



### **6.5. Моніторинг біотичної компоненти екосистем методами геоінформатики (біотогоеоінформатики)**

**Біотогоеоінформатика** – це новий науковий напрямок, що використовує геоінформатику для біотичного моніторингу екосистем ландшафтного рівня (Придатко та ін., 2008)<sup>49</sup>.

Даний розділ націлений на те, щоб студенти та викладачі мали не тільки конспект з питань історії розвитку біотогоеоінформатики в Україні, низку різноманітних прикладів та напрацювань, але й найновітніші приклади практичного використання біотично орієнтованих ГІС, в яких задіяні пакети даних ДЗЗ, та спеціальні програмно-аналітичні комплекси (ПАК), зокрема, для побудови не тільки тематичних карт очікуваного розповсюдження видів рослин і тварин, але й прогностичних сучасних моделей щодо біотичного різноманіття, про які іще мало знають в Україні. Тема розглядається з врахуванням напрацювань вітчизняних наукових та науково-технічних установ за останнє п'ятиріччя, та на ініціативи різних країн, у тому числі, щодо програми GLOBIO і її відбитку – ЕЕВІО. Приклади підбирали таким чином, щоб їхня складність і детальність зростала: від простих, до таких, що пов'язані із складними ПАК і, нарешті, із моделюванням. Кожний із описів стосується або ключових екосистем та/чи фрагментів біомів, індикаторних видів тварин чи рослин.

#### **6.5.1. Розвиток біотогоеоінформатики в Україні.**

**Початок розвитку цього напрямку в Україні припадає на кінець 90-х років минулого сторіччя, чому фактично сприяли такі організації, як Український центр менеджменту землі та ресурсів (Київ), Центр арокосмічних досліджень Землі (Київ), Таврійський національний університет ім.В.Вернадського (Сімферополь) та ін. Тоді використання ДЗЗ, ГІС і Інтернет стали частіше застосовувати в Україні для підтримки прийняття рішень, зокрема, для цілей заповідної справи, управління збереженням біорізноманіття, та при створенні концепції національної еколого-культурної мережі. Правда, така зміна ситуації відбулась лише нещодавно, і на цьому шляху були не тільки перемоги, але й повчальні поразки, непорозуміння, перекручення. Все разом - корисний посібник для управлінців, науковців, аспірантів та студентів, аби вони могли не тільки активно переймати досвід, але й уникати повторювання вже здійснених ІТ-експериментів, уникати перехрещення у фінансуванні міжнародних проектів, зокрема, у питаннях придбання та/чи обробки космознімків, створенні класифікаторів та ГІС, баз і банків даних, тощо.**

---

<sup>49</sup> Див. «Ландшафтна екологія: навчально-методичний посібник з моделювання біорізноманіття, урахування впливів на нього (для освітніх цілей національного та регіонального рівнів). Частина 1. Моделювання біорізноманіття: приклад регіону GLOBIO-Україна. Частина 2. Робочий зошит студента». Автори: В.І.Придатко, Г.О.Коломицев, Р.І.Бурда, С.М.Чумаченко.—Київ: НАУ, 2008.— 200 с. Приклади, що наведено нижче, взято із зазначеного видання.

### 6.5.2. Екосистемні аспекти біотогеоінформатики щодо агросфери.

Вивчення властивостей агросфери є надзвичайно важливим для України, де вона займає до 72% поверхні суші. Дослідники звертають увагу на прояви кризових процесів у ній, інерційність і необхідність створення її надійної моделі для досягнення мети сталого (невиснажливого, збалансованого) розвитку. Як це не парадоксально звучить, але до 2005 р. у українських екологів не було навіть узагальнюючого цифрового зображення поверхні агросфери України, яке б дозволяло вимірювати, наприклад, потенційну частку середовищ існування червонокнижних видів в агроекосистемах, або частку поверхонь під сільськогосподарським виробництвом в межах водно-болотних угідь міжнародного значення і т.і. При цьому, класифікація форм земної поверхні 90-х років минулого сторіччя на основі космозйомки NOAA, не задовольняла таким потребам. Останнім часом подібні дані стали більш доступними, наприклад, в контексті дещо застарілих, але досяжних через Інтернет, даних DIVA-GIS, і початківці все звернули на них увагу. Сьогодні біотогеоінформатика допомагає вирішувати ці та інші науково-прикладні задачі значно краще.

*Синтезоване зображення агросфери України та її просторовий аналіз.* Вивчення розмірності, мозаїчності і мінливості агросфери, а також її середовищеутворюючих і еколого-соціальних властивостей, було залишається справою дуже складною. Певний прорив намітився у 2003-2006 рр., коли на основі даних дистанційного зондування MODIS (2002), в УЦМЗР був розроблений підхід до вивчення розмірності, мозаїчності і мінливості всієї поверхні агросфери, побудована перша тематична карта її поверхні і отримано новітню карту різноманіття класів земної поверхні, або LCC, масштабу 1:200000, та карта щільності класів земної поверхні, або LCCD. За результатами дослідження розрахунковий відсоток агросфери до всієї поверхні суші України тоді склав близько 64%. Оскільки поверхня агросфери України помітно переважає, то її виокремлення на цифровій карті є ключовим алгоритмом при укладанні інших карт, зокрема, це щодо екологічної цінності земель, і, відповідно, вірогідної щільності природного чи асоційованого агробіорізноманіття і, надалі, очікуваних елементів екомережі в агросфері. Зазначимо, що векторне зображення агросфери є доступним і включене в «ГІС-Агробіо» (Придаток та ін., 2005), як CD-додаток до двотомного видання монографії «Агробіорізноманіття...» (2005, 2006).

На цій основі оцінено, зокрема, відсоток сумісних із агросферою так званих. точкових середовищ існування видів тварин і рослин із Червоної книги України (1994, 1996) – це до 35%-40% від загального переліку. Нижче показано як саме можна використати це векторне зображення для оцінювання відсотка територій із сільськогосподарською діяльністю, що потрапляють, наприклад, у контури водно-болотних угідь міжнародного значення.

Такі дослідження мають й іншу перспективу, адже належний

картографічно оформлений образ про те, як саме потенційна екомережа має перетинати поверхню агросфери у суспільства іще не склався.

*Виокремлення вологих луків Полісся на цифровій тематичній карті.* У міжнародній практиці виокремлення такого класу поверхні, як «вологи луки», має принципове значення у питаннях планування створення заповідних територій, у тому числі, міждержавного значення. У 2007 р. відповідні роботи виконувались в рамках проекту UNDP-GEF щодо збереження біорізноманіття на Поліссі. Потрібно визнати, що на космознімках надзвичайно складно шукати й виокремлювати «вологі луки». Їх рідко виділяють як окремий «тип земель» навіть на експлікаційних картах-схемах місцевого значення – це у протигагу «лукам», «територіям сільськогосподарського призначення» і «сінокосам», що пояснюється і трудомісткістю картування і строкатістю, мозаїчністю поверхні цього класу. В результаті, для цілей проекту UNDP-GEF на основі знімків Landsat 7 ETM+ (1988, 1999, 2001 та 2002) отримали відповідне зображення та знайшли 373447 поверхонь даного класу (рис. 6.7.1), і зробити іншим шляхом було просто неможливо.

Звертаємо увагу майбутніх екологів на те, що навіть поточна карта-схема не є «німою», як часто буває на картах багатьох громадських екологічних організацій, а має обов'язкові посилання на картографічні джерела чи дані дистанційного зондування Землі, їхні параметри.

### 6.5.3 Водно-болотяні екосистеми (ВБЕ)

Уточнення площ водно-болотяних екосистем (угідь) міжнародного значення в Україні за допомогою засобів ДЗЗ. Зазначимо, що сьогодні вимірювання або уточнення площ складних поверхонь є для геоінформатики справою повсякденною. Для цілей фонових екологічних моніторингу, такі завдання почали виконуватись буквально в останні декілька років. Наприклад, при виконанні вже згаданого проекту UNDP-GEF з'ясовано, що навіть карти-схеми вкритих водою площ, які вільно надавав користувачам через Інтернет технічний підрозділ Рамсарського бюро, був дуже загальними. Таким чином, на різних рівнях управління іще користуються зображеннями і, певне, площами водно-болотяних угідь, які потребують постійного суттєвого уточнення. У зв'язку із цим нагадаємо, які із розробок були чи є доступними для досягнення даної мети, і у чому вони можуть бути корисними.

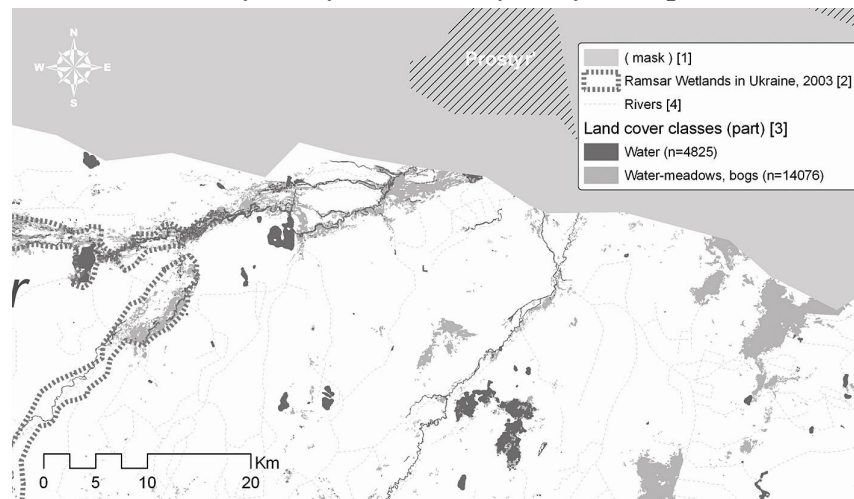


Рис 6.7.1. Фрагмент тематичної карти вологих луків у Поліссі (УЦМЗР, 2007)<sup>50</sup>

На рівні УЦМЗР іще в 2001 році, для тодішньої Держслужби заповідної справи, було підготовлено космічне зображення трьох українських водно-болотяних угідь міжнародного значення (Каркінітської, Джарилгачької, Тендрівської та Ягорлицької заток Чорного моря), які стосувалися Протоколу Монтре. За основу взято дані Landsat 7 ETM+. Тоді ж уперше помічено, що відмінність між площами цих поверхонь із дуже складною геометрією (при порівнянні розповсюджених даних із тими, які могли би бути визначені

<sup>50</sup> Отримано УЦМЗР на основі новітніх інформаційних технологій для цілей проекту UNDP-GEF Consolidation of the Polissya Ecological Corridor.

засобами ДЗЗ та ГІС), могла сягати від -33% до +21% (табл. 6.7.1).

Табл. 6.7.1 Результати інструментального вимірювання в ГІС площ деяких складних водно-болотяних поверхонь за даними ДЗЗ і ГІС (УЦМЗР, 2001) <sup>51</sup>.

<i>Водно-болотяні поверхні</i>	<i>Ймовірне відхилення від даних, отриманих іншими методами</i>
<i>Тендрівська затока</i>	+15%
<i>Ягорлицька затока</i>	+12%
<i>Центральний Сиваш</i>	-33%
<i>Східний Сиваш</i>	+21%

Моделювання (класифікація) форм земної поверхні, що оточує водно-болотяне угіддя міжнародного значення. Класифікація форм земної поверхні є потужним інструментом біотогоеоінформатиків, зокрема, при виявленні та картуванні джерел тиску, небажаного впливу на екосистеми, що підлягають особливій охороні – для цілей управління, покращання ситуації та оптимізації територіального планування. З методичної точки зору – це справжнє емпірико-статистичне моделювання з використанням розповсюдженої в міжнародній практиці процедури LCC (*land cover classification* - англ.). У відношенні водно-болотяних угідь, предметом уваги, щодо тисків на біорізноманіття, була й залишатиметься сільськогосподарська діяльність, адже часто вона є невід’ємною, законодавчо визначеною, функціональною складовою цих угідь, яка потребує постійної уваги й управління. Для здійснення належного планування й управління, необхідні тематичні карти, а також моделювання. Розглянемо на декількох відомих уже для України прикладах, які з ландшафтно-екологічних, біотогоеоінформаційних напрацювань вже знайшли своїх користувачів, пройшли апробацію й використовуються на місцях.

Перше поновлення тематичних карт щодо морського узбережжя в районі Сивашу, на основі новітньої космозйомки, було виконано УЦМЗР у 2001 р. і першими користувачами інформації були, зокрема, департамент охорони, використання та відтворення природних ресурсів та український офіс програми Wetlands International. У 2002 році в УЦМЗР, було здійснено

---

<sup>51</sup> Приклад було підготовлено О.Петроченком та В.Придатком (УЦМЗР). Макетування та вимірювання здійснювалось в ArcGIS 8. Знак (+) показує, що зазначена поверхня може бути більшою, а знак (-), навпаки, меншою від запропонованої раніше. В експерименті із уточненням використано наступні дані ДЗЗ: Landsat 7 ETM+ (21/08/2000, Path 178 Row 28; 10/08/1999, Path 179 Row 28. Projection: UTM, zone 36. Spheroid: WGS84. Datum: WGS84. Відмінність, у відсотках, підрахована як відношення різниці двох прикладів (розповсюджені у довідкових джерелах дані 1997-1999 рр. і даних ДЗЗ).

класифікацію форм земної поверхні для значної території Півдня України. Туди ж увійшла й територія, що планувалась під створення національного природного парку «Сиваський», багата на водно-болотяні екосистеми. В Україні в складі користувачів цих перших оригінальних, або вже геокодованих зображень, на основі Landsat 7 ETM+ кінця 90-х, були Азово-Чорноморська орнітологічна станція (Мелітополь), Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського (Сімферополь), Інститут ботаніки НАН України ім. М.Г. Холодного (Київ). На запит Інституту екології (південна філія Національного екологічного центру України), УЦМЗР розробив тематичні карти щодо поверхні Регіонального ландшафтного парку «Кінбурнська коса», і тоді ж уперше було застосовано для моделювання поверхні зображення Terra ASTER, і по новому виділено основні рослинних угруповань прибережної смуги. Але, певне, найцікавіші із цієї низки підходів тих років щодо моделювання включають: а) відтворення в середовищі *ArcView 3.1* контурів мережі морських заповідників України за 1927 рік, виконане УЦМЗР у співпраці із Чорноморським біосферним заповідником; б) візуалізація (в старовинному на сьогодні) середовищі *ArcView 2* і його додатку *MapRoom* тих суттєвих змін, що відбулись в дельті Дніпра - на основі ледь не першої космозйомки CORONA (1967). Цей та інший досвід сприяв тому, що в 2002-2004 рр. у Києві відбулись перші тренінги з питань використання засобів ДЗЗ та ГІС для заповідної справи.

Таким чином, починаючи принаймні з 2001 року в інституціях національного рівня створювався пакет прикладів, корисних для здійснення управління антропогенним впливом на водно-болотяні угіддя міжнародного значення. Змінились уяви про дійсні контури й площу водно-болотяних угідь. Це підштовхнуло різноманітні організації для активнішого використання даних ДЗЗ та ГІС для управління водно-болотяними угіддями. Нижче для порівняння - деякі інші приклади використання даних ДЗЗ та ГІС для більш складного цифрового картографічного моделювання.

*Моделювання в ГІС впливу антропогенної діяльності на водно-болотяні екосистеми міжнародного значення (ВБУ МЗ) із використанням даних ДЗЗ.*  
У 2006 р. УЦМЗР виконав тестове розпізнавання впливу антропогенної діяльності на екосистеми поблизу 16 ВБУ МЗ – табл. 6.7.2. В результаті знайдено 178 полігональних об'єктів загальною площею до 35349 га, класифікованих як агроповерхні в межах ВБУ. На основі низки нових підходів встановлено, що орієнтовно 6,4% зведеної поверхні тодішніх ВБУ МЗ знаходиться під впливом сільськогосподарської діяльності. Ознаки впливу антропогенної діяльності шукали дистанційно, із використанням синтезованого зображення мега-агроекосистеми України (див. вище). З'ясовано, що відсоток впливу антропогенної діяльності на ВБУ МЗ зменшувався у такій послідовності: «Затока р.Прип'ять» (59%), «Затока

р.Стохід» (51%), «Озера Шагани-Алібей-Бурнас» (32%) і т.д. Найменшим вплив був на угідді «Шацькі озера» (0,11%). Особливості, інтенсивність та тривалість цього впливу не досліджувались.

Табл. 6.7.2. Прояви антропогенної діяльності на водно-болотних угіддях міжнародного значення за результатами моделювання в ГІС (Штепа, 2002<sup>52</sup>)

<b>ВБУ міжнародного значення</b>	<b>Площа ВБУ, га</b>	<b>Площа поверхонь класу «с.г.» у моделі, га</b>	<b>Кількість парцел поверхонь класу «с.г.» моделі</b>	<b>Середня площа парцели, га</b>	<b>Розрахункова частка поверхонь класу «с.г.» в межах ВБУ, %</b>
Долина річки Прип'ять	12000	7115	25	0,004	59
Долина річки Стохід	10000	5190	31	0,006	52
Озера Шагани-Алібей-Бурнас	19000	6242	4	0,001	33
Каркінітська та Джарилгацька затоки	87000	566	17	0,030	0,7

Таким чином, зображення, що отримують із допомогою комплексу Terra MODIS, можуть допомогти в отриманні досить цікавих результатів. Такі космознімки ще довгий час будуть інформативними для моніторингових досліджень, незважаючи на появу зображень надвисокої роздільної здатності.

**Лісові екосистеми.** Лісові ландшафтні екосистеми досліджують в Україні досить інтенсивно, що пов'язано з давньою історією лісорозведення, традиційною увагою до цієї галузі. Вони є помітною поверхнею для апробації, зокрема, новітнього MSA- та CLUE-підходу - тут чи не найкраще можуть бути представлені дані державної статистичної звітності про стан лісів – у розрізі областей, районів, чи окремих лісництв, або навіть груп кварталів. У них же здійснюється постійне оцінювання складу деревинних порід, виконується облік мисливських тварин. Нагадаємо, що сторона ґрид-комірки моделей CLUE чи MSA може сягати 1 км, а її площа 1 км<sup>2</sup>, або 100 га. Тобто, відповідне моделювання може підкріплюватись даними для перевірки, отриманими із інших джерел, додатково до бібліотеки даних MSA, які частково надходять дистанційно, за рахунок космічних зйомок.

Підвищену увагу, щодо лісів, які займають біля 16% всієї площі країни, в останні роки привертала такі території, як Чорнобильська зона, гірські ліси в Закарпатті, Криму, ліси степової природної зони – це на Херсонщині; ліси поблизу великих міст. Серед напрямків досліджень

<sup>52</sup> Синтезоване зображення мега-агроекосистеми розроблено Ю.М.Штепою (УЦМЗР).

переважали ті, що стосувались моніторингу (пожежі, вирубування, поновлення лісу, повені). Щодо біорізноманіття лісів, то частіше всього відповідні дослідження мали відношення до території заповідників; рідше – острівних лісових екосистем, лісосмуг, затоплених лісів. Зовсім нове питання для українських екологів – інвентаризація й вивчення біорізноманіття точкових об'єктів у лісах – окремих дерев, консорцій. Тут їх чекає чимало відкриттів.

Із масштабних прикладів, пов'язаних із біорізноманіттям та моделюванням біорізноманіття в лісових екосистемах наведемо лише один приклад, хоча так само, як і у випадку з водно-болотними екосистемами, сучасний ДЗЗ-аналіз, картування – справа повсякденна.

Моделювання, пошук та фіксація історичних змін у гірських лісових та лісових екосистемах. У 2002 році в Україні, за фінансової підтримки АМР США, в УЦМЗР, у співпраці із ТНУ, вперше виконано масштабне порівняння змін територій, укритих ліською рослинністю в гірському Криму за десятиріччя. Ключове значення при моделюванні мало використання даних ДЗЗ 1988 і 1999 років, а саме: а) Landsat 4 ТМ (серпень 1988 р.), із архіву УЦМЗР; б) космознімка Landsat 7 ЕТМ+ (серпень 1999 р.), придбаного додатково. Загальна розрахункова площа території, обраної для ГІС-аналізу охоплювала майже весь гірський Крим і склала близько 319 тис. га. Із них 24 тис. гектарів були закриті хмарами, тому дистанційні виміри тут не проводили. У результаті комп'ютерної обробки космознімків виявлено, що сумарна площа територій, де ліськова рослинність відновилася, або стала більш зімкнутою, склала близько 0,4% від площі дослідження, а там, де вона істотно зменшилася, або зовсім зникла, теж 0,4%. Там, де істотно змінився її колір – 0,2%. Таким чином, встановлено, що за десятиріччя процес відновлення й втрати лісовкритих площ виявився як би збалансованим за рахунок дії найрізноманітніших факторів. Матеріали та приклади цього цікавого дослідження і досі є доступними в Інтернет, зокрема, на веб-сторінці УЦМЗР, у публікаціях проекту UNEP-GEF BINU, матеріалах щорічних ялтинських конференцій користувачів програмного забезпечення ESRI.

Степові екосистеми. Площа умовно природних та напівприродних степових екосистем у регіоні GLOBIO-Ukraine помітно зменшується. (Починаючи з 2008 р. дослідження їх стану стало темою окремого міжнародного проекту рівня ЄС). Виявлення «островів» степів із допомогою даних ДЗЗ, у поєднанні з наземними обстеженнями, є надзвичайно важливим і актуальним завданням, адже іншого шляху для картування цих ландшафтних екосистем і, відповідно, планування їх збереження просто не існує.

Моделювання поверхні степової ландшафтної екосистеми. До одного з перших результатів дистанційного розпізнавання степових екосистем належить створення тематичної цифрової карти поверхні Півдня України (LCC) із роздільною здатністю до 30 м. В ній уперше було виділено 27 класів



земної поверхні, серед яких виокремили й степи, а саме: «Степи (Steppe)», «Пісчані степи (Sand steppe)», «Кам'янисті степи» (Stone steppe), «Степи, з ознаками опустелювання й солонці (Desert steppe and salinas)».

Авторами використано чисельні публікації, архівні дані, а також матеріали, люб'язно надані адміністрацією біосферного заповідника «Асканія-Нова» – для порівняння й більш точної ідентифікації саме степів. Таким чином, уже наприкінці 90-х рр. методами ДЗЗ та ГІС-підходу було проілюстровано й доведено, що на Півдні України має місце надзвичайно висока островізація степових ландшафтних екосистем.

Пізніше ці ініціативи із моделювання, на прикладі Кримського півострова, продовжили у співпраці УЦМЗР та ТНУ – рис.6.7.3.



Рис. 6.7.3. Послідовність дій із створення карти островів природних територій у Криму на основі Landsat 7 ETM+ (Придатко та ін., 2002).

Спадкоємність проявилась в тому, що класи було об'єднано в 9 типів ландшафтів. Наведемо опис «центрально-степових ландшафтів на чорноземах і каштанових ґрунтах, зайнятих типчаково-ковилковими асоціаціями із фрагментами малопродуктивних земель, що використовують у сільськогосподарських цілях» На рисунку показано послідовність дій зі створення результуючої моделі. Усього на основній робочій поверхні було виділено 1314 полігональних структур, «островів», з яких найбільшими за площею та частотою трапляння були пасовища. (Із гістограмою щодо результатів обліку в ГІС усіх полігональних структур у моделі, серед яких і степи, можна ознайомитись у публікації – В.Придатко та ін. (2003, 2005). Таким чином, свого результату дослідники досягали крок за кроком - від отримання базового дистанційного зображення, на основі декількох космознімків Landsat, до класифікованої поверхні (LCC) і, нарешті, до

поверхні з виділенням «островів» природних територій, у тому числі, степів. Зрозуміло, що таке моделювання дає значні переваги при роботі з біорізноманіттям, адже кожний з елементів легенди карти – адреса, за якою можна знайти вид, або групу видів рослин чи тварин, отже, розрахувати очікуване видове різноманіття в степових екосистемах.

В числі іншого, щодо «островів», розроблено цікаві приклади, зокрема, щодо прибережних морських екосистем, екосистем міських агломерацій (урбоекосистем), а також щодо заповідних територій взагалі. Серед них – картування вертикально орієнтованих біотопів, наприклад, поселень морських птахів в Арктиці (Придатко, 1986), середовищ існування індикаторних видів хребетних (Придатко; Гаврись, 2006), судинних рослин (Бурда, 2006) та ін. Окрім того, локальні цільові ГІС розроблено для таких заповідних територій, як БЗ «Карпатський», БЗ «Асканія Нова», РЛП «Калиновський», НПП «Нижньодністровський» та ін.

Питання до семінарських занять

### **Семінари № 13-14**

1. Дайте визначення поняттям «геоінформатика», «ГІС-технологія».
2. Назвіть головні 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?
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?
8. Які Ви знаєте основні методи математичної обробки 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. На яких принципах ґрунтується створення і функціонування РСМД?
14. З яких підсистем та інформаційних ресурсів складається РСМД?
15. Яку інформацію може включати підсистема аналізу та подання інформації РСМД?
16. Назвіть найбільш відомі в Україні регіональні автоматизовані інформаційні системи моніторингу.

## 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 невирішеною 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 syklon – 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. aerea – 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 tetrop – 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. *topitor* – той, що спостерігає, контролює) – біотичний моніторинг, моніторинг за станом біотичної складової середовища та її реакцією на антропогенні впливи.

**Біосфера** (грец. *spharìa* – 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  $10^{12}$  ГеВ) 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.

**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 території, 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 водоносного 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, водяні пари атмосфери та ін.).

**Вододіл** – лінія, яка розмежовує стік атмосферних опадів по схилах, спрямованих у різні боки.

**Водозабезпеченість** – ступінь відповідності потреби у воді фактичному забезпеченню водоспоживача (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 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, 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.

**Геоінформаційна технологія (ГІС-технологія)** — це технологічна основа створення геоінформаційних систем, які дозволяють реалізувати функціональні можливості ГІС.

**Геологічне** (грец. geo – Земля, logos – вчення, наука) **середовище** – це частина літосфери в комплексі із ендогенними 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, поверхневі і підземні води, ґрунти, рослинний і тваринний світ та антропогенні чинники.

**Гігрограф** (грец. higrós – 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.

**Гідробіонти** – всі живі організми (тваринні і рослинні), які розвиваються й існують у воді та донних відкладеннях водойм і водотоків.

**Горизонт створу** – зона на вертикалі (в глибину), 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 рефлекторних 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, перевищення 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, 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 Дж на 1 кг маси речовини. 1 Гр = 1 Дж/кг.

**Грунт** – окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворювальних порід, часу.

**Ґрунтова 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.

**Ґрунтово-геоморфологічний профіль** – вузька, лінійноподібна 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 довкілля (навколишнього 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 trope – 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. 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 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.

**Заплава** – частина долини річки, що періодично затоплюється водою при весняному розливі (повені) або дощових паводках, після яких залишається алювій (пісок, пилюваті 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. 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 (поверхневе 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.

**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 візуальні, акустичні, тактильні та інші І.

**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. genus – рід, походження) – речовини або фізичні агенти, здатні викликати утворення злоякісних пухлин або сприяти їх розвиткові.

**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.

**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. Розвивається при значній 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 і 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.

**Метод польовий** – метод, що передбачає вивчення природно-техногенних об'єктів у дослідках, здійснюваних безпосередньо в польових умовах.

**Методи 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. 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, властивостей і умов середовища (температури, тиску, лужно-кислотних і окисно-відновних умов та ін.)

**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 і джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначають зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій з метою 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).

**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.

**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 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.



**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 та їх економічного оцінювання.

**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.

**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** – загальна назва хімічних речовин, що використовуються для знищення або зменшення чисельності патогенних бактерій (бактерициди), грибів (фунгіциди), шкідливих комах (інсектициди), 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, коли-індекс, сапрофіти та ін.

**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 людиною.

**Прогнозування змін у навколишньому середовищі** – передбачення можливих змін у природному середовищі, пов'язаних як із прямим впливом людини на середовище, так і з віддаленими наслідками таких впливів.

**Програма спостережень** – встановлена 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 підтримувати певну швидкість відтворення своїх складових. Мірою біологічної продуктивності служить продукція (біомаса), утворена за одиницю часу (доба, місяць, рік).

**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.

**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 радіоактивності** – сумарна інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у навколишньому середовищі. Залежить від природного фону радіоактивності й кількості антропогенних радіоактивних речовин.

**Річки (ріки)** – водні потоки, що течуть у природних руслах і живляться за рахунок поверхневого і підземного стоків з їх басейнів.

**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 довкілля та здоров'я людини.

**Сапробіонти** – 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, ємністю, припустимими межами змін та ін.

**Смуга відчуження** – територія обабіч залізниць (50 м) та автошляхів (25 м), що використовується транспортом і вилучена з іншого землекористування.

**Смуга захисна** – лісові й незаліснені 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 г/л, солонувата – від 1 до 3, слабосолонна – від 3 до 10, солонна і дуже солонна 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 і соціально збалансований розвиток людства. **С.Р.** – розвиток, який задовольняє сьогоденні потреби людства не за рахунок майбутніх 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 природоохоронну, екологічну, наукову, рекреаційну та іншу цінність, яким надано статус територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

**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.

**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, тиск, напрямок вітру, течія, 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 екологічні** – окремі властивості або елементи довкілля, які впливають на організм. Поділяються на абіотичні, біотичні і антропогенні.

**Фактори едафічні (ґрунтові)** – структура і склад ґрунтів, сукупність фізичних і хімічних властивостей ґрунту, що здійснюють екологічний вплив на живі організми.

**Фітомеліорація** – система заходів, спрямована на поліпшення і відновлення природних умов шляхом регламентованого використання і культивування рослинних угруповань (вирощування меліорантних культур тощо).

**Фітопланктон** – сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води морських та прісних водоймищ і пасивно переносяться течіями.

**Фітоценоз (рослинне угруповання)** – історично складена сукупність видів рослин, що існує на території з більш-менш однотипними 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 з статистично відокремленими вибірковими сукупностями конкретних вимірів вмісту речовини.

**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.

**Якість атмосферного повітря** – сукупність властивостей повітря, яка визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних чинників повітря на людей, рослини і тварини, а також на будівлі, конструкції і довкілля загалом.

**Якість води** – ступінь відповідності біологічних, фізико-хімічних та інших властивостей води потребам людини та технологічним вимогам.

**Якість ґрунту** – характеристика 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 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. : Гидрометеоиздат, 1986. — 200 с.
5. Беккер А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / Беккер А. А., Агаев Т. Б. — Л. : Гидрометеоиздат, 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. : Гидрометеоиздат, 1989. — 325 с.

8. Брюханов А. В. Аерокосмические методы в географических исследованиях / А. В. Брюханов и др. — М. : МГУ, 1992. — 232 с.
9. Бурдин К. С. Основы биологического мониторинга / Бурдин К. С. — М. : Изд-во МГУ, 1985. — 158 с.
10. Бусыгин Б. С. Инструментарий геоинформационных систем : [справочное пособие] / Бусыгин Б. С., Гаркуша И. Н. — К. : ИРГ «ВБ», 2000. — 172 с.
11. Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды / Б. В. Виноградов. — М. : Мысль, 1976.
12. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення — К. : 2006. — 244 с.
13. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. — Львів : Ліга-Прес, 1998. — 356 с.
14. Геоинформационная система «КАРТА 2009» («Панорама 9.х» 1991–2009) Руководство пользователя («Mapguide») — РФ, Ногинск : КБ Панорама, 2009. — 134 с.
15. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР, сер. Геогр. — № 3. — 1975. — С. 13-25.
16. Герасимов И. П. Мониторинг окружающей среды. Современные проблемы географии / И. П. Герасимов. — М. : Наука, 1976. — С. 19–29.
17. Дьяконов В. П. Mathcad 7 в математике, физике и в Internet / Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. — М. : Нолидж, 1999. — 352 с.
18. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-ХІІ із змінами і доповненнями.
19. Застосування інформаційних технологій в управлінні навколишнім середовищем // Під ред. В. Чабанюка. — К. : Мінекобезпеки України, ГЕО, 1998. — 125 с.
20. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1984. — 534 с.
21. Израэль Ю. А. Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 398 с.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
  26. Клименко М. О. Моніторинг довкілля : підручник / Клименко М. О., Прищепка А. М., Вознюк Н. М. — К. : Академія, 2006. — 360 с.
  27. 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.
  28. 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.
  29. 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.
  30. 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.
  31. Медведєв В. В. Моніторинг ґрунтів України / В. В. Медведєв. — Харків : Антика, 2002. — 248 с.
  32. Меннінг У. Дж. Біомоніторинг забруднення атмосфери с помощью растений / Меннінг У. Дж., Федер У. А. ; под ред. Л. М. Филиповой. — Л. : Гидрометеиздат, 1985.
  33. Митчел Э. Руководство по ГИС-анализу. Пространственные модели и взаимосвязи / Э. Митчел. — К. : ЕСОММ, 2000. — 180 с.
  34. 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.
  35. Моніторинг і методи контролю ґрунтового середовища: 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.
  36. Моніторинг забруднення атмосфери в містах / Под ред. А. С. Зайцева. Тр. Вып. 543. — Л. : Гидрометеиздат, 1991. — 108 с.
  37. 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.
  38. 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.

39. Пати́ка В. П. Агро́екологі́чний мо́ніторинг та паспортиза́ція сільськогосподарських земель / Пати́ка В. П., Тарарі́ко О. Г. — К. : Фітосоціоцентр, 2002. — 256 с.
40. Постанова Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р. № 815 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод».
41. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля».
42. 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.
43. Примак А. В. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы / А. В. Примак, А. Н. Щербань. — К. : Наукова думка, 1980. — 296 с.
44. Протокол про реєстри викидів і перенесення забруднень до Орхуської конвенції про доступ до інформації, участі громадськості у процесі прийняття рішень і доступі до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхус, 1998 р.).
45. 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
46. Рудько Г. Екологічний моніторинг геологічного середовища : підручник / Рудько Г., Адаменко О. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 260 с.
47. Яцьк А. В. Экологические основы рационального водопользования / Яцьк А. В. — К.: Генеза, 1997. – 628 с.
48. ESRI Map Book V. 15-25 — ESRI : Redlands, USA, 2009.
49. ArcGIS 9. Getting Started With ArcGIS – ESRI: Redlands, USA, 2004.— 265 р.
50. ArcGIS 9. What is ArcGIS. — ESRI : Redlands, USA, 2004.— 119 р.
51. Mann R.F. Global environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCORE. Rep. 3 – Toronto, 1973. — 130 p.
52. Report of the international meeting on monitoring Held at Nairobi 11 - 20 Feb. 1974. — 60 p.
53. Using ArcGIS Spatial Analyst — ESRI : Redlands, USA, 2002. — 232 р.

### **Рекомендовані інформаційні Інтернет-ресурси**

Відомості про систему моніторингу та дані про стан довкілля України:

1. Сайт Мінприроди: <http://www.menr.gov.ua/>
2. Сайт Інформаційно-аналітичного центру (ІАЦ) Мінприроди: <https://iac-menr.rgdata.com.ua/ShowPage.aspx?PageID=200>
3. Сайт Українського гідрометеорологічного центру: <http://meteo.com.ua/>
4. Сайт Держводгоспу <http://scwm.gov.ua/>
5. Сайт МНС України: <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 довкілля:  
<http://www.eea.europa.eu/themes/water/mapviewers/myRBD>
7. Інтерактивна веб-система моніторингу якості поверхневих вод 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, інформаційними та фотовідеоматеріалами:  
<http://maps.google.com/>
10. Дані спостережень НАСА: <http://earthobservatory.nasa.gov/>
11. Дані про стан довкілля в Європі – сайт ЄАНС: [www.eea.europa.eu/](http://www.eea.europa.eu/)
12. Бази даних про стан повітря ЄАНС:  
<http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/#aq>
13. Каталог даних ДЗЗ ДНВЦ «Природа» Мінприроди та НКАУ 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: [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» (РФ): [www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru) та їх офіційного дилера: <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»: 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 зрошуванням 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 (грунтове) 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.

У висновках слід підкреслити, 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. У разі, якщо протягом виконання курсової роботи результати доповідались на конференціях 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 самостійної 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 агроекосистемах / 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.

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.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-2/2008-2.files/uk/08vbtroi\\_uk.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-2/2008-2.files/uk/08vbtroi_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:  
„Грунтовий 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

## МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

Підручник

*Оригінал-макет підготовлено В. Боголюбовим та В. Мокіним*

*Підписано до друку 02.04.2011 р.  
Формат 21×29,7 ½ Папір офсетний  
Гарнітура Times New Roman  
Друк різнографічний Ум. друк. арк.26  
Наклад 500 прим. Зам. № 2010-147*

**Розробку принципів ведення локального і регіонального моніторингу доцільно проводити з врахуванням вимог міжнародних документів:**

1. Директива Ради Європейського Союзу 96/62/ЕС від 27.09.1996 р. «Про оцінку і контроль стану атмосфери» (Містить вимоги до чистоти атмосфери, гранично допустимих концентраціях деяких забруднень, методикам вимірювань і кількості станцій спостережень);
2. Директива Європейського парламенту і Ради Європейського Союзу 2000/60/ЕС (Водна рамочна директива (ВРД) - визначає водну політику в Європі і містить вимоги до комплексного управління кількістю і якістю поверхневих і підземних вод).
3. Директива Ради Європейського Економічного Союзу 91/271/ЕЕС від

21.05.1991 р. «Про очистку міських стоків» (зобов'язує організувати моніторингові спостереження (ст. 15), описує методи моніторингу і оцінки результатів (Додаток 1), а також критерії визначення ділянок, на яких потрібно організувати моніторинг).

4. Директива Ради Європейського Економічного Союзу 91/676/ЕЭС від 12.12. 1991 р. «Про захист вод від забруднення нітратами з сільськогосподарських джерел» (Містить опис практичних заходів, спрямованих на здійснення контролю впливу дифузних джерел забруднення).
5. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні речовини (Особливо небезпечні отруйні речовини розділені умовно на 3 групи. В першу входять 9 видів пестицидів, заборонених до використання. Підкреслюється необхідність організації спостережень за станом навколишнього середовища в місцях складування (захоронення) пестицидів).
6. Директива Ради Європейського Економічного Союзу 1999/31/ЕС от 26.04.1999 р. по полігонам захоронення відходів. (ст. 12 і додаток III регламентують порядок організації моніторингових спостережень на полігонах захоронення відходів на стадіях експлуатації і рекультивациі).
7. Директива Парламенту и Ради Європейського Союзу 2004/35/СЕ от 21.04.2004 р. «Про екологічну відповідальність по відношенню до попередження і ліквідації шкоди навколишньому середовищу» (Шляхи реалізації принципу «забруднювач платить»).
8. Протокол про реєстри викидів і перенесення забруднень до Орхуської конвенції про доступ до інформації, участі громадськості у процесі прийняття рішень і доступі до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхус, 1998 р.).

