

Л.М. Полетаєва, Т.А. Сафранов

**МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО
ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Одеса – 2005

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Л.М. Полетаєва, Т.А. Сафранов

**МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО
ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки
України як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів

Одеса - 2005

ББК 26.23
П 49
УДК 504.06

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів (лист № від 2005 р.).

Рецензенти:

Довгань І.В. – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії і екології Одеської державної академії будівництва і архітектури

Ларченков Є.П. – доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач кафедри загальної і морської геології Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова

Полетаєва Л.М., Сафранов Т.А.

П49 Моніторинг навколишнього природного середовища: Навчальний посібник – Одеса: ОДЕКУ: Вид-во “Екологія”, 2005. –171 с.

ISBN

У навчальному посібнику висвітлені загальні уявлення про методичні основи організації спостережень та проведення аналізу забруднення атмосфери, поверхневих, підземних та морських вод, ґрунтового покриву та геологічного середовища. Наведені дані про принципи проведення моніторингу навколишнього природного середовища України.

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

ББК 26.23

ISBN

© Одеський державний
екологічний університет, 2004

ЗМІСТ

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ	6
ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ	8
1.1 Основні етапи становлення й удосконалювання системи моніторингу	8
1.2 Задачі, рівні і складові моніторингу	9
1.3 Кількісні показники забруднення довкілля	11
1.4 Глобальний екологічний моніторинг	13
1.5 Станції комплексного фонового моніторингу	17
1.6 Організація моніторингу навколишнього природного середовища в Україні	18
1.7 Методи аналітичних визначень складу і властивостей забруднювальних речовин	26
1.8 Автоматизовані системи контролю забруднення природного середовища	28
2 МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	29
2.1 Особливості техногенного забруднення атмосфери	29
2.2 Організація системи спостережень за забрудненням повітряного басейну	33
2.3 Категорії, розміщення і кількість постів спостереження за забрудненням атмосфери	35
2.4 Програми і терміни спостережень	38
2.5 Період і кількість спостережень	39
2.6 Критерії санітарно-гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря	41
2.7 Принципи вибору забруднювальних речовин для контролю їх вмісту в атмосфері	44
2.8 Відбір проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу	50
2.9 Забезпечення вірогідності результатів спостереження	53
2.10 Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря	55
2.11 Проведення підфакельних спостережень	57
2.12 Збирання і обробка даних хімічного аналізу	59
2.13 Організація безперервної реєстрації забруднення атмосфери.	63
2.14 Обстеження стану забруднення атмосфери	68
2.14.1 Епізодичне обстеження	69
2.14.2 Комплексне обстеження	70
2.15 Біомоніторинг забруднення атмосфери і ґрунту за допомогою рослин	75

3	МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ	82
3.1	Загальні відомості про водні ресурси та показники їх техногенного забруднення	82
3.2	Оцінка якості вод	86
3.3	Порядок здійснення державного моніторингу вод	89
3.4	Організація спостережень і контроль за станом поверхневих вод суші	90
3.5	Гідробіологічні спостереження за якістю вод і донних відкладень	90
4	МОНІТОРИНГ ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ	102
4.1	Особливості техногенного забруднення океанічних вод	102
4.2	Організація спостережень за станом вод морів і океанів	111
5	МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА І ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ	116
5.1	Геологічне середовище, як частина навколишнього природного середовища	116
5.2	Основні форми та показники техногенного порушення і забруднення геологічного середовища	117
5.3	Загальна структура моніторингу геологічного середовища	122
5.4	Методи вивчення техногенних змін геологічного середовища	124
5.5	Особливості проведення моніторингу геологічного середовища в Україні	125
5.6	Основні фактори та показники техногенного порушення і забруднення ґрунтового шару	126
5.7	Основні принципи організації спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів	139
5.7.1	Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами	144
5.7.2	Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами	145
5.7.3	Складання і оформлення карт забрудненості ґрунтів	148
5.8	Особливості моніторингу підземних вод	149
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	164
	АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК	167
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	169

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

АП* (АВ)** – атмосферне повітря
АСКЗС (АНКОС)- автоматизована система контролю забруднення природного середовища
БЗ (БЗ) – біологічне забруднення
БС (БС) – біосфера
БСК (БПК) – біохімічне споживання кисню
ВМ (ТМ) – важкі метали
ВРЗА (ВУЗА) – високий рівень забруднення атмосфери
ГГО (ГГО) – Головна геофізична обсерваторія (м. С-Петербург)
ГДВ (ПДВ) – гранично допустимі викиди
ГДК (ПДК) – гранично допустима концентрація
ГДР (ПДУ) – гранично допустимий рівень
ГС (ГС) – геологічне середовище
ГСМНС (ГСМОС) – глобальна система моніторингу навколишнього середовища
Держкомгидромет (Госкомгидромет) – Державний комітет з гідрометеорології
ДВ (ИВ) – джерело викидів
ДЗ (ИЗ) – джерело забруднення
ДЗА (ИЗА) – джерело забруднення атмосфери
ДМВ (ГМВ) – державний моніторинг вод
ЕМ (ЭМ) – екологічний моніторинг
ЕО (ЭО) – епізодичне обстеження
ЕС – екосистема
ЗА (ЗА) – забруднення атмосфери
ЗВО (ОСО) – загальний вміст озону
ЗДССК (ОГСНК) – загально державна служба спостережень та контролю
ЗП (ЗВ) – забруднення повітря
ЗГ (ЗП) – забруднення ґрунтів
ЗР (ЗВ) – забруднювальна речовина
ІЕМ (ИЭМ) – інститут експериментальної метеорології
ІЗА (ИЗА) – індекс забруднення атмосфери
КЗА (КЗА) – книжка забруднення атмосфери
КЗП (КЗП) – контрольні-замірний пост
ККД (КПД) – коефіцієнт корисної дії
КО (КО) – комплексне обстеження
ЛК - летальна концентрація
ЛОС – летючі органічні сполуки
МАВ – Man and Biosphere – “Людина і біосфера” (міжнародна програма)

МГБП (МГБП) – міжнародна геосферно-біосферна програма
МГС (МГС) - моніторинг геологічного середовища
МНС (МЧС) – Міністерство з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи
МОЗ (МОЗ) – Міністерство охорони здоров'я
НДІ (НИИ) – науково-дослідний інститут
НКАУ (НКАУ) – Національне космічне агентство України
НМУ (НМУ) – несприятливі метеорологічні умови
НС (ОС) – навколишнє середовище
НПС (ОПС) – навколишнє природне середовище
НП (НП) - нафтопродукти
ОС (ОС) – оточуюче середовище
ОБРД (ОБУВ) – орієнтовно безпечний рівень діяння
ОГСНК – загальнодержавна служба спостережень і контролю
ОГСНКА – загальнодержавна служба спостережень і контролю атмосфери
ПАВ (ПАУ) – поліароматичні вуглеводні
ПАГС (ПАГС) - природно-антропогенна геосистема
ПАН (ПАН) - пероксіяцетілнітрат
ПТС (ПТС) - природно-техногенна система
ПХБ (ПХБ) – поліхлоровані біфеніли
ПЧЛ (ПЧЛ) – приповерхнева частина літосфери
РЗ (УЗ) – рівень забруднення
РЗА (УЗА) – рівень забруднення атмосфери
СВ (СВ) – стічні води
СЕС (СЭС) – санітарно-епідеміологічна служба
СКФМ (СКФМ) – станція комплексного фонового середовища
СП (ПВ) – споживання повітря
СПАР (СПАВ) – синтетична поверхнево-активна речовина
ТДК (ВДК) – тимчасово допустима концентрація
УГМ (УГМ) – управління гідрометеорології
УкрНДГМІ (УкрНИГМИ) – Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут
ФАО (ФАО) - Food & Agriculture Organization UN - Продовольча і сільськогосподарська організація ООН
ХЕ (ХЭ) – хімічний елемент
ЦОІ (ЦОИ) - центр обробки інформації
ШР (ВВ) – шкідлива речовина
ЮНЕП (ЮНЕП) – комітет організації об'єднаних націй з навколишнього середовища

Примітка: * - українське скорочення (**російське скорочення)

ВСТУП

З початку 70-х років минулого сторіччя, коли відбулася у Стокгольмі конференція з охорони навколишнього середовища під егідою ООН, організація моніторингу навколишнього природного середовища увійшла до першочергових завдань людства нашої планети. Міжнародне співробітництво у питаннях спостережень, оцінки та прогнозу стану довкілля об'єднує національні служби моніторингу і дозволяє висвітити загальну картину екологічних проблем та шляхи їх вирішення.

Питання визначення загального поняття “система моніторингу” досі дискутується у науковій та популярній літературі. Існує уявлення щодо моніторингу як системи управління станом довкілля. Але у “Положенні про державну систему моніторингу довкілля”, яке затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. №391, чітко вказано, що “система моніторингу - це відкрита інформаційна система”. З урахуванням такої позиції написаний цей навчальний посібник з дисципліни “Моніторинг навколишнього природного середовища”.

Після введення в дію у 2004 р. державного стандарту зі спеціальності „Екологія та охорона навколишнього середовища” напряму підготовки 0708 “Екологія” ти потреба в навчальних посібниках дисциплін, які належать до циклу дисциплін професійно-орієнтованої підготовки бакалаврів-екологів в значній мірі зростає.

На сьогодні не існує, наскільки нам відомо, навчального посібника з курсу “Моніторинг навколишнього природного середовища”, який би у комплексі висвітлював організацію моніторингу усіх природних середовищ. В цьому посібнику важливе значення приділяється як загальним проблемам забруднення та деградації середовища, так і організації спостережень та проведення оцінки забруднення атмосфери, поверхневих, підземних та морських вод, ґрунтового покриву та геологічного середовища. Ці питання дуже важливі також і при підготовці фахівців інших напрямів (“Гідрометеорологія” і т.д.).

З іншого боку існують підручники з методів аналітичних визначень складу і властивостей забруднювальних речовин та приладів вимірювання параметрів довкілля. Тому в нашому посібнику цим питанням не приділяється достатньої уваги.

Деякі розділи навчального посібнику базуються на конспекті лекцій Л.М. Полетаєвої і С.М. Юрасова з курсу “Моніторинг довкілля” (Одеса: ОДЕКУ, 2003), а також на джерелах інформації, яка наведена у переліку посилань.

1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

За останні півстоліття погіршився стан більшості природних *екологічних систем* (ЕС), зменшилась біопродуктивність і біорізноманіття, катастрофічно деградували ґрунти, виснажені мінеральні ресурси при небаченому зростанні забруднення всіх геосфер, що пов'язано з науково-технічною революцією та з інтенсивним зростанням населення. У цей час відбувається забруднення *біосфери* (БС), вичерпання *природних ресурсів* (ПР), руйнування ЕС, втрата природної здатності їх до самовідновлення. Усе це викликано і стимулюється господарською діяльністю людини. З атмосферою і гідро-сферою циркуляцією *забруднювальні речовини* (ЗР) надходять на регіональний і глобальний рівень, перетворюючи планету на єдину технобіологічну систему.

1.1 Основні етапи становлення й удосконалювання системи моніторингу

Шляхи вирішення екологічних проблем, стратегія екологічної безпеки і сталого розвитку все ще залишаються невизначеними. Оцінки глобального екологічного стану дотепер варіюють від оптимістичних (типу “необхідно запобігти глобальній екологічній кризі”) до помірковано песимістичних (типу “біосфера знаходиться напередодні кризи”) і вкрай песимістичних (на регіональних рівнях мова йде вже про “жорстоку екологічну кризу”).

Вважають, що на ці питання повинна дати відповідь наукова концепція екологічної безпеки на базі екологічного моніторингу. Першим етапом у будь-якому випадку може бути тільки система одержання (збору) інформації про стан *навколишнього природного середовища* (НПС).

Наприкінці 60-х років ХХ ст. багато країн усвідомили, що необхідна координація зусиль по збору, збереженню і переробці даних про стан довкілля. Ідея про необхідність створення системи глобального міжнародного моніторингу НПС була, очевидно, висловлена спеціальною комісією Наукового комітету з проблем *навколишнього середовища* (НС) Міжнародної ради наукових союзів у 1971 р. У цьому ж році була опублікована брошура “Глобальний моніторинг природного середовища”. Англійське слово “*monitoring*” переводиться як “контроль”, а французьке слово “*monitore*”- як “огляд” (круговий).

У 1972 р. у Стокгольмі пройшла конференція з охорони НС під егідою ООН, де уперше виникла необхідність домовитися про визначення поняття “моніторинг”. Термін з'явився як доповнення до терміна “контроль стану навколишнього середовища”. Вирішено було під моніторингом довкілля розу-

міти систему повторних спостережень одного чи більше елементів навколишнього природного середовища в просторі і в часі з певними цілями відповідно до заздалегідь підготовленої програми. Однак таке визначення звужувало мету і задачі моніторингу довікля. Ю.А. Израель розширив поняття до комплексної системи спостережень, оцінки і прогнозу змін БС під впливом антропогенних факторів [1]. Тут виникають два питання: 1) чи спостерігати в ході моніторингу тільки антропогенні зміни середовища, чи природні теж; 2) чи включати в мету моніторингу тільки спостереження і прогнози, чи ще і управління станом середовища.

М.Ф. Реймерс [2] дає такі визначення: 1) *моніторинг* – спостереження за якимись об'єктами чи явищами в додатку до середовища життя; 2) *моніторинг навколишнього середовища* – спостереження за станом НПС і попередження про критичні ситуації, що створюються, шкідливі чи небезпечні для здоров'я людей і інших живих організмів.

В наш час під моніторингом розуміють сукупність спостережень за визначеними компонентами БС, спеціальним чином організованих у просторі і в часі, а також адекватний комплекс методів екологічного прогнозування [3].

1.2 Задачі, рівні і складові моніторингу

Методика спостережень і прогнозів, теорія і методологія розробки моніторингу складалася в 70-80-і рр. ХХ ст. в практиці робіт Держкомітету по гідрометеорології і контролю середовища колишнього СРСР. При цьому сам моніторинг навколишнього середовища “виріс” із системи гідрометеорологічних спостережень і спочатку технічно базувався в основному на її режимній мережі. Звідси виник запропонований Ю.А. Израелем термін “*кліматичний моніторинг*” - система (служба) контролю, оцінки і прогнозу змін і коливань кліматичної системи: атмосфера – океан - поверхня суші (включаючи річки й озера) - криосфера - біота.

До поняття “кліматичний моніторинг” близьке поняття “*екологічний моніторинг*” (ЕМ). *Об'єктом спостережень* останнього є ЕС. Основні задачі ЕМ: спостереження за станом БС, оцінка і прогноз її стану, визначення ступеня антропогенного впливу на НПС, виявлення факторів і джерел впливу. Система моніторингу є інформаційною і не включає елементів управління. Вона входить складовою частиною в систему управління НПС і регулювання його якості. Зрештою *метою* ЕМ є оптимізація відносин людини з природою, екологічна орієнтація господарської діяльності. ЕМ виник на стику екології, біології, географії, геофізики, геології та інших наук. ЕМ визначають як комплекс виконаних за науково обґрунтованими програмами спостережень, оцінок, прогнозів і роз-

роблених на їхній основі рекомендацій і варіантів управлінських рішень, необхідних і достатніх для забезпечення управління станом НПС і екологічною безпекою.

Система моніторингу не включає діяльність по управлінню якістю середовища, але є джерелом необхідної для прийняття екологічно значущих рішень інформації. Термін *екологічний контроль* – діяльність державних органів, підприємств і громадян по дотриманню екологічних норм і правил. Розрізняють державний, виробничий і суспільний екологічний контроль.

Існують різні підходи до *класифікації моніторингу* (за характером розв'язуваних задач, рівнями організації, по природних середовищах, в яких ведуться спостереження). На рис. 1.1 представлена класифікація, що охоплює весь блок ЕМ, спостереження за мінливою абіотичною складовою БС і відповідною реакцією ЕС на ці зміни. ЕМ включає як геофізичні, так і біологічні аспекти, що визначає широкий спектр методів і прийомів досліджень, використаних при його здійсненні.

Моніторинг джерел впливу	Джерела впливу		
Моніторинг факторів впливу	Фактори впливу		
	Фізичні	Біологічні	Хімічні
Моніторинг стану біосфери	Природні середовища		
	Атмосфера	Океан	Поверхня суші з річками, озерами, підземні води
	Геофізичний моніторинг		Біота
			Біологічний

Рис.1.1 - Класифікація екологічного моніторингу

Виділяють різні види моніторингу в залежності від критеріїв: *біоекологічний* (санітарно-гігієнічний); *геоекологічний* (природо-господарський); *біосферний* (глобальний); *геофізичний*; *кліматичний*; *біологічний*; *здоров'я населення* і т. ін.

Особливу роль у системі ЕМ відіграє *біологічний моніторинг*, тобто моніторинг біотичної складової ЕС (біоти). Біологічний моніторинг - це контроль стану НПС за допомогою живих організмів. Головний метод біологічного моніторингу - *біоіндикація*, що полягає в реєстрації будь-яких змін у біоті, викликаних антропогенними факторами. У біологічному моніторингу можуть бути ви-

користані не тільки біологічні, але і будь-які інші методи, наприклад, хімічний аналіз змісту *шкідливих речовин* (ШР) у живих організмах.

В Україні і Росії моніторинг довкілля здійснюється багатьма відомствами, у рамках діяльності яких є відповідні задачі, рівні і складові підсистеми моніторингу. Звичайно в системі моніторингу розрізняють три рівні екологічного моніторингу навколишнього природного середовища: *глобальний, регіональний і локальний (імпактний)*.

Деякі автори виділяють ще й *базовий (фоновий)* моніторинг, інші – додають *національний і детальний рівні* моніторингу. М.Ф. Реймерс [2] вважав доцільним розподіл моніторингу на *фоновий і імпактний*, з одного боку, і з іншого боку, - на *екосистемний* (по ієрархії природних ЕС, агросистем і урбосистем) і *компонентний* (за екологічними компонентами). Цілі, методичні підходи і практика моніторингу на різних рівнях відрізняються.

Найбільше чітко критерії якості НПС визначені на *локальному (імпактному)* рівні. Ціль регулювання тут – забезпечення такої стратегії, що не виводить концентрації певних пріоритетних ШР антропогенного походження за припустимий діапазон, що є свого роду стандартом. Він являє собою величини *гранично допустимих концентрацій* (ГДК) ШР у тому чи іншому природному середовищі. Такі оцінки міри забруднення природних середовищ, оперативний контроль за рівнем забруднення вимагають правильно організованих мережних спостережень.

Задачею моніторингу на локальному рівні є визначення параметрів моделей “поле викидів - поле концентрацій”. Об'єктом впливу на локальному рівні є людина. На регіональному рівні підхід до моніторингу заснований на тому, що ШР, потрапляючи в НПС, розсіюються, включаються в кругообіг речовин у БС, змінюють стан абіотичної складової і, як наслідок, викликають зміни в біоті (процеси сукцесії).

Будь-який господарський захід, що проводиться у масштабі регіону, позначається на регіональному фоні - змінює стан рівноваги абіотичної і біотичної компонент. Так, наприклад, стан рослинного покриву, у першу чергу, лісів, істотно впливає на кліматичні умови регіону.

1.3 Кількісні показники забруднення довкілля

Концентрація ШР в тих чи інших компонентах НС є наслідком техногенного впливу, а її величина стає інформативною тільки в порівнянні з початковою концентрацією цієї ШР або з фоновією, або з ГДК.

Гранично-допустима концентрація – це гігієнічний норматив, що регламентує безпечно для людини забруднення НПС хімічними (у тому числі радіоактивними) речовинами. ГДК – необхідний критерій для здійснення санітарної

охорони повітря, води, ґрунту й інших компонентів довкілля. ГДК в Україні і багатьох інших країнах закріплені законодавчо. Відповідність якості НПС цим стандартам контролюється відповідними органами нагляду. Значення ГДК шкідливих речовин для повітря визначається в мг/м³, для води – у мг/дм³, для ґрунтів – у мг/кг. Відповідно до ГОСТ 12.1007-76 поряд із ГДК указується клас небезпеки речовин, а також агрегатний стан речовини в реальних умовах контакту з людьми (для обґрунтування методів контролю). ГДК затверджуються Міністерством охорони здоров'я, а контроль за їхнім дотриманням покладений на органи й установи *санітарно-епідеміологічної служби* (СЕС). Найбільша кількість ГДК у Росії й Україні встановлена для повітря та води і набагато менше для ґрунтів. Донні відкладення взагалі не мають законодавчо затверджених нормативів.

Поряд із ГДК використовуються такі показники, як *орієнтовно-безпечні рівні діяння* (ОБРД). Вони являють собою орієнтовані гігієнічні нормативи, що обмежують зміст ШР в об'єктах НПС для забезпечення безпечних умов праці і побуту людей. ОБРД застосовуються на стадії дослідницької і дослідно-промислової розробки, на стадії іспитів нових речовин і технологічних процесів. ОБРД улаштовуються розрахунковим шляхом по параметрах токсикометрії і короткостроковим експериментам. ОБРД затверджуються Мінздравом на обмежений термін і згодом повинні замінюватися на ГДК.

Поняття ГДК, прийняте в Україні, відрізняється від закордонних регламентацій. У США поширене поняття “*величини граничної межі*” - *Threshold Limit Values* (TLV), що означає середню концентрацію шкідливих речовин за зміну. Величини ГДК і TLV відрізняються іноді в десятки разів [3].

Для характеристики мікробіологічного і бактеріологічного техногенного забруднення використовуються, зокрема такі санітарно-гігієнічні показники, як *біохімічне споживання кисню* - БСК (біохімічна потреба в кисні, непрямий показник змісту нестійких, які легко окислюються, органічних речовин у воді водних об'єктів і в стічних водах), *колі-індекс* (кількість бактерій групи кишкової палички в 1дм³ води), *колі-тітр* (найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку) і т. ін.

Дуже складною є проблема розробки інтегрального показника, який би враховував усі види впливу. Для того, щоб позбутися від розмірності показника і спростити їхнє використання в картографічних цілях, їх переводять у безрозмірні, найчастіше, відносні величини (поділяють розмірний показник на його фонове чи максимальне (мінімальне) значення).

У зв'язку з розробкою інтегральних показників техногенного впливу на НПС важливою проблемою є оцінка *гранично допустимих рівнів техногенного впливу* (ГДР). Очевидно, для оцінки ГДР треба розробити відповідні критерії, що дозволяють визначити той чи інший рівень впливу. Більшість авторів у да-

ний час вважає, що в основу оцінки ГДР повинні бути покладені критерії оцінки стійкості НПС чи його елементів до техногенних впливів.

1.4 Глобальний екологічний моніторинг

Особливо складні проблеми ЕМ на глобальному рівні. Дотепер цілі такого моніторингу недостатньо чітко сформульовані. Крім того, моніторинг на локальному і регіональному рівнях, як правило, є внутрішньодержавною задачею, тоді як глобальний моніторинг - задача світового співтовариства, тому що він відповідає інтересам усього людства.

На практиці цілі глобального моніторингу визначають в ході міжнародного співробітництва в рамках різних міжнародних організацій, угод (конвенцій) і декларацій.

Ідею створення *Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища* (ГСМНС) було висловлено на Стокгольмській конференції ООН по навколишньому середовищу в 1972 р. Реальні основи ГСМНС були закладені на спеціальній зустрічі в Найробі (Кенія) у 1974 р., де була уточнена роль агентств і держав – членів ООН.

Основи ГСМНС у колишньому СРСР було розроблено Ю.А. Израелем і докладено в 1974 р. на засіданні Ради керуючих ЮНЕП (комітет ООН по навколишньому середовищу). Відмінною рисою концепції Ю.А. Израеля було спостереження за антропогенними змінами в НПС.

Відомо, що природні зміни клімату, погоди, біомаси рослин і тварин відбуваються порівняно повільно. Їх реєструють геофізичні, метеорологічні, гідрологічні, сейсмічні й інші служби. Антропогенні зміни розвиваються набагато швидше, наслідки їх дуже небезпечні, тому що можуть стати необоротними. Для їхнього встановлення необхідно мати інформацію про первісний стан об'єкта НПС до початку антропогенного впливу. Якщо такої інформації немає, то її можна реконструювати за даними, отриманими за відносно великий інтервал часу, за результатами спостережень за складом донних відкладень у водних об'єктах, складом льодовиків, станом деревних кілець, що відносяться до періоду, що передував початку помітного антропогенного впливу, а також за даними, отриманими у місцях, віддалених від джерела забруднення. Ці особливості визначають правомочність іншої назви глобального моніторингу – *фоновий моніторинг*, або моніторинг фонового забруднення НПС. Фоновий моніторинг здійснюється у рамках *Міжнародної програми “Людина і біосфера”* (МАВ) і має на меті зафіксувати фоновий стан НПС, що необхідно для подальших оцінок рівнів антропогенного впливу.

Програми спостережень формуються за принципом пріоритетних ЗР і інтегральних характеристик (які відображають групу явищ, процесів чи речовин). Класи пріоритетності ЗР, які встановлені експертним шляхом і прийняті в сис-

темі ГСМНС, приведені в табл. 1.1. У таблиці прийняті скорочення: І – імпактний, Р – регіональний, Ф – фоновий рівні моніторингу.

Таблиця 1.1 - Класифікація шкідливих речовин по класах пріоритетності, прийнята в ГСМНС

Клас	Шкідлива речовина	Середовище	Тип програми (рівень моніторингу)
1	Діоксид сірки, завислі частинки Радіонукліди	Повітря Їжа	І, Р, Ф І, Р
2	Озон Хлорорганічні сполуки і діоксіни Кадмій	Повітря Біота, людина Їжа, вода, людина	І (тропосфера) Ф (стратосфера) І, Р І
3	Нітрати, нітрити Оксиди азоту	Вода, їжа Повітря	І І
4	Ртуть Свинець Діоксид вуглецю	Їжа, вода Повітря, їжа Повітря	І, Р І Ф
5	Оксид вуглецю Вуглеводні нафти	Повітря Морська вода	І Р, Ф
6	Фторіди	Прісна вода	І
7	Азбест Миш'як	Повітря Питна вода	І І
8	Мікробіологічні забруднення Реакціоноспроможні забруднення	Їжа Повітря	І, Р І

У наш час створена світова мережа *станцій комплексного фонового моніторингу* (СКФМ), на яких здійснюються спостереження за визначеними параметрами стану НПС. Спостереження охоплюють усі типи екосистем: водяні (морські і прісноводні) і наземні (лісові, степові, пустельні, високогірні). Ця робота проводиться під егідою ЮНЕП.

Ціль ГСМНС – вивчення Землі. Задача вивчення Землі як цілісної природної системи поставлена *Міжнародною геосферно-біосферною програмою* (МГБП) і вирішується на основі широкого застосування космічних засобів спостережень. МГБП, здійснення якої почалося з 1990 р., передбачає сім ключових напрямків розробок.

1. *Закономірності хімічних процесів у глобальній атмосфері і роль біологічних процесів у кругообігах малих газових компонентів.* Проекти, що виконуються по цих напрямках, ставлять метою, зокрема, аналіз впливу змін вмісту озону в стратосфері на проникнення до земної поверхні біологічно небезпечного

ультрафіолетового випромінювання, оцінку впливу аерозолів на клімат і ін.

2. *Вплив біогеохімічних процесів в океані на клімат і зворотні впливи.* Проекти включають комплексні дослідження глобального газообміну між океаном і атмосферою, морським дном і границями континентів, розробку методик прогнозування реакції біогеохімічних процесів в океані на антропогенні збурення в глобальному масштабі, вивчення евфотичної зони Світового океану.

3. *Вивчення прибережних екосистем і впливу змін землекористування.*

4. *Взаємодія рослинного покриву з фізичними процесами, відповідальними за формування глобального кругообігу води.* У рамках цього напрямку будуть проводитися дослідження з програми глобального експерименту з метою вивчення потоку енергії і кругообігу води.

5. *Вплив глобальних змін на континентальні екосистеми.* Будуть розроблятися методики прогнозу впливів змін клімату, концентрації вуглекислого газу і землекористування на ЕС, а також зворотних зв'язків; досліджуватися глобальні зміни екологічного різноманіття.

6. *Палеоекологія і палеокліматичні зміни і їхні наслідки.* Будуть проводитися дослідження з метою реконструкції історії змін клімату й НПС за період з 2000 р. до н.е. з тимчасовим дозволом не більш 10 років.

7. *Моделювання земної системи з метою прогнозу її еволюції.*

Створюються чисельні моделі в глобальному масштабі, робляться кількісні оцінки взаємодії глобальних фізичних, хімічних і біологічних інтерактивних процесів у земній системі протягом останніх 100 тисяч років.

У рамках МГБП вивчаються біогеофізичні кругообіги вуглецю, азоту, фосфору і сірки, що зараз визначаються як природними, так і антропогенними факторами.

Антропогенні фактори особливо істотні для кругообігу вуглецю. Труднощі його вивчення обумовлені невизначеностями, зв'язаними з внеском континентальної біомаси (змінami унаслідок вирубки лісів, змінами сумарної продуктивності екосистем) і варіаціями кругообігів інших компонентів.

У глобальних кругообігах найважливішу роль грає Світовий океан. Він функціонує як великий резервуар біогенних компонентів і складає значну частку продуктивності БС. 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 виміру 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 вивчен-

ня 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 приділяється дослідженню специфіки енергетичного балансу різних природних ЕС: пустель, лісів, саван, сільськогосподарських районів і ін.

Глобальні процеси є об'єктом пильної уваги індустріально розвинених країн і міжнародного співробітництва. У рамках загальної угоди між країнами “вісімки” (Великобританія, Італія, Канада, США, Франція, Німеччина, Японія, Росія) створено *Міжнародний комітет із природно-ресурсних супутників* (IEOSC). У рамках Комісії підписано декларацію про спільні дії по запобіганню потеплення клімату. Передбачається знизити енергоємність продукції, що випускається, підвищити ККД устаткування на теплових станціях, збільшити частку використання поновлюваних джерел енергії.

Прикладом програми глобального моніторингу може бути система *Environmental Observance System* (EOS) у США. Програма розрахована на тривалу перспективу – 15 років, з початком у 1995 р. Вона має міждисциплінарний характер і працює на основі даних 3 супутників, що обслуговуються персоналом постійної орбітальної системи. У комплект апаратури входить близько 40 приладів: відеоспектрометри, радіометри, лідарні зондировщики, радіовисотоміри й ін. EOS планується 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. Гігантський обсяг інформації вимагає великих витрат на обробку даних. Більш докладні уявлення про використання аерокосмічних методів у моніторингу довіклля наведені у роботах [4].

Таким чином, задачі моніторингу довіклля у глобальному масштабі є багатокрітеріальними. Одною з задач є визначення величини припустимого впливу на БС. Припустимими варто вважати такі впливи, що не приводять до погіршення стану біосфери по жодному з розглянутих параметрів.

Основними напрямками глобального моніторингу прийнято вважати вивчення: 1) незначних, але змін, що повсюдно виявляються, наприклад, глобальних змін клімату внаслідок забруднення; 2) ефектів, зв'язаних з поширенням ЗР на великі відстані, наприклад, закислення середовища під впливом викидів в атмосферу сірки; 3) антропогенних впливів, що володіють великою інерційністю ефектів, наприклад, кумулятивного ефекту хлороорганічних пестицидів.

Таким чином, при організації спостережень доцільно здійснювати системний підхід, що в останні роки одержав назву “всебічний аналіз НПС”. При такому підході допускається квазіоднородність забруднень у межах різних територіально-економічних районів. Аналітично описати настільки складну систему

неможливо, тому використовують метод математичного моделювання, у якому застосовується модульний принцип.

Пріоритетні фактори, які необхідно врахувати при організації мережі спостережень, це: 1) знання про існуючі і перспективні джерела забруднення (з урахуванням розвитку економічних районів); 2) характеристика ШР (токсичність, можливість вступу в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до осадження і т.д.); 3) гідрометеорологічні дані; 4) результати попередніх спостережень за забрудненням даного середовища (в основному, експедиційні дослідження); 5) дані про рівні забруднення природних середовищ у суміжних країнах; 6) зведення про далекий (трансграничний) перенос домішок.

Отже, система моніторингу є інформаційною основою системи управління природоохоронною діяльністю.

Оскільки компоненти природного середовища – атмосфера, гідросфера, літосфера, біота – тісно зв'язані між собою, мабуть, інформація повинна бути комплексною. Крім того, необхідно враховувати наявні розходження в рівнях впливу.

1.5 Станції комплексного фонових моніторингу

Національна мережа станцій комплексного фонових моніторингу входить у міжнародну мережу і є фундаментом для створення національної служби екологічного моніторингу.

Станції комплексного фонових моніторингу розташовані в біосферних заповідниках і є частиною глобальних міжнародних спостережливих мереж. Місце розташування СКФМ по своїх ландшафтних і кліматичних характеристиках повинне бути репрезентативним для даного регіону. Оцінку репрезентативності передбачуваного району розміщення СКФМ доцільно починати з аналізу кліматичних топографічних, ґрунтових, ботанічних, геологічних, економічних і інших матеріалів. Після вибору району необхідно врахувати наявні на даній території джерела забруднення. Якщо кількість внутрішньорегіональних джерел незначна і вони розсереджені, можна чекати що вони не зроблять істотного впливу на рівні концентрації ШР у природних об'єктах в обраному районі. При наявності великих локальних джерел (адміністративно-промислових центрів з населенням більше 500 тис. жителів) відстань до спостережливого полігона СКФМ повинна складати не менш 100 км. Якщо зазначену вимогу виконати неможливо, варто розташувати СКФМ таким чином, щоб повторюваність повітряного потоку, що обумовлює перенос шкідливих речовин від джерела в напрямку станції, не перевищувала 20-30%. При визначенні району розташування СКФМ необхідно враховувати його доступність, забезпеченість електроенергією і житло-побутовими умовами для обслуговуючого персоналу.

СКФМ включає стаціонарний спостережливий полігон і хімічну лабораторію. Спостережливий полігон складають пробовідбірні площадки, гідропости й у ряді випадків спостережливі свердловини. На спостережливому полігоні виконується відбір проб атмосферного повітря й атмосферних опадів, вод, ґрунтів, рослинності, а також проводяться гідрометеорологічні і геофізичні виміри. Площадка розміром 50 x 50 м, на якій розміщуються пробовідбірні установки і вимірювальні прилади для визначення хімічного складу і фізичних характеристик повітря, називається опорною (базовою) площадкою фонові станції. Вона повинна знаходитися на рівній ділянці ландшафту з малим ступенем закритості обр'ю, віддаленій від будівель, лісосмуг, пагорбів і інших перешкод, що сприяють виникненню локальних орографічних обурювань. При виборі місця розташування площадки рекомендується користатися також критеріями вибору місця для розміщення метеорологічних станцій, тому що метеорологічні спостереження на фоновій станції можуть бути використані для вивчення довгострокових кліматичних змін.

Хімічна лабораторія станції розташовується не ближче 500 м від опорної площадки. У лабораторії виробляється обробка й аналіз тієї частини проб, що не підлягає пересиланню в регіональну лабораторію: первинна обробка проб опадів, вод, ґрунтів, і рослинності; визначення змісту в атмосферному повітрі зважених часток (пилу), сульфатів і двооксиду сірки; вимір в атмосферних опадах *pH*; електропровідності, концентрації аніонів і катіонів. Одним із принципів фонового моніторингу є комплексне вивчення вмісту ШР у атмосферному повітрі, атмосферних опадах, водах, ґрунтах. У зв'язку з цим програма спостережень на СКФМ включає систематичні виміри вмісту ШР одночасно у всіх середовищах. Результати цих вимірів доповнюються гідрометеорологічними даними.

Перелік включених у програму речовин складений з урахуванням таких властивостей, як поширеність і стійкість у НПС, здатність до міграції на великі відстані, ступінь негативного впливу на біологічні і геофізичні системи різних рівнів.

Станції фонового моніторингу спостерігають і відправляють первинні дані в курируючий їх департамент по гідрометеорології, потім у міжнародний банк даних мережі БАПМоН у ВМО (США, штат Північна Кароліна).

1.6 Організація моніторингу навколишнього природного середовища в Україні

Офіційно система моніторингу НПС на території України була створена у 1972 р. одночасно з ОГСНК (ОГСНК). Статті, що стосуються моніторингу НПС присутні у “Законі про охорону навколишнього природного середовища в Укра-

їні” (1992 р.).

Перше “Положення про державний моніторинг НПС” було затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 1993 р. № 785. Але нова версія “Про затвердження положення про державну систему моніторингу довкілля” була затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 [5].

Загальні питання Положення.

1. Державна система моніторингу довкілля (далі - система моніторингу) - 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. Це Положення визначає порядок створення та функціонування такої системи в Україні. Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн.

2. Система моніторингу - це відкрита інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

3. Створення і функціонування системи моніторингу з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території, ґрунтується на принципах: узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин; систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього; своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання екологічної інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу; об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної екологічної інформації та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, заінтересованих міжнародних установ та світового співтовариства.

4. Моніторинг довкілля здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища України (далі назва суб'єктів моніторингу НПС приводиться згідно цього Положення), Міністерством надзвичайних ситуацій (МНС), Міністерством охорони здоров'я (МОЗ), Мінагропромом, Держкомлісгоспом, Держкомгідрометом, Держводгоспом, Держкомгеології, Держкомземом, Держбудом, їх органами на місцях, а також підприємствами, установами та організаціями, що належать до сфери їх управління, які є суб'єктами системи моніторингу за загальнодержавною і регіональними (місцевими) програмами реалізації відповідних природоохоронних заходів.

5. Фінансування робіт із створення і функціонування системи моніторингу та її складових частин здійснюється відповідно до порядку фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів, передбачених у державному та місцевих бюджетах згідно із законодавством. Покриття певної частини витрат на створення і функціонування складових частин і компонентів системи моніторингу може здійснюватися за рахунок інноваційних фондів у межах коштів, передбачених на природоохоронні заходи, міжнародних грантів та інших джерел фінансування.

Основна мета і завдання системи моніторингу.

6. Система моніторингу спрямована на: підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля; підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях; підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення; сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

7. 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.

8. Моніторинг довкілля здійснюють:

Міністерством охорони НПС - джерел промислових викидів у атмосферу (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); джерел скидів стічних вод (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); поверхневих вод (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); ґрунтів різного призначення, у тому числі на природоохоронних територіях (залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів (ВМ), природна і штучна радіоактивність); водних об'єктів у межах природоохоронних територій (фонова кількість ЗР, у тому числі радіонуклідів); наземних і морських ЕС (фонова кількість ЗР, у тому числі радіонуклідів, умови існування біотопів); звалищ промислових і побутових відходів (склад відходів, вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів);

МНС (на територіях, підпорядкованих Адміністрації зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, а також в інших зонах радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС) - атмосферного повітря (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); поверхневих і підземних вод (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); наземних і водних ЕС (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);

МОЗ (у місцях проживання і відпочинку населення) - атмосферного повітря (вміст ШР); поверхневих вод суші і питної води (хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення); морських вод (хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення); ґрунтів (вміст пестицидів, важких металів, бактеріологічні, вірусологічні визначення, наявність яєць геогельмінтів); фізичних факторів (шум, електромагнітні поля, радіація, вібрація тощо);

Міністерство агропромислового комплексу - ґрунтів сільськогосподарського використання (радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); сільськогосподарських рослин і продуктів з них (токсикологічні та радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); сільськогосподарських тварин і продуктів з них (зоотехнічні, токсикологічні та радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); поверхневих вод сільськогосподарського призначення (токсикологічні та радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів);

Державний комітет лісового господарства - ґрунтів земель лісового фонду (радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); лісової рослинності (пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, біомаса, біорізноманіття, радіологічні визначення, вміст ЗР); мисливської фауни (видові, кількісні та просторові характеристики, радіологічні визначення);

Державний комітет по гідрометеорології - атмосферного повітря та опадів (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів, транскордонне перенесення шкідливих речовин); річкових, озерних, морських вод (гідрохімічні та гідробіологічні визначення, вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); ґрунтів (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); радіаційної обстановки (на пунктах стаціонарної мережі та за результатами обстежень); стихійних та небезпечних природних явищ (повені, паводки, снігові лавини, селі тощо);

Державний комітет по водному господарству (водогосподарські системи комплексного призначення, системи міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання в зонах впливу АЕС) — річок, водосховищ, каналів, зрошувальних систем і водойм у зонах впливу атомних електростанцій (вміст радіоактивних речовин); поверхневих вод у прикордонних зонах і місцях їх інтенсивного виробничо-господарського використання (вміст ЗР); 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);

Державний комітет по геології і використанню надр - підземних вод (гідрогеологічні та гідрохімічні визначення складу і властивостей, у тому числі залишкової кількості пестицидів і агрохімікатів, оцінка ресурсів); ендегенних та екзогенних процесів (видові і просторові характеристики, активність прояву): геофізичних полів (фонові та аномальні визначення); геохімічного стану ландшафтів (вміст і поширення природних і техногенних хімічних елементів і сполук);

Державний комітет по земельних ресурсах — 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);

Державний комітет у справах будівництва, архітектури та житлової політики - 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).

9. Суб'єкти системи моніторингу забезпечують 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 з 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.

10. Підприємства, установи і організації незалежно від їх підпорядкування і форм власності, діяльність яких призводить чи 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 для її комплексного оброблення, з цією метою між суб'єктами системи моніторингу та постачальником інформації укладається угода, яка підлягає реєстрації в Мінекобезпеки або його органах на місцях.

Організація і функціонування системи моніторингу

11. 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.

12. Організаційна інтеграція суб'єктів системи моніторингу на всіх рівнях здійснюється органами Міністерством охорони НПС 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.

13. Методологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу здійснюється на основі: єдиної науково-методичної бази щодо вимірювання параметрів і визначення показників стану довкілля, біоти і джерел антропогенного впливу на них; впровадження уніфікованих методів аналізу і прогнозування властивостей довкілля, комп'ютеризації процесів діяльності та інформаційної комунікації; загальних правил створення і ведення розподілених баз та банків даних і знань, картування і картографування екологічної інформації, стандартних технологій з використанням географічних інформаційних систем. Методологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу покладається на Міністерством охорони НПС із залученням суб'єктів цієї системи, а також Національної академії наук, Української аграрної академії наук, НКАУ, Національного агентства з питань інформатизації при Президентові України та інших.

14. Метрологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу 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.

15. Метрологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу покладається на Мінекобезпеки із залученням суб'єктів цієї системи та органів Держстандарту.

16. Суб'єкти системи моніторингу, 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 Міністерством охорони НПС та МНС планів здійснення заходів з метою спостереження за станом екологічно небезпечних об'єктів, запобігання екологічно небезпечної виробничої, господарської та іншій діяльності; захист зареєстрованих у системі моніторингу постів (пунктів, станцій) спостережень за об'єктами довкілля від пошкодження та несанкціонованого перене-

сення; виділення в установленому порядку земельних ділянок під влаштування нових постів спостережень на підставі затверджених програм удосконалення і розвитку складових частин системи моніторингу.

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

Взаємовідносини суб'єктів системи моніторингу

18. Взаємовідносини суб'єктів системи моніторингу ґрунтуються на: взаємній інформаційній підтримці рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки; координації дій під час планування, організації та проведення спільних заходів з екологічного моніторингу довкілля, виникнення надзвичайних екологічних ситуацій та ліквідації їх наслідків; ефективному використанні наявних організаційних структур, засобів спостережень за об'єктами довкілля та комп'ютеризації процесів діяльності; сприянні найбільш ефективному розв'язанню спільних завдань моніторингу довкілля та екологічної безпеки; відповідальності за повноту, своєчасність і достовірність переданої інформації; колективному використанні інформаційних ресурсів та комунікаційних засобів; безкоштовному інформаційному обміні.

19. Міністерством охорони НПС 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 Міністерством охорони НПС, МНС та їх органи на місцях про виникнення або загрозу виникнення надзвичайних екологічних ситуацій будь-якого походження.

20. Попередження про виникнення або загрозу виникнення небезпечних природних явищ, оцінення їх розвитку і можливих наслідків покладається на: Держкомгідромет - метеорологічні, гідрологічні та геліогеофізичні явища на суші і на морі; Держкомгеології - 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 Міністерство охорони НПС України.

21. Державне еколого-геологічне картування території країни та її частин здійснюють підприємства, установи та організації, що належать до сфери управління Держкомгеології.

22. Оцінка впливу забруднення довкілля на стан здоров'я населення покладається на МОЗ та його органи на місцях, 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.

23. НКАУ надає всім заінтересованим 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.

24. Органи Держводгоспу надають усім заінтересованим суб'єктам системи моніторингу інформацію про державний облік використання вод і скидання стічних вод водокористувачами.

25. Органи Мінагропрому надають усім заінтересованим суб'єктам системи моніторингу інформацію про фізичні, геохімічні та біологічні зміни якості ґрунтів сільськогосподарського призначення.

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

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

28. Право володіння, користування і розпорядження інформацією, одержаною під час виконання загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, регламентується законодавством. Інформація, що зберігається в системі моніторингу, використовується для прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання ПР та екологічної безпеки органами державної влади та органами місцевого самоврядування і 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 Міністерством охорони НПС.

29. Міністерством охорони НПС, МНС та їх органи на місцях здійснюють оперативне управління інформацією, одержаною на всіх рівнях функціонування

системи моніторингу.

В Одеської області моніторинг НПС здійснюють наступні організації (*назви на стан 2002 р.*): 1) Держуправління екології та природних ресурсів в Одеської області (контроль промислових викидів в атмосферу – вміст ЗР, контроль скидів стічних вод – вміст ЗР, контроль якості поверхневих вод суші); 2) Держінспекція охорони Чорного моря (контроль скидів стічних вод, контроль якості морських вод); 3) СЕС Одеської області (контроль атмосферного повітря у місцях проживання і відпочинку населення, контроль якості поверхневих вод суші та питної води, контроль ґрунтів); 4) Одеський обласної державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції (контроль ґрунтів); 5) Причорноморське державне регіональне геологічне підприємство (контроль якості підземних вод); 6) Гідрометцентр Чорного та Азовського морів (контроль атмосферного повітря та опадів, контроль радіаційного стану, спостереження за режимом поверхневих вод); 7) Одеське обласне виробниче управління по водному господарству (контроль якості поверхневих вод); 8) Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія (контроль атмосферного повітря та опадів, контроль якості поверхневих вод) [6].

1.7 Методи аналітичних визначень складу і властивостей забруднювальних речовин

Усі аналітичні методи поділяються на хімічні, фізико-хімічні і фізичні. Докладніше ці методи висвітлені в спеціальних навчальних посібниках [7, 8 та ін.]. У цьому підрозділі ми зупинимося лише не короткому переліку методів контролю забруднення природних середовищ.

До *хімічних методів* аналізу відносяться вагові, об'ємні, рідше калориметричні і електрохімічні, які не дивлячись на тривалість виконання аналізу, трудомісткість та інші недоліки, і зараз широко використовуються.

Фізико-хімічні методи аналізу ґрунтуються на вимірюванні різних фізичних властивостей чи простих речовин з використанням відповідних приладів. Вимірюють щільність, поверхневе натягіння, в'язкість, поглинання променевої енергії (рентгенівського, ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного випромінювання і мікрохвиль), змутніння, випромінювання радіації (внаслідок збудження), комбінаційне розсіювання світла, обертання площини поляризації світла, показник переломлення, дисперсію, флуоресценцію і фосфоресценцію, дифракцію рентгенівських променів, ядерний магнітний і електронний парамагнітний резонанс, ядерний гама-резонанс, електричну провідність, діелектричну постійну, магнітне сприйняття, температуру фазових перетворень, (температуру кипіння, плавлення, кристалізації і т.п.), теплоту реакції (горіння, нейтралізації і т.п.), радіоактивність та інші фізичні властивості.

Інструментальні (фізичні) методи аналізу – це кількісні аналітичні методи, для виконання яких необхідна електрохімічна, оптична, радіохімічна і інша апаратура. До цих методів відносять: 1) - електрохімічні методи – потенціометрію, вольтамперометрію і полярографію, кулонометрію, кондуктометрію тощо; 2) методи, що ґрунтуються на емісії чи абсорбції випромінювання: емісійний спектральний аналіз, абсорбційний спектральний аналіз (фотометрія в ультрафіолетовій, видимій і інфрачервоній областях спектра), в тому числі спектрофотометрія, флуориметрія, турбодиметрія, нефелометрія, комбінаційне розсіювання світла, рентгеноспектральний аналіз і інші; 3) мас-спектрометрія, різні методи газового аналізу, методи, засновані на вимірах радіоактивності (наприклад, радіоактивний аналіз) тощо [8].

В лабораторних умовах найбільш часто застосовують наступні методи і методики аналізу речовинного складу, природних компонентів довкілля.

Рентгеноспектральний аналіз здійснюють трьома методами: 1) за первинними рентгенівськими спектрами випромінювання (переважно визначення ВМ); 2) за вторинними рентгенівськими спектрами випромінювання (рентгенофлуоресцентний аналіз – експресний, багатоелементний, визначають як тверді, так і рідинні проби компонентів в довкіллі); 3) за спектрами поглинання (абсорбційний рентгеноспектральний аналіз).

Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ультрафіолетова та інфрачервона спектроскопія, ядерний магнітний резонанс – встановлення властивостей і структури складних органічних речовин у розчинах).

Інфрачервона спектроскопія (явище резонансного чи нерезонансного поглинання ІЧ випромінювання окремими атомами чи молекулами речовини - дослідження спектрів газів, рідин та твердих речовин).

Атомно-абсорбційний аналіз практично здійснюють трьома методами: 1) атомно-емісійна спектроскопія (атоми збуджуються термічним методом – полум'я, дуга, іскра, плазменні джерела); 2) атомно-флуоресцентна спектрометрія (фотонне збудження електронів); 3) атомно-абсорбційна спектрометрія (поглинання ультрафіолетового чи видимого випромінювання атомами газу).

Мас-спектрометрія - досліджувана речовина бомбардується пучком електронів, а потім проводиться кількісна реєстрація створюваних позитивних іонів, які представляють собою фрагменти сполуки, що аналізується. Досліджуються токсичні органічні сполуки (наприклад, діоксин).

В залежності від цілей вивчення властивостей природних компонентів використовуються різні методики, які встановлюють раціональні методи і засоби для отримання бажаних результатів.

1.8 Автоматизовані системи контролю забруднення природного середовища

В Україні було розроблено декілька *автоматизованих систем контролю забруднення природного середовища* (АСКЗС) переважно для контролю атмосферного повітря у великих промислових містах, але жодна з цих систем не була використана на державній мережі моніторингу, оскільки не випускалась серійно. Зарубіжні АСКЗС застосовуються лише на декількох промислових майданчиках, де існує значна загроза аварійного забруднення повітря [7].

АСКЗС – це інформаційно-вимірювальні системи для оперативного збору, обробки і представлення даних про стан довкілля. Система дозволяє безперервно отримувати інформацію о концентраціях домішок і гідрометеорологічних параметрах. Автоматизовані системи використовуються для контролю двох середовищ: атмосферного повітря та природних вод.

Структура побудови АСКЗС має два рівня: стаціонарні і пересувні станції контролю забруднення середовища, де здійснюється вимірювання і первинна обробка концентрацій ЗР і гідрометеорологічних величин, *та центр обробки інформації* (ЦОІ). До ЦОІ входить інформаційно-управляючий обчислювальний комплекс, засоби відображення, реєстрації і розмноження вимірювальної інформації, засоби зв'язку і апаратура передачі даних. Ця апаратура не тільки збирає інформацію, обробляє, аналізує її, але і прогнозує забруднення та передає споживачам штормову (перевищення ГДК), підсумкову і прогнозну інформацію.

Збір вимірювальної інформації про стан НПС здійснюється на мережі з декількох станцій контролю, які розташовані по всій контрольованій території або акваторії. Кожна станція зв'язана з ЦОІ телефонною лінією зв'язку або радіозв'язку. По цій лінії передаються сигнали керування станцією, а також надходить інформація з результатами вимірювань.

Питання для самоконтролю

1. *Які існують визначення терміну “моніторинг”?*
2. *Назвіть види моніторингу.*
3. *Яке сучасне визначення системи моніторингу НПС в Україні?*
4. *Що є суб'єктами та об'єктами моніторингу НПС?*
5. *У чому полягає сутність класифікації системи моніторингу довкілля?*
6. *Яка роль фонових моніторингу в оцінці та прогнозі стану біосфери?*
7. *Що являє собою мережа комплексного фонових моніторингу?*

2 МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1 Особливості техногенного забруднення атмосфери

Основними джерелами забруднення атмосфери є: об'єкти теплоенергетики; транспорт (переважно автотранспорт); чорна і кольорова металургія; машинобудування; хімічне виробництво; видобуток і переробка мінеральної сировини; відкриті джерела (видобутки, сільськогосподарська рілля, будівництво).

Основними ЗР, що надходять до атмосфери при спаленні палива, є тверді частинки (зола, сажа), оксиди сірки (SO_2 , SO_3), оксиди азоту (NO , NO_2 , N_2O_4). Оксиди сірки (SO_x) утворюються при спаленні сірчастого вугілля і нафтопродуктів. Утворення оксидів азоту (NO_x) залежить від температури спалення, надлишку повітря, вмісту азоту в горючій масі; спочатку утворюється NO , який окислюється при високій температурі і надлишку повітря киснем до NO_2 і N_2O_4 . При неповному згорянні палива в газоподібних викидах знаходяться оксид вуглецю (CO), вуглеводні C_nH_m (в т.ч. ПАВ - поліциклічні ароматичні вуглеводні), токсичні сполуки типу бенз(а)пірену та ін. Серед хімічних канцерогенів провідне місце займають ПАВ, що утворюються при спаленні палива і його термічній переробці. Разом з викидами в атмосферу надходять також вельми токсичні метали (Be , As , Se , V , Cd , Hg та ін.) і радіонукліди (^{236}U , ^{232}Th , ^{40}K), які можуть бути джерелами несприятливих впливів на природне середовище.

Транспорт (особливо автомобільний) є одним з найважливіших джерел забруднення атмосфери. Один автомобіль, проходячи за рік 15 тис. км, потребує близько 4 т кисню, спалює 2-3 т палива й викидає в довкілля 3250 кг CO_2 , 530 кг CO , 27 кг NO_x , 10 кг гумового пилу. До складу вихлопних газів входить близько 400 хімічних сполук, з яких найбільш токсичні CO , NO_x , SO_x , C_nH_m (в т.ч. ПАВ), альдегіди, Pb . У великих містах автотранспортом викидається близько 90% CO , 70% C_nH_m та 90-98% Pb . При спаленні бензину в повітря надходить свинець, який входить до антидетонаторної добавки - $(C_2H_5)_4Pb$ або $(CH_3)_4Pb$. Транспорт є джерелом пилу, а також шуму і вібрації. Кількість ШР, що надходять в атмосферу в складі відпрацьованих газів, залежить від типу двигуна, режиму його роботи і загального технічного стану автомобіля.

У чорній і кольоровій металургії кокс є продуктом багатьох технологічних процесів. Виробництво коксу супроводиться виділенням твердих і газоподібних ЗР. Джерелом викиду твердих часток в металургії є виробництво чавуна, 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 ХЕ. Велика кількість пилу виділяється при приготуванні формовочних сумішей. При газовому різанні металів виділяються токсичні сполучення *Cr*, *Ni* і *Mn*, а також *CO*, *NO_x*; а при плазменному різанні утвориться ще *O₃*. Гальванічні цехи є джерелом парів *HCl*, *H₂SO₄*, *HNO₃* або *HF*.

З величезної кількості ЗР, що викидаються підприємствами хімічної промисловості, найбільш важливими як за об'ємом, так і за токсичністю є *Cl₂*, *NO_x*, *H₂S*, *HF* і ін., а з органічних сполук - тіоли, вуглеводні, альдегіди, кетони і органічні кислоти.

При видобутку і переробці мінеральної сировини атмосфера забруднюється пилом і частинками самої корисної копалини в процесі подрібнення і випалення природних і штучних матеріалів. При окисленні і газифікації вуглистих порід териконів в атмосферу надходять *CO₂*, *CO*, *SO₂*, *H₂S*, *CH₄* та ін.

Відкрита розробка родовищ корисних копалин звичайно характеризується більш інтенсивним забрудненням атмосфери пилом, газами, що утворюються при вибухах і роботі транспорту (*CO*, *CO₂*, *NO_x*, *SO₂*, вуглеводні, альдегіди). 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 по виробництву магнезиту, печі по випаленню цегли, кар'єри, підприємства по випуску ізоляційних матеріалів, керамічні заводи, установки по виробництву асфальту тощо. Найбільша кількість газоподібних ЗР утворюється при виробництві цементу; при випаленні цегли можуть виникнути викиди сполучень фтору і діоксиду сірки, в скляній промисловості - викиди фтору і оксидів азоту.

У сільськогосподарському виробництві атмосферу забруднюють тваринницькі і птахівницькі ферми, промислові комплекси по виробництву м'яса (аміак, сірковуглець, меркаптани і ін.), енергетичні підприємства. До джерел поширення агрохімікатів відносяться склади, самі поля, на які вносяться отрутохімікати і мінеральні добрива.

Техногенні джерела забруднення розрізняються за призначенням (технологічні, вентиляційні викиди), за місцем розташування (високі, незатінені, такі, що знаходяться у зоні дії вітрового потоку; затінені, низькі, розташовані нижче за будинки; наземні), за геометричною формою (точкові та лінійні), за режимом роботи (безперервні, періодичної дії, залпові і миттєві) і за дальністю поширювання (внутрішньоплощинні й позаплощинні). Основна маса ЗР повітря (75%) припадає на продукти спалювання сучасної та викопної органічної речовини (деревина, торф, вугілля, горючі сланці, нафта і т.д.). Надзвичайно велике забруднення атмосфери під впливом ТЕС. Їх "внесок" складає 100-120 млн. т золи на

рік (великі ТЕС можуть викидати до тис. тонн на добу). За даними І.В.Давиденко (1982), після спалення протягом одного року 2,1 млрд. т кам'яного вугілля і 0,8 млрд. т бурого вугілля у довілля викидається 225 тис. т *As* (для порівняння: річне виробництво *As* в світі - 40 тис. т), 255 тис. т *Ge* (виробництво - 100 т), 153 тис. т кобальту (виробляється 1,3 тис. т). Забруднення атмосфери у районах паливно-енергетичних комплексів обумовлене інтенсивними газо-димовими викидами, розробкою вугільних кар'єрів і т.д. При цьому однією із основних ЗР є сірка і її сполуки. Внаслідок викидів підприємств металургії, хімічної, нафтопереробної та інших видів промисловості до атмосфери надходять величезні кількості різних оксидів, вуглеводнів, пилу, диму і багатьох інших ШР (в т.ч. загальнотоксичної, мутагенної, канцерогенної та іншої дії).

Деякі ЗР техногенного генезису знаходяться у атмосфері в природних умовах і їх надходження збільшує лише фонові концентрації. До них відносяться CO_2 , NO_2 , SO_2 , CH_4 та його гомологи, які надходять внаслідок вулканічних та біохімічних процесів. Інші (радіоактивні речовини, пестициди, численні синтезовані органічні речовини і т.д.) мають виключно антропогенне походження. Основну роль у глобальному забрудненні БС 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. Однак тривалість існування газів антропогенного генезису сягає 2-4 місяців. У першу чергу це відноситься до малоактивних летючих синтетичних речовин і інертних газів; в результаті, в атмосфері нагромаджуються продукти викиду ядерних реакторів типу ^{85}Kr з періодом піврозпаду 10,5 років.

У більшості випадків основна частина ЗР, що надходять до атмосфери, випадає на поверхню землі на порівняно невеликих відстанях. Так, концентрація неорганічного пилу на відстані 15 км від міста зменшується майже на порядок, концентрація Cl^- , Na^+ , K^+ зменшується у 1,5-2 рази. Радіус зони впливу джерел забруднення складає 2-3 км; у межах цієї зони вміст *Cu*, *Zn*, *Pb*, *Sn* у 3-5 разів перевершує фоновий, а у безпосередній близькості до джерела перевищує у 50-150 разів (М.Г. Журавльова і ін., 1982). Інтенсивність випадання бенз(а)пірену на різних відстанях від джерела емісії складає: до 18 кг/км² на відстані менше ніж 1 км, від 0,001 до 5 кг/км² - на відстані 10 км, близько 0,003 кг/км² - на відстані 30 км (А.І. Шиліна, А.В. Журавльова, 1980). Слід відзначити, що бенз(а)пирен, а також пестициди (наприклад, ДДТ) виявлені в пробах снігу і льоду в таких віддалених районах від техногенних джерел як Антарктида. Дальність переносу ЗР, що викидаються в атмосферу залежить від трансформації їх у атмосфері. Наприклад, SO_2 , який

надходить до атмосфери, зазнає ланцюжок перетворень: $SO_2 \Rightarrow H_2SO_4 \Rightarrow MeSO_4$ (Me – метал). Ці три види сполучень сірки випадають на різних відстанях (зона впливу SO_2 - до 40-50 км, зона впливу $H_2SO_4 + MeSO_4$ – до 300 км, зона закислення опадів з $pH < 5$ - до 2000 км). На дальність переносу ЗР у атмосфері впливає також і те, у якій формі, розчинній або нерозчинній атмосферними опадами, вони знаходяться. Більшою мірою з віддаленням від джерел викидів у опадах збільшується кількість розчинних форм домішок. Так, в міру віддалення від металургійного заводу доля важких металів у розчинних опадами сполученнях збільшується. Умовно виділяються три градації дальності переносу ЗР у атмосфері: локальний - до 10 км, мезомасштабний - 10-100 км та дальній - більш 100 км від джерела викидів (А.В. Лисак, І.М. Назаров, А.Г. Рябошапка, 1979).

Концентрації основних ЗР істотно змінюються в залежності від метеорологічних умов та рельєфу місцевості.

Одним з основних газоподібних ЗР є *оксид вуглецю* - постійний компонент атмосфери (0,01-0,9 мг/м³; причому в північній півкулі в 3 рази більше ніж в південній). Природні джерела CO : неповне згоряння органічної речовини, виділення живими організмами, вулканічні і болотяні гази, лісові та степові пожежі тощо. Антропогенні джерела CO : неповне згоряння органічного палива (підприємства теплоенергетики, хімічної, металургійної, нафтохімічної промисловості, автотранспорт і ін.). Більше за 60% викидів CO припадає на автотранспорт; при пробігу 1 автомобіля за рік викидається більше ніж 500 кг CO , який становить 12% вихлопних газів, що містять крім нього більше ніж 200 хімічних сполук. Тривалість перебування в атмосфері складає близько 2 місяців. Досягаючи стратосфери, CO окислюється до CO_2 , а при взаємодії CO з гідроксильними радикалами утворює формальдегід і бере участь у відновленні HNO_3 в NO_2 . CO поглинається мікроорганізмами і грибами, що окисляють його до CO_2 . Деякі морські водорості накопичують його; океан не тільки поглинає CO , але і є його джерелом. Він справляє токсичний вплив на клітки, порушуючи тканинне дихання і зменшуючи споживання тканинами кисню, він легко сполучається з гемоглобіном (червоними кров'яними тільцями) і утворює карбоксигемоглобін ($COHb$). У великих містах вміст CO варіює від 1 до 250 млн⁻¹ (середнє 20 млн⁻¹).

Значна кількість NO_x утворюється в процесі горіння при високій температурі ($N_2 \Rightarrow NO \Rightarrow NO_2 \Rightarrow N_2O_4$) передусім в двигунах внутрішнього згоряння, працюючих на вуглеводневій сировині. NO_2 - стійкий газ, що зберігається в атмосфері близько 3 діб. Сполучившись з парами води, сприяє утворенню кислотних опадів ($NO_2 + H_2O \Rightarrow HNO_2 \Rightarrow HNO_3$), взаємодіючи з вуглеводнями в присутності сонячного світла утворює *пероксиацетилнітрат (ПАН)* і інші фотохімічні окислювачі (O_3 і ін.) -

складові фотохімічного смогу.

SO_x утворюються в основному при спаленні органічного палива, що містить сірку (вугілля, нафтопродуктів і ін.). Під впливом ультрафіолетових променів руйнується з утворенням сірчаного ангідриду ($2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 185 \text{ кДж}$), а при контакті з водяною парою утворюється сірчиста, а потім і сірчана кислота ($SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3 \rightleftharpoons H_2SO_4$).

Озон і багато інших фотохімічних окислювачів утворюються при хімічній взаємодії між NO_x і C_nH_m під дією сонячної енергії. Під дією сонячної енергії NO_2 розпадається на NO і атом O , а той, сполучаючись з O_2 , утворить O_3 ($NO_2 \rightleftharpoons NO + O + O_2 \rightleftharpoons O_3$). Якщо відсутні інші фактори, то процес буде оборотним ($O_3 + NO \rightleftharpoons NO_2 + O_2$). Отже, NO_2 зв'язується і відбувається накопичення озону ($NO_2 \rightleftharpoons NO + O + O_2 \rightleftharpoons O_3$).

Всі ЗР атмосфери у тій чи іншій мірі справляють негативний вплив на здоров'я людини. ШР негативно впливають на всі фіто- і зооценози. Так, деякі ШР, проникаючи в рослинні тканини, порушують обмін речовин, структуру листя і пагонів. Найбільш небезпечні для рослин SO_2 , фторутримуючі сполуки і ШР смогів усіх типів. Рослини по-різному сприйнятливі до забруднення повітря (найбільш сприйнятливі - жито, пшениця, ячмінь, яблуня, береза, груша, сосна; більш стійкі - вишня, бузок, дуб тощо).

2.2 Організація системи спостережень за забрудненням повітряного басейну

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

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

Спостереження за *забрудненням атмосфери* (ЗА) здійснюються в країнах СНД з початку 60-х років. Спочатку санітарно-епідеміологічною службою Мінздрава СРСР, а з 1964 р. Гідрометслужбою. Спостереження за ЗА почали проводити в Ленінграді, Мінську, Кишиневі з 1961 р., в Москві з 1963 р. На території України спостереження за ЗА почали

проводити з 1961 р.; в Донецьку з 1964 р., в Запоріжжі з 1965 р., у Києві з 1966 р. У 1966 р. спостереження проводилися вже у 45 містах. У 2003 р. в Україні характеристики якості АП визначаються в 54 містах на 168 стаціонарних постах. Основний об'єм спостережень припадає на пил, CO , SO_2 , NO_2 .

Для отримання об'єктивної інформації про *рівень забруднення атмосфери* (РЗА) на базі гідрометеорологічної мережі спостережень, підрозділів Мінздора СРСР і інших відомств в 1972 р. під керівництвом *головного управління гідрометслужби* (ГУГМС, далі Держкомгідромету) була створена *загальнодержавна служба спостережень і контролю за станом атмосфери* (ОГСНКА) в рамках ОГСНК, що займалася моніторингом забруднення природного середовища загалом.

Передача Держкомгідромету головних функцій в організації мережі станцій спостережень за ЗА зумовлена тим, що мережа моніторингу ЗА і гідрометеорологічна мережа формуються за однотипними принципами. Це: регулярність, єдність програм і методів спостережень, репрезентативність місць спостережень. Крім того, в рамках ОГСНКА характеристики ЗА визначаються одночасно з необхідними для їх інтерпретації метеорологічними показниками.

Наукові, методологічні основи організації мережі спостережень виконувала на території колишнього СРСР ГГО, де розроблені необхідні методичні вимоги щодо організації і функціонування ОГСНКА. В Україні подібні функції виконує УкрНІГМІ і підрозділи Міністерства охорони навколишнього природного середовища.

Основна мета моніторингу ЗА полягає у забезпеченні зацікавлених державних і суспільних органів, підприємств, установ і інших організацій систематичною інформацією про рівень ЗА і прогнози їх змін під впливом господарської діяльності і метеорологічних умов.

Стандартна мережа моніторингу повинна забезпечити надходження режимної інформації про ЗА, на основі якої можна вирішувати такі задачі: 1) оцінити рівень забруднення атмосфери (РЗА); 2) вивчити вплив забруднення повітряного басейну на захворюваність населення; 3) оцінити збиток, що наноситься сільському господарству, лісам, тваринництву, будівлям і спорудам; 4) спланувати розміщення промислових підприємств, визначати санітарно-захисні зони (СЗЗ); 5) уточнювати і перевіряти розрахункові методи розсіювання домішок від джерел; 6) оцінити фонове забруднення атмосфери [9].

Для успішного рішення всіх цих задач необхідно грамотно оцінити період і кількість спостережень, оптимальну кількість постів, методи вимірювань, програму роботи стандартної мережі моніторингу.

2.3 Категорії, розміщення і кількість постів спостережень за забрудненням атмосфери

Існуюча мережа спостережень за ЗА включає пости ручного відбору проб повітря для аналізу і автоматизовані системи спостережень і контролю навколишнього середовища АНКОС-АГ.

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

Встановлюються пости спостережень трьох категорій: стаціонарні, маршрутні, пересувні (підфакельні).

Стаціонарний пост призначений для забезпечення безперервної реєстрації вмісту ЗР або регулярного відбору проб повітря для подальшого аналізу. З числа стаціонарних виділяють *опорні стаціонарні пости*, які призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних (пил, CO , SO_2 , NO_2) і найбільш поширених специфічних ЗР. До основних в Україні рекомендовано віднести також формальдегід, бенз(а)пірен та *Pb*.

Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб повітря, коли неможливо (недоцільно) встановити стаціонарний пост або необхідно більш детально вивчити стан ЗА в окремих районах, наприклад, в нових житлових районах. Це також регулярні спостереження, але за допомогою спеціально обладнаних машин, які переміщуються визначеним маршрутом. Порядок об'їзду маршрутних постів (заздалегідь вибраних точок на місцевості) повинен бути один і той же, щоб відбір проб в кожній точці призначався одними і тими ж строками діб.

Автомобілі з апаратурою випускаються серійно. Продуктивність їх біля 5000 проб на рік (8-10 проб щодня в 4-5 точках).

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

Репрезентативність спостережень за станом ЗА в місті залежить від правильності розташування поста на території, що обстежується.

При виборі *місця розміщення посту* потрібно встановити, яку інформацію чекають отримати: РЗА, характерний для даного району міста, або концентрацію домішок в конкретній точці, що перебуває під впливом викидів окремого промислового підприємства, великої автомагістралі.

У першому випадку пост повинен бути розташований на ділянці, яка не підлягає впливу окремо розташованих джерел викидів (завдяки

перемішуванню міського повітря РЗА буде визначатися всіма джерелами викидів).

У другому випадку пост розміщується в зоні максимальних концентрацій домішки, яку надає цікавляче нас джерело.

Кожний пост розміщується на відкритому майданчику, що провітрюється з усіх боків з непиловим покриттям: на асфальті, твердому ґрунті, газоні. Якщо пост розміщено на вузькій вулиці, під деревами, поблизу високих будівель, низького джерела, то він буде характеризувати РЗА в даному місці і або буде його занижувати (поглинання кронами дерев), або завищувати (внаслідок відсутності перемішування).

Необхідність організації контролю ЗА в зоні антропогенного впливу визначається попередніми експериментами і теоретичними дослідженнями. Обстеження території проводять, як правило, пересувними лабораторіями протягом 1-2 років. Метод називається рекогносцирувальним і широко використовується як у нас, так і закордоном. На карту-схему міста наноситься координатна сітка з кроком 0.1, 0.5 або 1.0 км, потім у вузлах сітки відбирають проби повітря і аналізують. З другого боку за допомогою математичних моделей розраховуються поля концентрацій з урахуванням метеорологічних факторів, характерних для регіону, що вивчається, а також з урахуванням характерних джерел забруднення. Подібним чином визначаються зони впливу промислових комплексів і порівнюють модельні значення з вимірними. Якщо виявилось, що існує імовірність зростання концентрації домішки вище встановлених норм, то в цьому районі необхідно встановити спостереження. При цьому за генеральним планом розвитку міста враховуються перспективи розміщення великих джерел викидів і житлових районів. Так, встановлюється необхідність створення системи моніторингу в тому або іншому районі і розробляється програма її роботи. При цьому потрібно враховувати повторюваність напрямку вітру над територією міста. При певних напрямках викиди від підприємств можуть створювати загальний факел, порівняний з факелом великого джерела. Якщо повторюваність таких напрямів досить велика, то зона максимального рівня забруднення буде в 2-4 км від основної групи підприємств з високими джерелами і, звичайно, в 0,5-2 км від підприємств з низькими джерелами. Також зона найбільших максимальних разових і середньодобових концентрацій відзначається поблизу магістралі інтенсивного руху транспорту (вплив цей простежується на відстані 50-100 м).

Таким чином, стаціонарні і маршрутні пости розміщуються в місцях, вибраних на основі попереднього дослідження ЗА міста промисловими викидами, автотранспортом, побутовими і іншими джерелами і вивчення метеорологічних умов розсіювання домішок шляхом епізодичних спостережень, розрахунків полів максимальних концентрацій домішок.

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

Розміщення стаціонарних постів узгоджується з місцевими органами Гідрометслужби і підрозділів Міністерства охорони здоров'я України.

Відкриття, закриття і перенесення здійснюються за „Настановою гідрометеорологічним станціям і постам”.

Характер просторового розподілу шкідливих домішок в атмосфері промислового міста дуже складний. Тому багато які вчені вважають, що для контролю ЗА в місті необхідна велика кількість постів. Чим більше постів і якнайчастіше на них проводяться спостереження, тим повніше характеризуються тимчасові і просторові зміни стану ЗА.

Проблема необхідної і достатньої кількості постів спостережень в місті широко обговорюється в літературі. Стандартна мережа пунктів повинна відповідати таким вимогам:

- 1) необхідна мережа, яка дозволила б отримати просторово-часові закономірності розподілу домішки в атмосфері;
- 2) мережа вимагає певних матеріальних і трудових затрат;
- 3) збільшення числа постів призводить до різкого збільшення обсягу інформації, яка повністю не може бути використана.

Наприклад, за даними спостережень 30 постів в Парижі розглядалася кореляція середньодобових концентрацій домішки. Зроблено висновок, що при високій кореляції між постами, ряд пунктів спостережень можна виключити. Виявилось, виключаючи 15 з 30 станцій, втрата інформації складе не більше за 20% [10].

У більшості міст СНД є 3-6 стаціонарних постів, в найбільших - 6-20; в містах Західної Європи 1-3, у Руані, Гаврі, Редінзі по 40.

Для визначення необхідної кількості постів використовуються статистичні методи: кореляційний, спектральний, метод інтерполяції з урахуванням помилки інтерполяції. Деякі вчені на основі змінюваності в рівнях середніх концентрацій і середніх квадратичних відхилень на 20 постах пропонують пости в місті розміщувати рівномірно і мати в розпорядженні 1 пост на 4 км² [10].

Результати досліджень [11] довели, що навіть при великій кількості постів і малих відстанях між ними (“фотографія поля ЗА”) значення концентрації домішок виходять зі значною похибкою через реальну помилку вимірювань, яка може бути більше за виміряне значення концентрації. На даному етапі більш важливо підвищити точність вимірювань, аніж збільшити кількість постів.

Число стаціонарних постів непрямо визначається в залежності від чисельності населення в місті, площі населеного пункту, рельєфу

місцевості і міри індустріалізації, розосередженості місць відпочинку.

Виходячи з чисельності населення, кількість постів визначається по табл. 2.1. Кількість постів може бути збільшена в умовах складного рельєфу місцевості, при наявності великої кількості *джерел викидів (ДВ)*, а також якщо є унікальні парки, історичні споруди і т.д.

Таблиця 2.1 - Кількість контрольно-замірних постів в залежності від чисельності населення

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

При організації мережі ОГСНКА було рекомендовано встановлювати стаціонарні пости в містах з розрахунку 1 пост на 10-20 км² у рівнинній місцевості і 1 пост - на 5-10 км² в пересіченій.

Таким чином, найбільш правильним є економічний підхід: встановлення оптимальної кількості пунктів спостережень, що забезпечують мінімальні витрати при заданій похибці спостережень.

2.4 Програми і терміни спостережень

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться по одній з чотирьох програм спостережень: повній, неповній, скороченій, добовій.

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 в 1,7,13,19 годин за місцевим декретним часом.

Неповна програма: отримання інформації про разові концентрації щоденно в 7,13,19 годин місцевого декретного часу.

Скорочена програма: отримання інформації тільки про разові концентрації щодня в 7 і 13 годин місцевого декретного часу; допускається проведення спостережень по скороченій програмі при температурі менше за 45°C і в місцях, де середньомісячні концентрації нижчі за 1/20 ГДК_{мр} або нижньої межі діапазону вимірювань концентрації домішки за допомогою метода, що використовується. Допускається проведення спостережень по зміненому графіку: в 7,10,13 годин у вівторок, четвер, суботу і в 16,19,22 годин 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 і 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, температура 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 по повній, неповній і скороченій програмі. 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 і 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.

2.5 Період і кількість спостережень

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

Використовуємо вираз довірчої імовірності середнього значення вибірки з генерального ряду [10]. Припустимо, що процес розподілу домішки в атмосфері має гауссів розподіл (хоча це не зовсім так: розподіл асиметричний, звично логнормальний):

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

де t – параметр Стьюдента,

m_x - математичне очікування для генеральної сукупності;

\bar{q} и σ - характеристики, отримані з обмеженої вибірки, тобто це оцінки середнього і середньоквадратичного відхилення.

Можна записати

$$m_x = \bar{q} \pm \frac{t\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (2.2)$$

тобто помилка оцінки параметра залежить від кількості (N) вимірювань і від змінюваності параметра σ .

Прийmemo $\sigma = \bar{q}$, що вірно для логнормального розподілу. Тоді при 95%-ій імовірності, коли $t = 1,96 \approx 2$,

$$m_x = \bar{q} \pm \frac{2\bar{q}}{\sqrt{N}}. \quad (2.3)$$

З цього виразу виходить, що m_x можна отримати з похибкою 20% при числі спостережень $N = 100$ і $\sigma = \bar{q}$

При $\sigma = 2\bar{q}$ число спостережень, необхідних для оцінки середнього з такою ж похибкою 20%, збільшується до 400.

Цей висновок вірний для вибірки з випадкових незалежних спостережень. Насправді концентрації термінових спостережень, виміряні через 3-6 годин і більш, строго не є незалежними. Коефіцієнт кореляції може сягати 0,8-0,9. При такій тісній залежності для отримання \bar{q} з похибкою $0,2\bar{q}$ обсяг необхідної інформації повинен бути збільшений майже в 2 рази, тобто до 200 спостережень при $\sigma = \bar{q}$ і до 800 спостережень при $\sigma = 2\bar{q}$. Це дає можливість оцінити економічну ефективність виходячи від зменшення кількості спостережень.

Тривалий досвід обробки і аналізу інформації показує, що 200 спостережень це те мінімальне число спостережень, яке можна використати для отримання середніх характеристик вмісту домішки в атмосфері. Але при такій кількості вимірювань важко зафіксувати максимальні концентрації домішки з високою забезпеченістю. Максимум може бути визначений з імовірністю його перевищення у 0,5% випадків. У реальних умовах роботи стаціонарних постів мережі навіть при 3-4 спостереженнях на добу фіксується максимальне значення концентрації, яке може бути перевищене лише на 0.1-0.01.

При малій кількості спостережень не вдається встановити зміни вмісту домішок в добовому і річному ході. Середнє значення, обчислене з 200 незалежних вимірювань, виконаних, наприклад, в зимовий час, може бути завищене в порівнянні з дійсним рівнем на 50-100%.

Для отримання достовірних оцінок як метеорологічних параметрів,

так і рівня ЗА необхідний період спостережень в різних погодних умовах і режимах викидів.

У кліматології чим довший ряд спостережень, тим надійніше середнє значення. У кліматології ЗА період спостережень повинен бути обмежений, оскільки внаслідок впливу антропогенних факторів РЗА може змінитися більш, ніж в 2 рази (уведення в експлуатацію нових підприємств, зміна технології виробництв, скорочення числа дрібних ДВ). Доцільно обмежити ряд даних спостережень, що використовуються п'ятьма роками або меншим періодом, протягом якого не відбувалося різких змін РЗА.

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.

2.6 Критерії санітарно-гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря

Санітарно-гігієнічні нормативи забезпечують такий рівень забрудненості, який не виводить концентрації певних пріоритетних антропогенних забруднювальних речовин за допустимий діапазон, який є свого роду стандартом. Він являє собою величини ГДК, *тимчасово допустимих концентрацій* (ТДК), *летальних концентрацій* (ЛК), *порогових концентрацій* (ПК), *орієнтовно безпечних рівнів діяння* (ОБРД) тощо.

Пріоритет в розробці ГДК забруднювальних речовин належить СРСР, де інтенсивно проводилися роботи по гігієнічній регламентації (нормуванню) допустимого рівня вмісту домішок в атмосферному повітрі. Ще в 1949 р. вітчизняними вченими були сформульовані основні критерії шкідливості речовин: 1) допустимий – це той граничний вміст ШР в атмосферному повітрі, який не надає прямого або непрямого впливу, не знижує працездатності, не впливає на самопочуття і настрої; 2) звикання до ШР є несприятливим моментом і доказом неприпустимості рівня вмісту ШР; 3) недопустимий вміст ШР, який несприятливо впливає на клімат, рослинність, прозорість атмосфери і побутові умови життя населення.

На цей час в атмосферному повітрі визначено ГДК або ОБРД більш як 700 ШР.

ГДК - це максимальна концентрація шкідливої домішки в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичному впливі або протягом всього життя людини не надає і не надасть шкоди (включаючи віддалені наслідки) на неї і на навколишнє середовище загалом.

До останнього часу у всіх визначеннях ГДК переважав антропоцентричний підхід. Так, по визначенню М.Ф. Реймерса [2],

“*гранично допустима концентрація* - норматив, за якого кількість ШР в НС при постійному контакті, або при впливі за певний проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини і не викликає несприятливих наслідків у його потомства”. Останнім часом при визначенні ГДК враховується не лише міра впливу ШР на здоров'ї людини, а і їх вплив на диких тварин, рослини, гриби, мікроорганізми, а також на природні співтовариства в цілому. Якщо речовина надає шкідливого впливу НПС в менших концентраціях, ніж людині, то при нормуванні виходять із порога дії цієї речовини на НПС (біологічні нормативи).

Останні дослідження привели до висновку про відсутність нижніх безпечних порогів, а отже, ГДК, при впливі канцерогенів (наприклад, поліхлорбіфенілів, діоксинів і інших ксенобіотиків). Будь-яке перевищення ними звичних природних фонів небезпечно для живих організмів (хоча б і генетично) в ланцюгу поколінь.

Критерії якості довкілля запропоновані Міністерством охорони здоров'я країни після дослідів на тваринах і добровольцях-людях, по визначенню безпечних рівнів впливу токсичних речовин на живі організми. ГДК в Україні, Росії і інших країнах закріплені законодавчо. Відповідність якості НПС цим стандартам контролюється відповідними органами нагляду. Таким чином, повинно виконуватися таке співвідношення між концентрацією (q) і ГДК (обидві мають розмірність - мг/м³):

$$q \leq ГДК . \quad (2.4)$$

Встановлено, що в місцях відпочинку людей (рекреаційні зони), РЗА не повинен перевищувати $0,8 ГДК$.

Деякі із ШР володіють односпрямованою дією, або *ефектом сумації*. При наявності в атмосфері декількох (n) шкідливих речовин, що володіють сумацією дії, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{q_1}{ПДК_1} + \frac{q_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{q_n}{ПДК_n} \leq 1. \quad (2.5)$$

Ефектом сумації володіють, наприклад: фенол і діоксид сірки; діоксид сірки і діоксид азоту; діоксид сірки і сірководень; озон, діоксид азоту і формальдегід тощо.

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

$ГДК_{мр}$ - відноситься до 20-30-хвилинного інтервалу осереднення; встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини

(відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку.

$ГДК_{сд}$ - це концентрація ЗР в повітрі, що не надає людині прямого або непрямого шкідливого впливу при цілодобовому вдиханні; відноситься до необмеженого періоду осереднення і вводиться з метою попередження загальнотоксичної, мутагенної, канцерогенної та іншої дії.

$ГДК_{рз}$ - це рівень концентрації інгредієнту, 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 повітряного простору висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

Якщо для ШР не розроблені ГДК, то впроваджується ОБРД (орієнтовно безпечний максимальний разовий рівень діяння) забруднення повітря або $ТДК_{рз}$ - тимчасова допустима концентрація терміном на 2 роки. $ЛК_{50}$ і $ЛК_{100}$ - летальна концентрація, що викликає при диханні загибель 50% і 100% тварин (миші протягом 2 годин, пацюки - 4 годин).

Розроблено чотири класи небезпеки шкідливих речовин:

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* (диоксид сірки, тютюн, бутиловий спирт, пил, сажа та ін.).

4. *Малонебезпечні речовини* (оксид вуглецю, етиловий спирт, аміак, нафталін, ацетон, скипидар та ін.).

Приклади ГДК деяких ШР наведено в табл. 2.2 [12].

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

Таблиця 2.2 - Гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених місць

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

2.7 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 (табл. 2.3, 2.4). Крім основних вимірюють і інші специфічні газоподібні домішки, аерозолі і тверді частки.

У 1980 р. в СРСР було проведено інвентаризацію ШР, що викидаються в атмосферу. Їх виявилось набагато більше за тих, що контролюються. Природно, виникла потреба розробки підходу до розв'язання наступної задачі: які речовини треба контролювати і які домішки потрібно вимірювати насамперед.

Таблиця 2.3 - Загальнопоширені забруднювальні речовини в атмосферному повітрі показників та інгредієнтів атмосферних опадів

СПИСОК А

Забруднювальні речовини в атмосферному повітрі

1. Пил
2. Діоксид сірки
3. Оксид вуглецю
4. Діоксид азоту
5. Свинець та його неорганічні сполуки (в перерахунку на свинець)
6. Бенз(а)пірен
7. Формальдегід
8. Радіоактивні речовини (за переліком, погодженим Мінохорони НПС, МОЗ, Держкомгідрометом, МНС)

Показники та інгредієнти атмосферних опадів

1. Сульфати
2. Хлор
3. Азот амонієвий
4. Нітрати
5. Гідрокарбонати
6. Натрій
7. Калій
8. Кальцій
9. Магній
10. рН
11. Кислотність

Таблиця 2.4 - Забруднювальні речовини, моніторинг яких проводиться на регіональному (локальному) рівні

СПИСОК Б

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

У ГГО було розроблено методика ранжування ШР, засновану на використанні параметра споживання повітря ($ПВ_i$).

$ПВ_i$ - це об'єм повітря, необхідний для розбавлення викидів потужністю M_i до середнього рівня концентрації:

$$ПВ_i = \frac{M_i}{q_i}. \quad (2.6)$$

$ПВ_{mi}$ - це необхідний об'єм повітря, необхідний для розбавлення викидів потужністю M_i до рівня $ГДК_{cd i}$:

$$ПВ_{Ti} = \frac{M_i}{ГДК_{cd i}}. \quad (2.7)$$

Необхідність організації контролю вмісту в атмосфері i -тої домішки оцінюється по співвідношенню PB_i и PB_{mi} .

Якщо $PB_{mi} \geq PB_i$, то i -ту домішку потрібно вимірювати.

Параметр споживання повітря залежить від розсіюючої здатності атмосфери і від характерного розміру міста L (радіус міста). Якщо прийняти, що площа міста має форму кола, то

$$L = \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (2.8)$$

де S – площа міста. Введемо в формулу для розрахунку потужності радіус міста

$$M_i = PB_i \bar{q}_i = \frac{PB_i}{L} q_i L. \quad (2.9)$$

Для міст, розташованих в зоні з низькою розсіюючою здатністю, цей коефіцієнт (PB_i/L) в 2 рази менше. Значення (PB_i/L) залежить також від висоти джерел викидів. При хорошій розсіюючій здатності атмосфери ($ПЗА \leq 3$)

$$M_i = 50 \bar{q}_i L. \quad (2.10)$$

Для міст, розташованих в зоні $ПЗА > 3$ (погана розсіюча здатність),

$$M_i = 25 \bar{q}_i L. \quad (2.11)$$

По розміру міста і сумарній потужності викиду можна графічно визначити, який рівень ЗА i -тою домішкою можна чекати (вище або нижче за ГДК), а також необхідність вимірювання інгредієнту (рис. 2.1). Графік побудований по виразах (2.10) і (2.11). Він перевірений за даними 80 міст.

По розміру міста L (км) і сумарної потужності викидів даної забруднювальної речовини M_i (тис. т у рік) визначається необхідність виміру інгредієнта. Якщо крапка знаходиться вище лінії ГДК, то варто організувати контроль за змістом ЗВ.

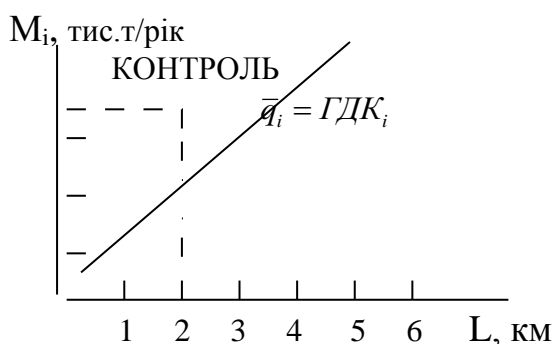


Рис. 2.1 - Необхідність організації контролю i - тої домішки у залежності від потужності викиду і розміру міста

Запропонований метод застосуємо у випадку рівномірного розміщення джерел викидів по території міста і рівного рельєфу.

Якщо викид здійснюється одним підприємством, то максимум наземної концентрації виявляється на відстані 2-5 км від нього, а створюване їм поле концентрації буде мати вид, подібний із трояндою вітрів. Для одиночного джерела, винесеного за територію міста, можна прийняти

$$PB_i = 0,5 \frac{M_i}{q_i} \quad (2.12)$$

де 0,5 - повторюваність напрямку вітру з боку промислового майданчика.

Порівняння параметрів споживання повітря йде не тільки по середніх концентраціях, але і по максимальним $q_{\max i}$ і відповідно $ПДК_{\text{мр } i}$

$$PB_{2i} = \frac{M_i}{q_{\max i}} \quad (2.13)$$

$$PB_{T2i} = \frac{M_i}{ГДК_{\text{мр } i}}, \quad (2.14)$$

PB_{T2i} – це необхідний обсяг повітря, необхідний для розведення викидів потужністю M_i до рівня $ГДК_{\text{мр } i}$.

Необхідність організації контролю вмісту в атмосфері i -тої домішки оцінюється по співвідношенню PB_{2i} і PB_{T2i} .

Якщо $PB_{T2i} \geq PB_{2i}$, то i -тую домішку варто контролювати.

Максимальну концентрацію можна одержати за даними серії спостережень під факелом або, знаючи основні кліматичні і технологічні характеристики, розрахувати по формулі.

При наявності N однакових і близько розташованих джерел для гарячих викидів потужністю M (г/с) максимальна концентрація дорівнює:

$$q_{\max i} = \frac{AM_i Fmn \eta}{H^2} \sqrt[3]{\frac{N}{V\Delta T}}, \quad (2.15)$$

для холодних викидів

$$q_{\max i} = \frac{AM_i F n \eta ND}{H^3 \sqrt{H} 8V}, \quad (2.16)$$

де A - коефіцієнт, що враховує здатність атмосфери до розсіювання

або накопичення домішки і який залежить від температурної стратифікації атмосфери. Може приймати значення від 250 (Середня Азія, Забайкалля) до 140 (середня смуга Росії, Московська обл. і ін.), в районі Одеси $A = 200$; коефіцієнт можна розрахувати

$$A = a \frac{k_1}{u_1 \varphi_0} \Big|_{u_1=2.0 \text{ м/с}}, \quad (2.17)$$

a - дещо залежить від шорсткості підстилаючої поверхні Z_0 і від висоти приземного шару. Середню шорсткість відображено в $a=0.3$;

φ_0 - дисперсія відхилення середніх напрямів вітру на кут φ за період.

F - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі ($F = 1$ для газоподібних домішок і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість впорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю; F може сягати 3 якщо тверді домішки надходять у атмосферу без очищення або при експлуатаційному коефіцієнті очищення менш за 75%; $F = 2$ при експлуатаційному коефіцієнті очищення більш за 90%; $F = 2.5$ ККД = 75-90%);

m і n - безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду (розраховуються по формулах з ОНД-86);

η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (для Одеси $\eta=1$);

H (м) - висота джерела викиду над рівнем землі;

V (м³/с) - витрата газоповітряної суміші, що визначається по формулі

$$V = \pi D^2 \omega_0 / 4; \quad (2.18)$$

D (м) - діаметр гирла джерела викиду;

ω_0 (м/с) - середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

ΔT (°C) - різниця між температурою викидаємої газоповітряної суміші T_r і температурою навколишнього атмосферного повітря T_n .

З формул (2.13, 2.15) можна отримати

$$PB_i = \frac{M_i}{q_{\max i}} = \frac{H^{2.3} \sqrt{V \Delta T}}{A F m n \eta^3 \sqrt{N}}. \quad (2.19)$$

При різних параметрах A , m , n , F , V , ΔT розраховані PB_i для порівняння з PB_{Ti} , що дають високий ступінь справджуваності і можуть бути рекомендовані для оцінки необхідності проведення контролю і-тої

домішки. Чим більш PB_{Ti} відрізняється від PB_i , тим більш обґрунтований висновок про здійснення контролю (наприклад, для сумарного викиду діоксидів азоту і сірки ТЕС PB_i складає $172-222 \cdot 10^{12} \text{ м}^3/\text{рік}$). Після вибору домішок для контролю необхідно установити черговість організації контролю за специфічними домішками. Якщо $PB_{m11} > PB_{m12} > PB_{m13} > \dots$, то першою в список контрольованих домішок увійде домішка з максимальним PB_{T1} , під номером 1 і т.д. Якщо кілька домішок мають однакові PB_{Ti} , те спочатку записують домішку класу небезпеки 1, потім 2, 3, 4.

За графіком (рис. 2.1) можна визначити доцільність організації спостережень за основними домішками в містах, де контроль не здійснюється, а по PB_T скласти список міст, де необхідно організувати спостереження.

Якщо по другому списку $PB_{T2i} > PB_{2i}$, то i -ту домішку включають в другий попередній список домішок, рекомендованих для контролю. У такий же спосіб можна побудувати список міст, де необхідно організувати спостереження за основними домішками.

Остаточний пріоритетний список домішок складається з двох списків у кілька етапів:

1) $PB_{T11} > PB_{T12} > PB_{T13} > \dots$

2) $PB_{T21} > PB_{T22} > PB_{T23} > \dots$

3) По сумі місць у цих списках від меншого до більшого - остаточний список ЗР.

Якщо $ГДК_{мр}$ для речовини немає, то вона включається в список під номером подвоєння його місця по PB_T із першого списку. При рівній сумі місць для двох і більш домішок спочатку записують домішку класу небезпеки 1, потім 2, 3, 4.

На опорних стаціонарних постах організуються спостереження за змістом основних забруднювальних речовин: пилу, CO , SO_2 , NO , NO_2 і за специфічними речовинами, характерними для промислових викидів багатьох підприємств міста.

На неопорних і маршрутних постах проводять спостереження за змістом специфічних домішок пріоритетного списку, характерних для прилеглих джерел викидів. Спостереження за основними домішками – по скороченій програмі. Одна специфічна домішка контролюється на 2-3 стаціонарних постах одночасно.

Крім речовин із пріоритетного списку в обов'язковий перелік речовин, які контролюють, включаються ті, викиди яких установити точно досить складно. За викладеною методикою важко визначити: 1) розчинні сульфати – у містах з населенням більш 100 тис.; 2) бенз(а)пірен - у містах з населенням більш 100 тис. і інших з великими джерелами викидів; 3) формальдегід і сполуки свинцю - у містах з населенням більш 500 тис.,

оскільки ці ЗР викидаються автомобілями; 4) важкі метали – у містах з підприємствами чорної і кольорової металургії; 5) пестициди – у містах, розташованих поблизу великих сільськогосподарських територій, де застосовують пестициди.

Перелік ЗР, що підлягають контролю, переглядається при зміні даних інвентаризації промислових викидів, реконструкції і появі нових підприємств, але не рідше 1 рази в 3 роки.

При підфакельних вимірах спостереження за основними домішками не проводять, тому що важко виділити внесок досліджуваного ДВ 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 менш 50.

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

2.8 Відбір проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу

Методи відбору проб.

Відбір проб атмосферного повітря є основним елементом аналізу його якості. Визначення концентрацій багатьох ЗР в АП виконується лабораторними методами. Існує 2 методи відбору проб: 1) *аспіраційний*; 2) *заповнення судин обмеженої ємності* [9].

Першим методом пробовідбір здійснюється шляхом аспірації визначеного обсягу АП через поглинальний прилад, заповнений твердим або рідким сорбентом для уловлювання забруднювальної речовини, чи через аерозольний фільтр, що затримує частинки, які містяться в АП.

В результаті аспірації відбувається концентрування ЗР у поглинальному розчині (наприклад, розчинення і хімічна реакція аналізованого газоподібного ЗР) чи на твердому сорбенті (силікагель, алюмогель, здрібнене скло й ін.). Поглинальні прилади найчастіше мають U-образну форму і виробляються з інертних матеріалів: скло, фторопласт. Для уловлювання з АП зважених частинок (пилу, сажі) використовуються фільтри, виготовлені з паперу, з волокнистих полімерних матеріалів (перхлорвініла, полістиролу, ацетилцелюлози), а також мембранні, скловолокняні. Фільтр встановлюється в металевому фільтроутримувачі з конусною насадкою.

Параметри відбору проб, такі як витрата АП і тривалість його аспірації через поглинальний прилад, тип поглинального приладу чи фільтра, встановлюються в залежності від обумовленої ЗР. Для

достовірного визначення концентрації ЗР витрата повітря повинна складати десятки і сотні літрів у хвилину.

Другий метод добору проб АП – метод заповнення судин обмеженої ємності - можна підрозділити на:

- вакуумний спосіб (з герметично закритої судини відкачують повітря, а потім у місці відбору проби судину відкривають);
- метод примусового продування судини 10-кратним обсягом повітря в місці добору проби, після чого судину герметизують;
- спосіб витиснення попередньо залитої в судину інертної рідини повітрям на місці відбору проби, після чого судину герметизують.

В якості судин використовують звичайні скляні ємності (чи з іншого хімічно інертного матеріалу), застосовані як поглинальні прилади. Найчастіше, ці методи використовують для визначення оксиду вуглецю чи інших газоподібних домішок невідомої природи.

Для зважених домішок застосують тільки аспіраційний метод відбору АП, а для газоподібних - підходять обидва способи.

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

Висота і тривалість відбору проб.

При визначенні приземної концентрації домішки в АП відбір проб проводиться на висоті 1,5-3,5 м від поверхні землі.

Проби, а потім і концентрації ЗР, підрозділяються в залежності від режиму відбору:

- *разові* - тривалість відбору 20-30 хвилин;
- *середні добові* - відбір у 1 поглинальний прилад чи на 1 фільтр *безперервно* протягом 24 годин або *дискретно*, коли через рівні інтервали часу протягом доби відбирають декілька, але не менш чотирьох, разових проб.

Засоби виміру.

На стаціонарних постах засоби виміру розміщуються в комплектних лабораторіях “Пост-1” і “Пост-2”, на маршрутних і підфакельних постах – у лабораторії “Атмосфера-П”.

Для відбору проб АП використовуються електроаспіратори ЭА-1, ЭА-2 і відбірники повітря (пилососи), тобто побудники прокачування повітря. ЭА-1 застосовують для відбору разових проб газоподібних ЗР; ЭА-2С – для добових проб пилу на 1 фільтр у циклічному чи безперервному режимі на “ПОСТ-2”; ЭА-3 – для разових і добових проб великого обсягу (пилу і газових ЗР) на 1 фільтр і в один поглинальний прилад на станціях фонового моніторингу.

Відбірники повітря “Компонент” застосовують для циклічного

відбору разових проб АП у поглинальні прилади з метою подальшого визначення концентрацій газоподібних домішок. Тут передбачений автоматичний відбір 32 проб по чотирьох каналах на “ПОСТ-2”.

Пристрої, реєструючи обсяг повітря, що пропускається: реометри, ротаметри й інші витратоміри.

Електроаспіратори ЕА-1, ЕА-2, ЕА-3 складаються з побудника витрати АП (ротаційний насос, пиросос, вихровий вентилятор), фільтроутримувача, блоку аспірації з витратоміром (ротаметром з нагрівачем, що включається при негативних температурах) і пультом керування.

Повітровідбірник “Компонент” складається з вакуумного насоса і корпусу, у якому – реле часу, вакууметр, система клапанів. Забезпечується сталість витрати АП.

У комплектній лабораторії “ПОСТ-1” розміщується основне і допоміжне устаткування для проведення спостережень за РЗА і вимірів метеопараметрів. Працює при наступних параметрах: 10-35 °С, відносної вологості - до 80%, атмосферному тиску - 900-1040 гПа.

Устаткування включає: автоматичні газоаналізатори ГМК-3 (CO) і ГКП-1 (SO_2), системи для проведення відбору проб і метеорологічних спостережень, щоглу для установки датчика вітру, система електропостачання і висвітлення.

Стіни павільйону з термоізолюючого 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, у які можна виставити блок для відбору проб на пил і саджу. Над кришкою на 50 см – трубопровід (з фторопласта чи скла) із захисним ковпачком для добору газових ЗР.

“ПОСТ-2” відрізняється наявністю автоматичного повітрязабірника “Компонент” і ЭА-2С. Для виміру метеопараметрів у лабораторії використовується автоматичний метеорологічний комплекс.

Пересувна лабораторія “Атмосфера-2” призначена для визначення РЗА і вимірів метеопараметрів при проведенні маршрутних і підфакельних спостережень. Це автофургон типу УАЗ, у приладовому відсіку якого – прилади й устаткування для відбору проб на газові домішки (висота – 2,6 м), сажу і пил, газоаналізатори, вимірювальний пульт М-49 (чи М-47) і пульт управління. На даху – датчик швидкості і напрямку вітру, виносна штанга для датчиків температури, вологості й анеморумбометру.

Існують напівавтоматичні переносні прибори-індикатори на SO_2 , H_2S (“Атмосфера-1”), Cl_2 і O_3 (“Атмосфера-2”), які застосовують у випадку аварій.

Умови відбору проб.

При відборі разових проб повітря повинне виконуватися умова

ізокінетичності, тобто швидкість повітря, що пропускається через фільтр, повинна дорівнюватися 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 проби пилу в умовах високої запиленості маса пилу на фільтрі може перевищити його пилоємність, рівну 5 мг/см^2 (200 мг на весь фільтр), тоді варто перейти на циклічний відбір проб.

При негативних температурах для відбору проб повітря підігрівається до 20°C . Один раз на місяць повітряні комунікації очищають від пилу, промивають теплою мильною водою, чистою водою і спиртом, потім просушують.

Сорбційні трубки встановлюють строго вертикально, шаром сорбенту вниз, щоб повітря проходило шар сорбенту знизу нагору. При відборі АП на фторид водню у якості провідника повітря використовують тільки фторопласт. Проби АП на SO_2 , H_2S і SC повинні бути захищені від світла.

Організація хімічного аналізу проб.

Проби повітря, відібрані на постах, доставляють в один з хімічних підрозділів, де здійснюється їхній аналіз. Існує 4 типи хімічних лабораторій [9]: 1) група чи лабораторія спостережень за забрудненням атмосфери - тут проводяться аналізи проб АП, відібраних у цьому ж місті; 2) кушова лабораторія чи група спостережень за забрудненням атмосфери - аналіз проб, які добрані на постах в інших містах і переслані в кушові лабораторії рейсовим транспортом; також тут проводиться хімічний аналіз, що не може бути виконаний у лабораторіях першого типу; 3) централізовані лабораторії науково-дослідних установ - тут проводиться багатокомпонентний (спектральний, хроматографічний і ін.) аналіз на визначену групу речовин (метали, органічні сполуки й ін.), газових проб і аерозольних фільтрів, відібраних у ряді міст; 4) спеціалізовані лабораторії науково-дослідних установ - проводиться детальний аналіз проб АП для визначення вмісту тих речовин, аналіз яких не проводиться мережними лабораторіями.

2.9 Забезпечення вірогідності результатів спостереження

При визначенні концентрації домішки за допомогою ручних методів відбору проб і хімічного аналізу можуть виникнути помилкові результати. Помилки можуть бути виявлені при проведенні інспекцій, при аналізі градуїрувальних графіків, при статистичній обробці результатів спостережень, при критичному контролі.

При відборі проб повітря можуть виникнути причини, що обумовлюють *погрішність* визначення концентрацій домішки $[q] = \text{мг/м}^3$:

1. Погрішність при визначенні *обсягу* (V) *повітря*, що пройшов

через поглинальний прилад.

2. Порушення *часу відбору* проб повітря. Зменшення часу відбору проб АП на 1 хвилину приводить до перекручування результатів вимірів на 5%. При більш значному скороченні часу добору проб знижується чутливість методу і зростає погрішність у визначенні концентрації.

3. Заниження *швидкості аспірації* (відсмоктування пилу), а, отже, обсягу повітря, що проходить через пилові нестандартні фільтри.

4. *Сорбція* (поглинання) чи часткова *десорбція* (процес, зворотний сорбції) визначаємої речовини на поверхні відбірника повітря (особливо SO_2 , C_6H_5OH), якщо використовують гумові шланги. Сорбція приводить до заниження результатів визначаємої концентрації домішки. При нагромадженні сорбованих речовин у відбірнику може відбутися часткова десорбція, і результати вимірів будуть завищені.

5. *Влучення в пробу пилу*, її скупчення у відбірнику і сорбція визначаємих речовин на часточках пилу, що приводить до зменшення концентрації ЗП.

6. Недостатня *герметизація* системи збірника повітря (старіння гуми) чи неправильне приєднання поглинальних приладів, що приводить до підсмоктування повітря з приміщення.

Для запобігання перерахованих вище погрішностей регулярно (не рідше 1 разу на місяць) проводиться *калібрування електроаспіраторів* (перевірка градуїровки ротаметрів).

Будь-які відхилення від необхідного режиму відбору проб повітря заносяться до журналу і враховуються при визначенні концентрацій шкідливих речовин. У якості відбірника повітря варто використовувати трубки тільки з *інертних матеріалів* (скло, фторопласт). Систему забору повітря варто прочищати не рідше 1 разу на місяць. Загальна сума гумових з'єднань у провідниках повітря не повинна перевищувати 10 мм.

Джерелами помилок є також *порушення правил транспортування* і термінів збереження відібраних проб. Відразу після відбору проб поглинальні прилади закривають заглушками. Особливо ретельно – NH_3 і NO_x . Проби на SO_2 повинні охоронятися від улучення світла, при $t > 25^\circ C$ проби SO_2 і SC розміщують у холодильнику чи у термосі, у якому лід.

Великі погрішності у визначенні концентрацій домішки зв'язані з проведенням *хімічного аналізу*. Можна перелічити основні джерела погрішностей: погане настроювання фотоелектрокалориметру чи несправність аналітичних терезів; неправильна побудова градуїрувальних графіків; використання некаліброваного посуду; низький ступінь чистоти використовуваних реактивів, особливо застосовуваних для побудови градуїрувальних графіків; використання некаліброваних поглинальних приладів; хімічний аналіз проби повітря, що має мутне фарбування.

При хімічному аналізі проби, що має мутне фарбування, можливе

завищення концентрації домішки в кілька разів.

Завищення (заниження) результатів виміру шкали стандартних розчинів на 30% при побудові градуїрувального графіка приводить до відповідного заниження (завищення) обумовленої концентрації.

При транспортуванні (збереженні) частина рідини з поглинального приладу може випаруватися. Якщо поглиначі відкалібровані неточно, то при доведенні розчину до вихідного рівня можна внести погрішність у визначення концентрації домішки. Ця помилка може скласти 15-20 % і більш.

Для виключення зазначених погрішностей: перевірка фотоелектрокалориметрів і аналітичних терезів здійснюється не рідкіше 1 разу в півроку, градуїрувальні графіки перевіряються не рідкіше 1 разу в 3 місяці, новий посуд калібрується.

Розроблено і застосовується метод зовнішнього і внутрішнього контролю якості хімічного аналізу проб повітря в хімлабораторії. Порівнюються концентрації, визначені *по контрольних приладах*, з концентраціями, визначеними в лабораторії.

2.10 Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря

Оскільки метеорологічні фактори визначають умови переносу і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, то відбір проб повітря повинний супроводжуватися спостереженнями за основними метеорологічними величинами: напрямком і швидкістю вітру, температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском, станом погоди і поверхні, що підстилає.

Результати спостережень записуються в робочий журнал спостерігача, а оброблені результати – у книжку КЗА-1.

Стан погоди оцінюється візуально і записується в КЗА-1 цифрою коду від 0 до 9:

0 – атмосферних явищ шифру 2-9 немає;

1 – ясно;

2 – імла (блакитний відтінок повітря);

3 – димка (видимість більш 1 км, сіруватий відтінок повітря);

4 – дощ;

5 – мряка;

6 – курна бура;

7 – сніг;

8 – туман;

9 – туман (чи димка) з опадами.

Стан поверхні, що підстилає, у радіусі 100 м від місця спостереження відзначається по градаціях словами:

- суха, що порошить (у принципі може чи не може порошити – відкритий ґрунт і асфальт);
- суха, що не порошить;
- волога;
- мокра;
- зелена трава;
- сніг.

Вимір швидкості і напрямку вітру.

Спостереження проводяться за допомогою метеорологічної станції М-49, а також за допомогою вітромірів, анемометрів, флюгерів, вимпелів і ін. Вимір швидкості (м/с) і напрямку (у градусах, румбах) вітру проводяться три рази – на початку, середині і кінці терміну спостережень (1-я, 11-я і 18-я хвилина терміну спостереження). Щораз записують 10 значень відліку напрямку і швидкості вітру через 10 сек. Потім визначають середнє значення з 10 відліків, а потім – середнє з трьох вимірів.

При відсутності вітру в журналі пишуть для напрямку – „штиль”, а швидкості – 0.

Якщо виміри ведуться за допомогою вітроміру чи ручного анемометру, що кріпляться на відстані 3-4 м від КВП із навітряної сторони на тринозі на висоті 2 м від землі, то анемометри включають по секундоміру на 10 хвилин. Початкові і кінцеві значення показників приладу записують у книжку КЗА-1. Різницю рахунків поділяють на 600 секунд і за графіком чи таблицею приладу визначають швидкість вітру з точністю до 0.1 м/с. Напрямок визначають протягом 2 хвилин по 16 румбах.

Спостереження по М-49 вносять до журналу КЗА-1 з точністю 0,5 м/с і 1°.

Вимір вологості і температури повітря.

У лабораторіях типу ПОСТ вимір температури і вологості здійснюється за допомогою метеостанції М-49. За 10 хвилин до початку спостережень датчики температури і вологості виводяться на штанзі з павільйону на відстань 1,5 м. Вимір виробляється 3 рази наприкінці спостережень. Розраховується середнє значення, а на температуру уводиться виправлення, узятє з паспорту. Результат записують у КЗА-1 з точністю до 0,5°С. Протягом 20 хвилин спостереження проводять по М-49 тричі: на 10, 12, 14 хвилинах.

Якщо немає М-49, то можна використовувати аспіраційний психрометр, що виносять із приміщення узимку за 30 хвилин до виміру, а влітку - за 15 хвилин. Психрометр підвішують на висоті 1,5 м від землі і спостерігають на 14, 18 і 20 хвилинах. Перед виміром змочують батист змоченого термометра. Отримані значення осереджують, уводять виправлення і записують у КЗА-1. Відносну вологість можна визначати по психрометричних таблицях.

При спостереженнях у зимовий час відзначають стан батисту (переохолоджена вода чи лід).

Атмосферний тиск.

Вимірюється на станції «ПОСТ-2» за допомогою спеціального барометра М-67 з точністю до 1 мм рт. ст. або запитується на найближчій метеостанції.

Усі спостереження записуються в робочий журнал спостерігача, у якому перед кожним спостереженням оцінка „вивезені”, „не вивезені” поглинальні прилади в лабораторію для хімічного аналізу. Запис в робочих журналах дозволяє підвищити ефективність контролю якості результатів спостережень.

Усі операції при проведенні ручного відбору проб атмосферного повітря сумісно з метеорологічними спостереженнями зведені у табл. 2.5.

2.11 Проведення підфакельних спостережень

Підфакельні спостереження – вимір концентрацій домішок під віссю факела (смолоскипа) викидів із труб промислових підприємств. Місце розташування крапок відбору проб змінюється в залежності від напрямку смолоскипа. Підфакельні спостереження проводяться для визначення максимальних концентрацій (q_{\max}) ЗР, які створюються при спрямованих викидах від підприємств на той чи інший район, а також розміру зони поширення домішок від даного підприємства. Спостереження проводяться в районі окремо розташованого джерела чи групи викидів джерел як на території міста, так і за його межами. Радіус проведення спостережень не менш 10-15 км. Для перевезення апаратури, джерел постачання, радіостанції необхідна автомашина, що дозволяє одному спостерігачу здійснювати спостереження в декількох крапках з невеликим зсувом у часі. За робочу зміну (8 годин) на 1 машині можна провести спостереження в 8-10 крапках; звичайно в 4-5 крапках по 2 рази на день.

Відбір проб виконується на відстанях 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 і 30 км. На 0,5 км – ЗА від низьких джерел, а на далеких – сумарне ЗА від низьких неорганізованих і високих ДВ. Вимірювання концентрації ЗР проводять у центральних крапках по осі смолоскипа й у крапках ліворуч і праворуч по перпендикуляру. Відстань між крапками залежить від ширини смолоскипа: сектор розширюється від 50 до 300-400 м. При зміні напрямку факелу спостереження переміщуються в зону впливу смолоскипа. При наявності перешкод (водойми, відсутність доріг і т.д.) вибирають інші крапки. Частіше варто проводити спостереження на відстані 10-40 середніх висот труб від ДВ, де існує велика імовірність появи максимуму концентрацій. Спостереження за специфічними домішками: на кожній відстані від ДВ повинні бути не менш 50 вимірів кожної речовини.

Таблиця 2.5 - Порядок виробництва відбору разових проб повітря

№ п/п	Послідовність операцій	Планований час (хвилини) у строки		
		До початку добору проб	У період добору проб	Після добору проб
1	Установити штатив з необхідними приладами (для метеоспостережень і відбору проб повітря поза лабораторіями типу «ПОСТ»)	за 30-15		
2	Висунути штангу з приладами для визначення вологості і температури повітря за межі «ПОСТ» (за 1,5 м від КВП)	за 10		
3	Оцінити стан погоди і поверхні, що підстилає	за 5-10		
4	Провести попереднє визначення швидкості і напрямку вітру	за 5		
5	Вибрати насадки до труби: установити фільтри і поглинальні прилади	за 5-1		
6	Перевірити і включити пилососи, аспіратори, відрегулювати витрату повітря	за 1		
7	Відбір проб повітря		1-20	
8	Вимір атмосферного тиску		на 5-й	
9	Визначити температуру повітря перед аспіратором	за 1-2	на 10-й	через 1-2
10	Зробити вимір швидкості і напрямку вітру		на 1,11,18-й	
11	Вимір температури і вологості по М-49 по психрометру		на 10,12,14-й на 18-20-й	
12	Здійснювати контроль за швидкістю аспірації		постійно	
13	Виключити пилосос і аспіратори			на 1-й
14	Відключити, герметизувати поглинальні прилади і помістити їх у шухляду для транспортування в хімлабораторію			на 1-5-й
15	Закрити штуцера гребінок заглушками			на 2-й
16	Забрати всі прилади і підготуватися до спостережень у наступний термін			на 5-40-й
17	Оформити запис спостережень і заповнити книжку КЗА-1			

Важливо встановити напрям факелу і вибрати точки відбору проб. Напрямок факелу оцінюють візуально. Якщо димова хмара відсутня - по напрямку вітру (за кулепілотними спостереженнями) на висоті викиду, по запаху характерних ШР і за видимими факелами прилеглих ДВ.

Добір проб здійснюється на висоті 1,5 – 3,5 м від поверхні землі за методикою стаціонарного посту. Підфакельні спостереження виконують в терміни вимірів на стаціонарних і маршрутних постах і додатково в інші терміни, щоб вивчити розподіл максимальних концентрацій у різні години доби.

2.12 Збирання і обробка даних хімічного аналізу

Дані про результати регулярних спостережень забруднення атмосфери і метеорологічних параметрів надходять у відповідні підрозділи Міністерство охорони НПС, де проходять контроль і зводяться у *таблиці забруднення атмосфери* (ТЗА). ТЗА - первинна форма збору результатів спостережень за концентрацією домішок і необхідними метеорологічними й 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, котра називається ТЗА-1Д. Таблиця ТЗА-1 містить 8 сторінок (100-120 спостережень на місяць). У неї записують дані спостережень за концентрацією домішок і метеопараметрів, що відповідають термінам добору проб на метеостанції. Якщо спостереження за забрудненням не проводяться, то записуються тільки дані метеорологічних і аерологічних спостережень у відповідний термін, а метеостанції привласнюється номер посади спостережень. У ТЗА-1Д заносять дані спостережень за концентрацією і метеорологічні дані на постах СЕС і інших відомств міста, а також результати спектрального визначення в пробах змісту металів. Після заповнення таблиць і перенесення даних на машинний носій вони зшиваються разом так, щоб дані спостережень за всі терміни були в порядку зростання номерів постів.

Для зручності підготовки даних до машинної обробки на титульному листі ТЗА-1 записуються закодовані значення у виді шестизначних груп відповідно до макета кодування (табл. 2.6) [9].

rr – рік спостережень (дві останні цифри);

MM – місяць;

hhh – висота метеостанції над рівнем моря (в десятках метрів, знак мінус кодується дев'яткою, наприклад, 287 кодується 929);

Таблиця 2.6 - Форма титульної сторінки таблиці ТЗА-1

Таблиця
спостережень за забрудненням атмосферного повітря

Рік _____ Місяць _____ Місто _____ №міста _____
Область (республіка, край) _____
Район _____ Висота метеостанції над рівнем моря _____

II 11 гг	MM hhh P _λ	ффф λλλ
Група I	Група II	Група III

Свідомості про пости

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

P_λ – довгота:

0 – східна довгота ≥ 100°;

1 – східна довгота < 100°;

2 – західна довгота ≥ 100°;

3 – західна довгота < 100°;

ффф λλλ – координати метеостанції (якщо немає - номер міста);

PP – число постів (якщо в продовж місяця воно змінюється, то ставиться найбільше; PP повторюється в кожному заповненому рядку);

RR – загальне число домішок, за якими велось спостереження (найбільше в даному місяці);

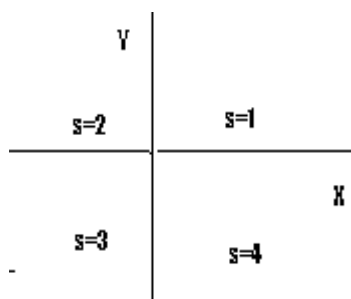
K - признак спостережень:

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:



S=1 - позитивні значення X и Y;

S=2 - негативні X, позитивні Y;

S=3 - негативні X и Y;

S=4 - позитивні X, негативні Y;

XXXX - координати поста (будуються по схемі міста шляхом накладання сітки з кроком 1 км).

Адреса - записується точна адреса поста, не шифрується.

Розгорнені листи ТЗА-1 йдуть після титульної сторінки. На лівій парній сторінці листа пишуть рік, місяць, назву міста, на правій номер поста. Дані кодуються п'ятизначними групами (18 груп). Запис в кожному рядку починається з двох круглих дужок. У графах "Концентрація домішок" ($b_1b_1\dots b_7b_7$) раз в місяць записується назва домішки і її шифр і точність запису.

У графах ($r_1r_1r_1 \dots r_7r_7r_7$) значення концентрації домішки (мг/м^3) записуються трьома цифрами. Точність запису, наприклад, озон $\rightarrow 1 \cdot 10^{-3}$; оксид вуглецю $\rightarrow 1$. Починати записувати домішки треба з основних.

Якщо на посту вимірювань більше семи домішок, то результати спостережень за іншими можна записати в таблицю ТЗА-1Д (табл. 2.7).

Якщо концентрація домішки перевищує їх точність хоч би на порядок, то значення концентрації домішки записується чотирма цифрами, обводять червоним олівцем і кодують цифрами 999.

Над забракованими або сумнівними цифрами ставлять знак - ???.

Таблиця 2.7 - Форма сторінки таблиці ТЗА-1Д
Таблиця ТЗА-1Д

Рік _____ Місяць _____ Місто _____ № поста _____

Дата	Число домішок	Строк відбору проби	Концентрація домішок, мг/м^3			Температура, $^{\circ}\text{C}$	Вітер		Атмосферні явища, шифр	Вологість відносна, %	Парц. тиск водяної пари, гПа
			b_1b_1	..	b_7b_7		Напрям, $d^{\circ}/10$	Швидкість, м/с			
((II	R ₁	GGууу	$r_1r_1r_1$..	$r_7r_7r_7$	$\pm TTT0$	dd	vv	φ	ff	eee
Група 1		Група 2	Група 3			Група 4	Група 5		Група 6		

Метеорологічний блок:

$\pm TTT0$ – температура повітря записується трьома цифрами до десятих часток градуса з вказівкою знака - +11,7;

dd – напрям вітру в десятках градусів;

vv – швидкість вітру записується двома цифрами в м/с;

ϕ - атмосферні явища шифруються однією цифрою;

ff – відносна вологість з точністю до 1% ; якщо ff =100%, то пишеться ЭЭ;

eee – парціальний тиск водяної пари в гПа з точністю до десятих часток.

ТЗА-2 призначена для запису результатів спостережень за ЗА під факелами промислових підприємств на різних відстанях від ДВ. ТЗА-2 складається для одного міста послідовно для всіх підприємств за місяць (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 - Форма сторінки таблиці ТЗА-2
Таблиця ТЗА-2

Рік _____ Місяць _____ Місто _____ № поста _____

Дата	Число домішок	Строк відбору проби	Відстань від джерела	Концентрація домішок, мг/м ³			Температура, °С	Вітер		Атмосферні явища, шифр	Вологість	
				b ₁ b ₁	..	b ₇ b ₇		Напря́м, d°/10	Швидкість, м/с		Відносна, %	Парц. тиск вод. пари, гПа
((II	R ₁	GG	ууу	r ₁ r ₁ r ₁	..	r ₇ r ₇ r ₇	± TTT0	dd	vv	φ	ff	eee
Група 1		Група 2		Група 3			Група 4	Група 5			Група 6	

Відмінності в титульному листі від ТЗА-1:

PP - число підприємств, де проводилися спостереження;

RR - число видів домішок (під факелами всіх підприємств за даний місяць у даному місті);

K – шифрується вид спостережень

K=3 - регулярні підфакельні спостереження;

K=6 - епізодичні спостереження;

NN - шифр типу підприємства.

Усі дані спостережень розташовуються в таблиці в порядку збільшення відстаней від джерела. Назва підприємства і шифр записуються в рядку під усіма графами.

((II - дата;

R₁ - число домішок, за яких проводяться спостереження в даній крапці;

GG - термін добору проб (декретний місцевий час з округленням до години);

ууу – відстань до джерела в сотнях метрів. Підфакельні спостереження проводяться до 50 км.

Концентрації і показання метеорологічних елементів записують

аналогічно ТЗА-1.

ТЗА-3 призначена для запису даних середньодобових спостережень за випаданням і концентрацією пилу й інших газоподібних домішок (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 - Форма сторінки таблиці ТЗА-3

Таблиця ТЗА-3

Рік _____ Місяць _____ Місто _____ № поста _____

Дата	Запиленість		Зольність		Вітер		Атмосфер. явища, шифр	Опади	
	Випадання на планшет г/м ²	Концентрація мг/м ³	Випадання на планшет мг/м ²	Концентрація, мг/м ³	Швидкість, м/с	Переважаючий напрям, d°/10		Кількість, мм	Час випадання шифр

На титульному листі є наступні особливості:

- графа “Зведення про пункт спостережень” - варто вказати особливості розташування поста і його номер;
- графа “Вид спостережень” - метод спостережень;
- графа “Прилад” - указується чим чи куди збирається проба (фільтр, планшет і ін.)

У графі “Дата” записується дата зняття планшету. Якщо зольність більше запиленості, то дані бракуються і записується - ???

Період випадання опадів: 0 - опади не спостерігалися; 1 - у перші 3 години доби; 2 - в останні 3 години доби; 3 - у середині доби; 4 - протягом усієї доби.

Після заповнення таблиці роблять розрахунки і вибірки: середніх і максимальних концентрацій (чи випадань) за всі дні, а також за дні з опадами і без опадів (у тому числі з опадами до 5 мм і більш), за дні зі швидкістю вітру менш 2, від 2 до 5 і більш м/с. Число випадків вище ГДК.

2.13 Організація безперервної реєстрації забруднення атмосфери

Методи дискретного відбору проб повітря для наступного аналізу в хімлабораторії безсумнівно важливі і необхідні в загальній системі спостережень ЗА. Однак, використовуючи трьох- чи чотирьохстрочні спостереження, не можна бути упевненим, що розраховані по них середні добові концентрації є достовірними. Не виключено, що в проміжний термін спостерігалися значно більш високі чи більш низькі концентрації. За даними дискретних спостережень важко встановити зв'язок забруднення з

метеорологічними характеристиками і не можна установити добовий хід концентрації домішки. Тому на мережі моніторингу установлюють газоаналізатори, що подають інформацію про добовий хід концентрації по запису на діаграмній стрічці. Крім того, дані газоаналізаторів необхідні для глибоких наукових пророблень, наприклад, для проведення спектрального аналізу.

Найбільше поширення мають наступні газоаналізатори:

- ГКП-1 - кулонополярнографічний (кулонометричний) газоаналізатор - SO_2 ;
- 667фф- флюоресцентний газоаналізатор - SO_2 ;
- ГМК-3- оптико-акустичний газоаналізатор - CO ;
- 645ХЛ- хемілюмінесцентний газоаналізатор – NO_x ;
- 623ИН- іонізаційний газоаналізатор (вуглеводні);
- 652ХЛ- хемілюмінесцентний газоаналізатор (O_3).

ГКП-1 - кулонополярнографічний (кулонометричний) газоаналізатор являє собою стаціонарний, безупинно діючий реєструючий прилад, що призначений для визначення концентрації SO_2 в атмосферному повітрі в діапазоні від 0 до 10 мг/м³ і від 10 до 100 мг/м³. Погрішність виміру 20%. Час виходу на реальні показання - менш 8 хвилин. На показання приладу впливає наявність у повітрі пилу, сірководню і деяких органічних речовин. У цьому випадку треба користатися спеціальними фільтрами.

ГМК-3 - автоматичний оптико-акустичний газоаналізатор призначений для визначення CO в атмосферному повітрі в діапазоні від 0 до 400 мг/м³. Газоаналізатор має 3 шкали вимірів:

- від 0 до 40 мг/м³ - погрішність $\pm 10\%$;
- від 0 до 80 мг/м³ - погрішність $\pm 5\%$;
- від 0 до 400 мг/м³ - погрішність $\pm 10\%$.

Вихід на показання в межах погрішності - менш 10 хвилин. На показання приладу впливають механічні (0,001 г/м³), агресивні домішки (0,01 г/м³) і CO_2 (6 г/м³), тому використовують фільтри. Найбільший вплив роблять водяні пари, тому є блок попередньої підготовки газу, де вони віддаляються.

Для забезпечення правильної обробки дані реєстрації газоаналізатора записують у робочий журнал, де на титульному аркуші відбивається тип газоаналізатора, заводські номери датчика і самописа, висота забору повітря (звичайно 2 м), місце установки і його характеристика, швидкість проходження діаграмної стрічки (звичайно це 60 мм на годину, стрічка довжиною 144 см). Приклад діаграмної стрічки схематично наведено на рис. 2.2.

У журналі приділяється місце для результатів перевірки: дата і час проведення перевірки, умови перевірки - тиск, температура зовнішня й у місці установки газоаналізатора, відносна вологість, показання

газоаналізатора (до і після корекції), підпис того, хто перевіряє.

На стрічці записується дата її накладення і зняття. Обробка результатів безперервної реєстрації домішки полягає в наступному:

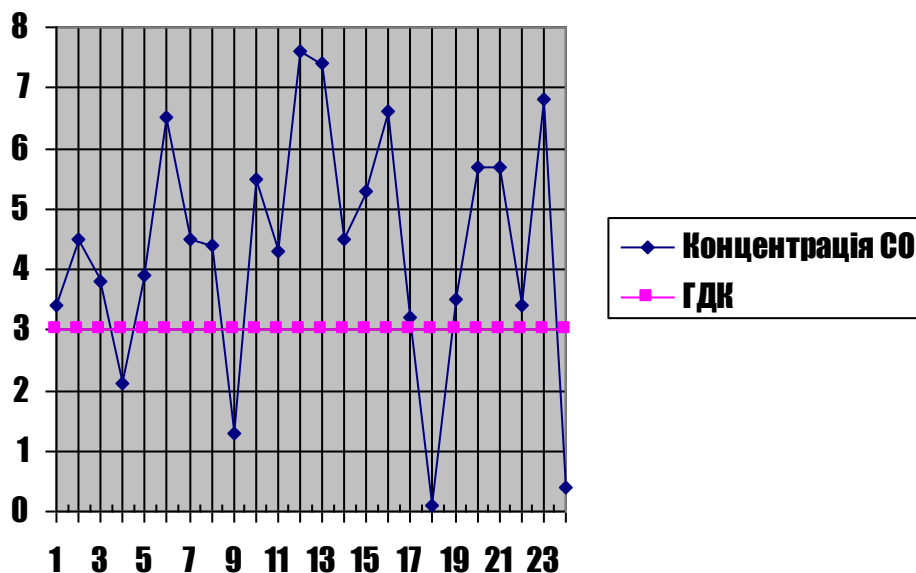


Рис. 2.2 - Стрічка газоаналізатора ГМК-3 (схематично).
По осі абсцис – години, по осі ординат – концентрація ЗР, мг/м³

1. По зарубках проводиться „лінія нуля”, тобто з'єднуються 2 найближчі нульові мітки, що встановлюються рукояткою „Установка нуля” приблизно на розподіл 1-2 мг/м³.

Якщо лінія концентрації перетинається з лінією нуля, то показання нижче цієї лінії бракуються. При обробці з показань, знятих із графіка, віднімаються нульові значення.

2. Розмітка часу: по довжині стрічка вже розбита на 24 годинних інтервалів, однак якщо годинні оцінки в період реєстрації не збігаються з показаннями шкали, то робиться нова розмітка.

3. Визначення концентрацій за кожні 20 хвилин. Осередненні за 20 хвилин значення концентрації знаходять як середнє арифметичне з n показань, розподілених через рівні інтервали часу (не менш 4-х). Значення концентрації записують з точністю до 1 мг/м³ (CO) і 0,01 мг/м³ (SO₂) у середині відповідного 20-хвилинного інтервалу. Вибирають значення за перші двадцятихвилиники кожної години.

4. Визначення максимального значення концентрації. Вибирається максимальна з 20-хвилинних концентрацій, записується на стрічці і підкреслюється червоним олівцем.

5. Визначення часу існування концентрації: $q > ГДК$; $q > 5 ГДК$; $q > 10 ГДК$. Виробляється по крапках, що перетинають лінію відповідного

значення ГДК. Час перевищення ГДК (1, 5, 10) визначають з точністю до 5 хвилин. Якщо таких випадків трохи, то вони сумуються по кожному п'ятихвилинному інтервалу за добу.

Результати обробки стрічки записуються на стрічці й у журнал. Дані безперервної реєстрації забруднення атмосфери по всіх газоаналізаторах міста за місяць зводять у таблицю ТЗА-4 (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 - Форма титульної сторінки таблиці ТЗА-4

ТАБЛИЦЯ
спостережень за забрудненням атмосферного повітря

Рік _____ Місяць _____ Місто _____ № поста _____

Область (республіка, край) _____

Район _____ Висота метеостанції над рівнем моря _____

Домішка _____

II 11 rr	MM hhh P _λ	φφφ λλλ
Група I	Група II	Група III

Шифр домі- шки bb	Кількість газоаналі- заторів RR	K	Координати		kkk	ZZ	Номер поста	Адре са
			S	XXXX				
IV група			V група		VI група			

Відмінності на титульній сторінці ТЗА-4 від ТЗА-1:

bb - шифр домішки;

RR - загальна кількість газоаналізаторів, що працюють протягом місяця;

K - ознака спостережень;

K=5 - газоаналізатори включені в автоматизовані мережі;

K=4 - не включені;

kkk - тип приладу : ГКП - 111, ГМК – 231;

ZZ - висота установки газоаналізатора в метрах

Слідом за титульним йдуть розгорнуті аркуші для запису фактичних даних безперервних спостережень за концентрацією однієї домішки по одному приладу (табл. 2.11). Кількість аркушів ТЗА-4 відповідає кількості газоаналізаторів у місті. Дані містяться в порядку росту номерів постів.

В кожній групі 5 знаків.

Ψ=0 (якщо є дані за всі 20-хвилинні інтервали);

Ψ=1 (запис переривався хоча б на 20 хв.);

rrr- концентрація за всі 24 години доби. Однакові 20-хвилиники (або

всі перші 20-хвилини, або всі другі, або всі треті);

RRR – запис значень концентрацій за добу;

tt – час наступу q_m , у годинах;

ТТТ – тривалість періоду $q > ГДК$ (якщо період перевищення ГДК менш 20 хв., то ставиться знак 999): 3 ч 15 хв. запишемо як 032, округляючи до 10 хв.

Таблиця 2.11 - Форма сторінки таблиці ТЗА-4

Таблиця ТЗА-4

Рік _____ Місяць _____ Місто _____ № поста _____

Домішка _____

Дата	Ознака безпе- рервно- сті	Години доби				Концентрація за добу, мг/м ³				Час наступу q_m	Трива- лість періоду $q > ГДК$
		01	02		24	Σq_d	Число випадків n_d	q_d	q_m		
((II	Ψ	01 rrr; 02 rrr ...				RRR				tt	ТТТ))
Група I		Група II				Група III				Група IV	

За кожну добу виробляються вибірки і розрахунки:

а) за всі дні місяця:

I. Σq_d - сума значень концентрацій за добу;

II. n_d - число 20-хвилинних інтервалів;

III. $\bar{q}_d = \frac{\Sigma q_d}{n_d} (n_d \geq 20)$;

б) за кожну годину місяця:

I. Σq_r - сума значень концентрацій;

II. n_r - число випадків спостережень;

III. $\bar{q}_r = \frac{\Sigma q_r}{n_r} (n_r \geq 20)$;

IV. m_r - число випадків перевищення ГДК;

в) за місяць:

I. Σq - повинно бути $\Sigma q = \Sigma q_r = \Sigma q_d$ - сума концентрацій домішок за місяць (Σ 20-хвилинних значень);

II. N - число випадків концентрацій домішок за місяць
 $N = \Sigma n_r = \Sigma n_d$;

III. M - число випадків перевищення $ГДК_{mp}$. $M = \Sigma m_r$;

IV. \bar{q} - середнє значення концентрації домішки за місяць $q = \frac{\Sigma q}{N}$;

V. q_m – максимальне значення концентрації домішок за місяць (найбільше з графі q_m);

VI. q – повторюваність перевищень $ГДК_{мр.}$ $q = \frac{M}{N} 100\%$;

VII. M_{∂} – число випадків з концентрацією більше $ГДК_{сд}$;

VIII. N_{∂} – число середніх добових концентрацій домішки за місяць;

IX. $q_{m\partial}$ – максимальна середня добова концентрація за місяць;

q_{∂} – повторюваність значень концентрацій вище $ГДК_{сд}$

$$q_{\partial} = \frac{M_{\partial}}{N_{\partial}} 100\%.$$

2.14 Обстеження стану забруднення атмосфери

Мета і види обстеження.

Обстеження стану ЗА в місті чи великому районі організується задля: 1) з'ясування причин високих рівнів концентрації домішок; 2) установлення їхнього несприятливого впливу на здоров'я населення й НС; 3) розробки заходів щодо охорони атмосфери [13].

У залежності від цілей розрізняють три види обстеження:

- *епізодичне* – для орієнтованої оцінки стану ЗА в населеному пункті і при виборі місць для розміщення постів спостереження;
- *комплексне* – для детального вивчення особливостей і причин ВРЗА, його впливу на здоров'я населення й НС у цілому, а також для розробки рекомендацій щодо проведення повітряноохоронних заходів;
- *оперативне* – для виявлення причин різкого погіршення якості повітря (виконується за спеціальною програмою).

На підставі попереднього вивчення матеріалів по обстежуваному місту або району (особливостей кліматичних умов і стану ЗА) складається програма проведення обстеження. По завершенні обстеження виконується узагальнення отриманих даних спостережень, а потім надаються конкретні рекомендації з проведення тих чи інших заходів, спрямованих на зниження РЗ чи робиться висновок про необхідність організації регулярних спостережень.

Інформація, яка необхідна для організації обстеження.

До проведення будь-якого виду обстеження необхідно ознайомитися: із загальною фізико-географічною характеристикою; із кліматичними умовами поширення домішок; основними джерелами ЗА; станом ЗА. На підставі вивчення попередніх зведень складається документ, у якому містяться 4 основних розділи.

1. Фізико-географічна характеристика району з зазначенням особливостей рельєфу місцевості в межах зони радіусом 15-20 км, наявність водних об'єктів, рослинних масивів.

2. Опис особливостей кліматичних умов поширення домішок в атмосфері на основі даних про повторюваність слабких і небезпечних швидкостей вітру, застою повітря, приземних і піднесених інверсій, їхньої потужності й інтенсивності, середніх і максимальних значень коефіцієнта турбулентного обміну, тривалості туманів, інтенсивності опадів і кількості сумарної радіації.

3. Карта-схема, на яку нанесені основні автомагістралі, залізниці і головні джерела викидів; відомості про викиди ШР у стандартних формах. Вони необхідні для того, щоб установити якісний і кількісний склад викидів. Пріоритетний список ШР, зміст яких може перевищити ГДК, складається за відомою методикою по параметру споживання повітря (ПВ)

4. Оцінка стану ЗА міста й окремих житлових районів проводиться за даними спостережень, які виконано до організації обстеження. При наявності даних регулярних спостережень за рік виконується узагальнення результатів спостережень; якщо є лише окремі епізодичні чи підфакельні спостереження в районі джерел забруднення, виконані в різні роки, то ці дані також узагальнюються за період не більш 5 років для одержання основних статистичних характеристик стану забруднення.

Параметри промислових викидів можуть бути використані для розрахунку по ОНД-86 можливих максимальних концентрацій ШР у районі підприємства, тобто вони дозволяють провести орієнтовані оцінки ступеня ЗА при відсутності даних спостережень.

2.14.1 Епізодичне обстеження

Епізодичне обстеження (ЕО) організується при відсутності регулярних спостережень за ЗА. ЕО буває двох видів: у різних точках чи міста на різних відстанях від промислового підприємства під смолоскипом викидів ВВ. ЕО можуть проводитися протягом 3-5 років або тільки протягом одного року. Експедиція в район обстеження направляється один раз у 2-3 місяця і проводить там серію спостережень протягом 10-15 днів з урахуванням необхідності одержання за рік не менш 200 спостережень за концентрацією кожної домішки, незалежно від кількості точок спостережень. Спостереження проводять по одній із програм, рекомендованих для регулярних спостережень, у ті ж терміни. Можуть бути проведені прискорені спостереження (для вивчення добового ходу концентрацій – через кожні 2 год.). Число точок – будь-яке, але не менш 2.

У програмі проведення ЕО вказується: (місто, район) – місце проведення; кількість точок спостережень; терміни спостережень протягом кожного періоду; перелік ШР, які необхідно контролювати; планована загальна кількість спостережень за кожною домішкою в кожній точці. ЕО

може бути обмежено тільки підфакельними спостереженнями в районі одного з основних ДЗА: тоді не менш, ніж у трьох крапках під смолоскипом на відстані 0,5; 1 і 3 км від границі СЗЗ і не менш 50 спостережень за кожною специфічною домішкою.

У випадку проведення обстеження промислового підприємства в програмі указується кількість точок спостережень, їх відстань від підприємства і перелік речовин, що вимірюються при обстеженні.

На підставі виконаних робіт видається довідка про стан ЗА і, при необхідності, рекомендації з організації регулярних спостережень.

2.14.2 Комплексне обстеження

Комплексне обстеження (КО) міста або промислового району організується з метою виділення районів, схильних до впливу певних ДЗА, уточнення розподілу по території міста вмісту основних і деяких специфічних ШР, спостереження за якими раніше не проводилися, уточнення правильності розрахунку полів q_{max} при розробці нормативів ГДВ, особливостей переносу шкідливих викидів на десятки, а іноді і сотні км від джерела і вивчення взаємного впливу окремих промислових центрів на великий промисловий район.

Підготовчі заходи (КО) повинні включати докладний огляд:

- ознайомлення з загальною фізико-географічною характеристикою району;
- ознайомлення з основними ДЗ;
- ознайомлення зі станом ЗА в різних районах міста.

Після огляду складається програма КО, що повинна містити:

1) уточнення характеристик викидів промислових підприємств і автотранспорту (перелік підприємств, що підлягають обстеженню; речовин, викиди яких повинні визначатися й уточнюватися; автомагістралей, для визначення характеристик руху з указівкою періоду обстеження і їхніх частот);

2) вивчення метеорологічного режиму (визначення метеопараметрів, за якими повинні проводитися спостереження; термінів проведення спостережень; зазначення точок спостережень на карті – схемі);

3) визначення програми спостережень; установа кількості стаціонарних постів і додаткових точок спостережень із указівкою їхнього місця розташування на карті – схемі міста, переліку підлягаючих контролю речовин і термінів спостережень, переліку підприємств, у районі яких будуть проведені підфакельні спостереження, із указівкою відстаней і кількості точок спостережень, термінів і речовин, концентрації яких будуть визначатися;

4) збір медико-біологічних відомостей (визначення переліку

показників, місць обстеження і т.п.), який проводиться відповідно до методичних указівок Мінздраву, а також зі спеціальними програмами по вивченню впливу ЗА на стан здоров'я населення. КО повинно проводитися по розширеній програмі, що включає вимірювання в місті і за його межами, а також на різних висотах за містом, щоб оцінити дальність і висоту поширення ШР від міст, їхній вплив на зміну концентрацій у всьому життєдіяльному шарі на території міста або в цілому промислового району.

Існуюча мережа пунктів спостережень приймається за репер (довгий ряд спостережень) і дозволяє виявити відхилення в режимі концентрацій домішок. У період обстеження мережа посад значно розширюється й ущільнюється (1 стаціонарний пост на 0,5-5км²). Пости розташовують на перехрестях вулиць, в узбіч автомагістралей, на різних відстанях від потужних промислових підприємств або майданчиків згідно до переважаючого напрямку вітру, у житлових районах різного типу забудови, у місцях відпочинку населення, на територіях шкіл і дитячих садків, у характерних формах рельєфу (височинах, западинах), у районі метеостанції. Обрані точки повинні розташовуватися по можливості рівномірно по місту на площадках із ґрунтом, що не порохить, на провітрюваних місцях. Доцільно установити 1 стаціонарний пост на відстані 1-3 км від міста з навітряного боку по переважаючому напрямку вітру і на відстані 2-5 км з підвітряного боку.

Рекомендується проводити спостереження на різних рівнях над землею, використовуючи телевізійні щогли і встановлюючи на них газоаналізатори чи прилади для відбору проб повітря, зондуючи вертольотами атмосферу і відбираючи проби повітря.

Розподіл міста на частині слід проводити за геофізичними (ріки, форми рельєфу), адміністративними або виробничими ознаками у залежності від його розмірів і ступеня індустріалізації.

Наприклад, у місті обрано для вивчення 20 постів, п'ять з яких є стаціонарними постами ОГСНКА, тобто реперними. Відповідно до розмірів і розташування промислових об'єктів місто поділяють на частині, у кожній з яких є стаціонарні (реперні) пости і 4-6 додаткових (червень і грудень, липень і січень, серпень і лютий). Якщо обстеження ведеться більш 2 років, то доцільно змінювати місяці, у які проводиться спостереження.

У програмі повинні бути терміни підготовки результатів узагальнення й аналізу інформації.

Комплексне вивчення стану ЗА повинно проводитися спільно декількома організаціями під керівництвом УГМ: санітарно-епідеміологічною службою, спеціалізованими НДІ, підприємствами, установами геолого-ґрунтового профілю (задля оцінки складу ґрунту і відкладень у ній ЗР), медико-біологічного профілю (вплив ЗА на біосферу, рослинність, живі організми і людину).

У програмі повинні бути визначені задачі, які вирішуються кожною організацією. Для координації робіт рішенням місцевих рад може бути створена спеціальна комісія, що зможе розмістити замовлення на виготовлення устаткування, виділити тимчасово приміщення, організувати охорону приладів і установок.

Вимір РЗА, обумовленого викидами автотранспорту.

Проводиться в комплексі з виміром РЗА викидами промислових підприємств, але може проводитися і самостійно.

Оцінка стану ЗА на автомагістралях і в прилягаючій житловій забудові може бути зроблена шляхом визначення основних компонентів вихлопних газів (CO , C_nH_m , NO_x , акролеїна, формальдегіду, сполук Pb) і продуктів їхніх фотохімічних перетворень (O_3 , $ПАН$ і ін.)

Для вивчення особливостей ЗР, які викидаються автотранспортом, організують спеціальні спостереження і визначають: 1) q_{max} – максимальні значення концентрацій основних домішок, що викидаються автотранспортом і періоди їхнього настання при різних метеоумовах і інтенсивності руху транспорту; 2) границі зон і характер розподілу домішок по мірі видалення від автомагістралей; 3) особливості розподілу транспортних потоків по магістралях міста.

Спостереження проводять в усі дні робочого тижня по півгодини, щогодини з 6 до 13 чи з 14 до 21 ч, чергуючи дні з ранковими і вечірніми термінами. У нічний час спостереження проводяться 1-2 рази в тиждень.

Точки спостереження: на міських вулицях у районах з інтенсивним рухом транспорту й у місцях частого гальмування автомобілів (максимальний викид); у місцях скупчення ЗР за рахунок слабого розсіювання (під мостами, шляхопроводами, у тунелях, на вузьких ділянках вулиць і доріг з багатоповерховою забудовою); у зонах перетинання 2-ох і більш вулиць з інтенсивним рухом транспорту.

Місця для розміщення приладів: на тротуарі, на середині розділової смуги, за межами тротуарів – на відстані половини ширини проїжджої частини одностороннього руху. Пункт, найбільш віддалений від автомагістралі, повинний бути не менш чим у 0,5 м від стіни будинку. На вулицях, що перетинають основну автомагістраль, пункти спостереження розміщуються на краях тротуарів і на відстанях, що перевищують ширину магістралі в 0,5; 2 і 3 рази.

У кварталах старої (суцільної) забудови міста пункти спостережень розміщуються у центрі внутріквартального простору.

Інтенсивність руху визначається шляхом обліку числа минаючих транспортних засобів, що поділяються на 5 основних категорій: легкові, вантажні, автобуси, дизельні автомобілі й автобуси, мотоцикли, - щодня протягом 2-3 тижнів у період з 5 – 6 ч до 21 – 23 ч, а на транзитних автомагістралях – протягом доби. Підрахунок кількості транспортних

одиниць – протягом 20 хв. кожної години, а в 2-3 годинні періоди найбільшої інтенсивності руху автотранспорту – кожні 20 хв. Середня швидкість руху транспорту визначається по спідометру автомашини, що рухається в потоці транспортних засобів, на ділянці від 0,5 до 1 км даної автомагістралі. За результатами спостережень визначають середні значення інтенсивності руху автотранспорту протягом доби (або за окремі години) у кожній із точок спостереження [14, 15].

Якщо інтенсивність руху транспорту позначити як P (тис. авто/годину), то концентрація q (мг/м³) оксиду вуглецю має вид

$$q = AP^B e^{-cl}, \quad (2.20)$$

де A – коефіцієнт, що характеризує рівень забруднення на брівці проїзної частини;

P – інтенсивність руху транспорту;

B – коефіцієнт, що характеризує зміну концентрації CO зі зміною інтенсивності руху транспорту;

c – коефіцієнт, що характеризує зменшення концентрації CO з видаленням від краю брівки;

l – відстань від брівки проїзної частини.

Нормування інтенсивності руху транспорту з умовою забезпечення норм ГДК:

$$P = \left(\frac{qe^{cl}}{A} \right)^{1/B}. \quad (2.21)$$

Метеорологічні спостереження: температура повітря і швидкість вітру на рівнях $z_1 = 0,5$ і $z_2 = 1,5$ м. Аналогічні спостереження виконуються на метеостанції за містом. При визначенні O_3 одночасно на метеостанції проводяться спостереження за інтенсивністю прямої і сумарної сонячної радіації, що впливає на швидкість протікання фотохімічних реакцій і утворення O_3 .

Вивчення рівня забруднення повітря в промислових містах.

Включає спостереження в окремих містах цього району, поза населеними пунктами, по радіальних маршрутах за межами міста і промислового району.

Одночасно з ЗА можуть бути проведені спостереження за вмістом ЗР у ґрунті і рослинності, хімічним складом опадів, корозією металевих поверхонь і конструкцій.

Попередньо вибирають опорне місто в тій частині району, що вносить основний вклад у ЗА. Важливо, щоб в опорному місті був ряд спостережень за ЗА (якщо ні, те необхідно організувати мережу) і

зберігався на період вивчення промрайону. У решті міст у період вивчення промрайону повинні бути організовані спостереження за РЗА, як вимагає КО. Програма може виконуватися одночасно у всіх містах району або послідовно, але при збереженні безупинних спостережень в опорному місті.

Організація спостережень РЗА припускає вибір стаціонарних пунктів за межами міста, їхня кількість залежить від розмірів промрайону і відстаней між містами (рис.2.3). Ці пункти розміщують не на магістралях, а у невеликих селищах, де немає великих ДЗ, а також за межами промрайону на відстані до 50 км. Спостереження ведуться по програмі стаціонарних постів, допускається зрушення термінів. Доцільно організувати безупинний добір середньодобових проб.

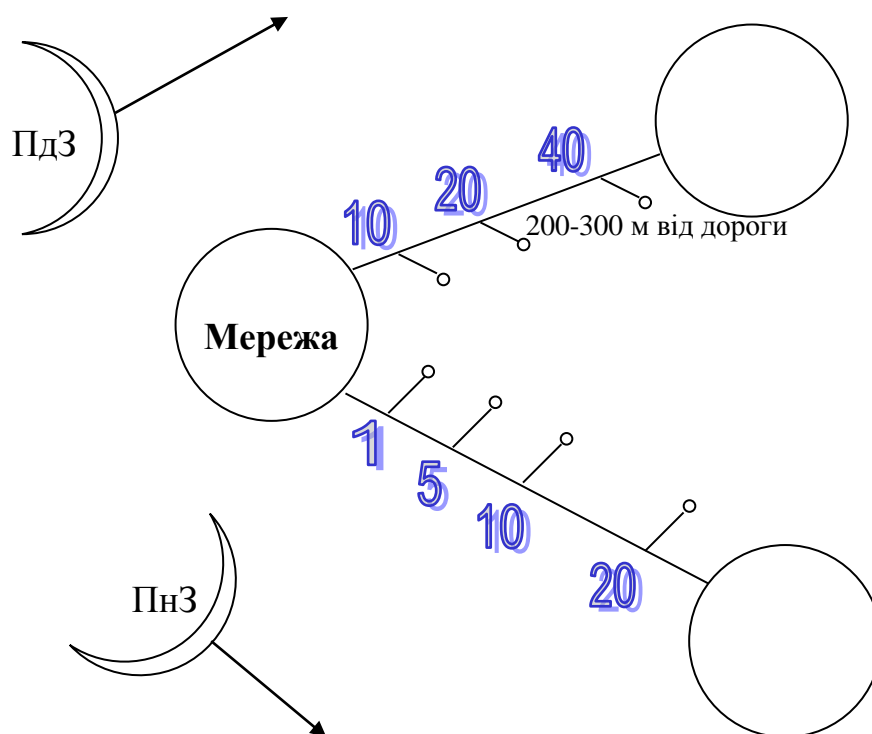


Рис. 2.3 – Схема організації спостережень за рівнем забруднення атмосфери у промисловому районі в залежності від різних напрямків вітру і відстаней (км) між містами
ПнЗ – північно-західний, ПдЗ – південно-західний напрям

Для вивчення РЗА, обумовленого впливом ДЗ окремих міст промислового району, використовується система трудомістких дорогих радіальних маршрутів, як би підфакельні спостереження, де ДЗ – ціле місто.

Автомашина з устаткуванням пересувається від одного міста до іншого, по напрямку вітру з зупинками для відбору проб на 1, 5, 10, 20 км і далі через 20 км від адміністративної риси від одного міста до іншого. Одночасно відбори проб проводять у місті, від якого починаються радіальні

маршрути. Для одержання статистично обґрунтованих результатів, рейси повинні повторюватися по тому самому маршруті не менш 10 разів із проведенням не менш 50 вимірів у кожній точці. При радіальних маршрутах смолоскип ЗР може не збігатися з напрямком найближчої автомагістралі. Тоді доцільно припинити спостереження по маршруту і провести спостереження за іншими підвітряними маршрутами, що зв'язують інші міста. Добір проб повинний бути не на автомагістралі, а на відстані 200-300 м від її, і дуже ретельно.

2.15 Біомоніторинг забруднення атмосфери і ґрунту за допомогою рослин

Сьогодні неможливо планувати і реалізувати подальший розвиток промисловості і сільського господарства без обліку наявного і прогнозованого забруднення атмосфери, природних вод, ґрунтів і його впливу на здоров'я і добробут людини, а також на стан тварин і рослин і екологічних систем у цілому.

У зв'язку з цим особливого значення набуває факт наявності інформації про рівні забруднення НПС і характеру й інтенсивності відповідної реакції біологічних об'єктів на вплив цих забруднень. Ця інформація може бути отримана в тому числі і за допомогою визначених видів вищих і нижчих рослин, тобто методом біоіндикації.

Основні положення щодо принципів проведення біомоніторингу атмосфери і ґрунтів за допомогою рослин наведені у роботах У. Дж. Мэннинг, У.А. Федер (1985), Н.К. Христофорової (1989) та ін.

Відомо, що вищі і нижчі рослини можуть використовуватися в якості біоіндикаторів забруднення в двох випадках:

а) якщо вони *накопичують* у своїх тканинах забруднювальні речовини (ЗР) у набагато більш високих концентраціях, чим відповідні концентрації в геофізичних середовищах;

б) якщо їхня *чутливість* до впливу визначених ЗР різко відрізняється від чутливості інших рослин.

У силу цих здібностей деяких рослин перспективно одержувати оперативну інформацію про високі рівні забруднення, коли визначення показників відповідної реакції рослин не представляє праці (наприклад, по ушкодженню листів).

У випадку впливу високої концентрації ЗР протягом короткого періоду часу можливо 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 відносяться бронзове фарбування листів, хлороз і їхнє передчасне старіння.

У природі часто зустрічається як хронічне, так і гостре ушкодження тої самої рослини. Ознаки ушкоджень рослин виявлені й описані в рослин, які вирощені у природних умовах при відомих концентраціях ЗР. Потім ці ознаки були підтверджені в лабораторних умовах по рослинах, що піддавалися дії тих самих ЗР.

Рослина-індикатор – це така рослина, у якої ознаки ушкодження з'являються при впливі на неї фітотоксичної концентрації однієї ЗР чи суміші таких речовин.

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. У результаті впливу в рослин може змінитися швидкість росту і дозрівання, виникнути погіршення цвітіння, утворення плодів і насіння, змінитися процес розмноження (у репродуктивному циклі) і в кінцевому рахунку знизитися врожайність і продуктивність. Любий або всі ці параметри разом можна використовувати для визначення наявності ЗР у навколишньому повітрі або ґрунті.

Основні ЗР, що діють на рослину через повітря. Ушкодження рослин-індикаторів різними ЗР систематизовані в табл. 2.12.

Фотохімічні оксиданти - речовини, для початку реакції спонтанного утворення і взаємодії яких необхідне сонячне світло. До них відносяться: озон, пероксіацетилнітрат (ПАН) і оксиди азоту (NO_2 , NO , N_2O і т. ін.). Озон попадає 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 (NO_x). Для сильного ушкодження рослини оксидами азоту необхідна більш висока концентрація NO_x ; часто його вміст у повітрі не досить для гострого ушкодження. Низькі концентрації NO_x навіть стимулюють ріст рослин, а їхня зелень стає більш темною.

Двооксид сірки (SO_2) попадає в рослину й окислюється до високотоксичного сульфату SO_3 , а потім повільно в менш токсичний сульфат SO_4 . У результаті дії SO_2 на широколистові рослини їхній листи знебарвлюються між жилками (ефект „ялинки”).

Таблиця 2.12 - Ушкодження рослин від різних шкідливих речовин

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

Другорядні забруднювальні речовини: фториди (джерело - плавильні заводи й ін. підприємства), аміак (аварії на виробництві, з трубопроводів), бор (джерело - виробництво скловолокна, печей і рефрижераторів), хлор (джерело - целюлозно-паперове виробництво, використовується як окислювач, аварії при транспортуванні), етилен і пропілен (містяться у вихлопах автотранспорту, є природним рослинним гормоном, що утворюється при ушкодженні рослин іншими забруднювальними речовинами), соляна кислота.

Тверді частки і важкі метали. Вони можуть осідати на рослини, засмічувати і проникати в устячка, негативно впливати на запилення квітів, розмір і стан листів, через вплив на *pH* ґрунту, впливати на склад лісових насаджень. Найчастіше ВМ зустрічаються у виді твердих часток, адсорбованих на інших частках, або у виді солей. З атмосфери вони осідають на рослини чи ґрунт. Існують суперечки про те, чи поглинаються ВМ листами рослин чи вони поглинаються коренями і відкладаються в них чи переносяться нагору до листів і плодів. 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. Потужність антропогенного надходження $2 \cdot 10^4$ т/рік - згоряння етилірованого бензину, інших видів палива, виробництво фарб, інсектициди, оранка земель ($1,6 \cdot 10^4$ т/рік). При виплавці 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг *Pb*. Гумусовий шар ґрунту добре адсорбує *Pb*, тому поверхневий шар багатіше *Pb*, але в еродованих ґрунтах існує транзит зверху вниз. *Pb* накопичується в ґрунті і локалізується в пухирцях диктиосом і відкладається в клітинній оболонці.

Ртуть - єдиний ВМ, що знаходиться в рідкому стані при нормальній температурі, один із самих небезпечних канцерогенів. Природне джерело - вивітрювання гірських порід - 800 т *Hg*. Нормально розвинуті ґрунти мають високу сорбційну здатність, і вимивання *Hg* з них незначне. Випар *Hg* з ґрунту зменшується зі збільшенням вологості ґрунту, кислотності ґрунту і зі зменшенням гумусу. *Hg* негативно впливає на багато рослин, особливо на троянди. На їхніх листах з'являються бурі плями, листи жовтіють, а потім опадають. Молоді бутони буріють і опадають. Пелюстки в'януть, буріють, тичинки при цьому можуть загинути.

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 плавлі руд

і внесенні добрив). Максимальна адсорбція *Cd* відбувається в ґрунті з більшою ємністю поглинання, значним вмістом гумусу, високим показником *pH*.

Цинк - Zn (відходи металургійного виробництва) більш мобільні, чим свинець і кадмій. Висока міграція в еродованих ґрунтах в умовах підвищеної вологості. По наявним даним, *Zn*, *Cd* і *Cu* викликають міжжилавий хлороз з наступним почервонінням і пожовтінням листів дерев поблизу джерела в середині літа.

Виявлення ВМ в ґрунті і тканинах рослин можливо за допомогою таких методів, як атомно-адсорбційна спектрофотометрія, рентгенофлуоресцентний аналіз і ін.

Для цілей біомоніторингу ВМ використовують в основному мохи і лишайники, що абсорбують важкі метали з повітря й атмосферних опадів (оскільки в лишайників немає кореневої системи). Мохи є кращими індикаторами. Для Швеції, Фінляндії, Норвегії складені карти, що показують регіональні розходження у випаданні *Cd*, *Cu*, *Fe*, *Hg*, *Ni*, *Pb* і *Zn* з атмосфери за результатами аналізу мохів. Концентрація *Pb* у мохах збільшується при випаданні атмосферних опадів, зменшується зі збільшенням відстані від доріг і міст. Різні види мохів по-різному реагують на вміст того чи іншого ВМ. Сфагновий мох добре абсорбує *Cd*, *Pb* і *Zn*, інші види - накопичують *Hg*. Бородатий мох (узбережжя Мексиканської затоки) є активним акумулятором *Pb*.

Яким образом рослина-індикатор перетворити в рослину-монітор?

Прилад для виміру озону може коштувати більш 5 \$ тис. До нього треба енергоживлення, постійне калібрування, інспекція. Пробовідбірники для збору твердих часток ВМ коштують чимало, тим більше ціла мережа моніторингу. Ці прилади дуже чуттєві і не пристосовані для роботи в суворих кліматичних умовах.

Рослина недорога, легко відтворюється, швидко розмножується і по-різному реагує на впливи ЗР. Можна вибрати недовговічні трав'янисті чи деревинні рослини і висадити їх на потрібних ділянках. Деревя будуть рости і довго бути індикаторами без особливого догляду.

Існує 3 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) вимірити кількість ЗР або зв'язаного з нею метаболіту, що з'являється в рослинних тканинах після впливу цієї речовини, і співвіднести отримане значення з концентрацією ЗР в повітрі і ґрунті.

Унаслідок властивим рослинам генетичної мінливості різні види і сорти по-різному реагують на вплив ЗР, тому варто вибирати ті, котрі дають визначену реакцію на вплив даної ЗР. Тут необхідне використання

природних популяцій плюс селекція нових сортів, придатних для моніторингу. 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”. На це ідуть роки (наприклад, визначений сорт моху - важкі метали, тютюн – O_3).

Ступінь поразки листів трав'янистих рослин (боби, тютюн) звичайно вимірюють візуально шляхом визначення площі (у %) ураженої листовій поверхні (табл. 2.13). Квасоля можна використовувати до появи трилопатевих листів 3-го порядку.

Таблиця 2.13 - Система оцінки відповідної реакції садової квасолі на вплив озоном (У.Дж. Мэннинг, У.А. Федер, 1985)

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

Приклад: первинні листи

Дні від висіву	Індекс ступеня ушкодження	Число ушкоджених листів, %
7	0	0
11	1	15
15	2	40 (+25)
20	4	80 (+40)

Виявлення ВМ в ґрунті і тканинах рослин можливо за допомогою таких методів, як атомно-адсорбційна спектрофотометрія, рентгенофлуоресцентний аналіз і ін.

Сумарні підрахунки можна проводити через кожні 3-5 днів.

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

Можна відповідну реакцію визначати по *показниках росту і продуктивності*: швидкість росту, площа листової поверхні, число листів, дата формування бруньки, дата початку цвітіння, співвідношення числа бруньок і квіток, квіток і плодів, кількість насін'я на плід, співвідношення втеч і коренів, загальний вихід (чи біомаса).

Для *дерев*: число гілок, довжина, діаметр гілки, діаметр стовбура в даній крапці над рівнем землі, швидкість росту стовбура, розмір листів чи

хвої і/чи поверхні, число плодів чи шишок, число насіннь.

Якщо рівень забруднення визначається по поглинанню ЗР, то варто вимірювати або кількість ЗР, або кількість метаболіту ЗР. Можна вивести рівняння співвідношення рівня ЗР у тканинах і НПС.

Рослини - живі колектори (мохи, лишайники) акумулюють у тканинах ВМ. Шляхом збору рослин, висушування, зважування і хімічного аналізу можна підрахувати кількість поглиненого важкого металу. Лишайники часто використовують для визначення рівня SO_2 . Змінюючи проміжки збору, чи виносу сіток здорових екземплярів лишайників, можна вивести співвідношення між вмістом поглиненої ЗР тканинами і концентрацією ЗР в навколишньому середовищі.

На підставі вищевикладеного можна сказати, що такі рослини, як мохи, лишайники, покрито- і голонасінні, а також гриби, можна використовувати в якості біомоніторів, тобто для одержання кількісної оцінки ЗР у природному середовищі.

Питання для самоконтролю

1. Які існують програми та строки спостережень ЗА?
2. Як визначити перелік ЗР, що належить контролювати в атмосфері?
3. У чому полягає сутність метеорологічних спостережень на них пунктах вимірювання концентрацій інгредієнтів?
4. Як проводять підфакельні спостереження?
5. У чому полягає сутність проведення безперервних спостережень ЗА?
6. Що таке обстеження стану ЗА?
7. Як складають таблиці ЗА для автоматизованої обробки результатів спостережень за якістю атмосфери?
8. Які існують категорії постів ЗА?
9. У чому сутність методики відбору проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу?
10. Як виконуються епізодійні обстеження ЗА?
11. Що характеризують класи небезпеки ЗР атмосфери?
12. Яка потрібна кількість постів спостережень та їх розміщення?
13. Як виробляється комплексне обстеження атмосферного повітря?
14. Як визначити період та мінімальну кількість спостережень ЗА?
15. Як проводиться моніторинг забруднення НПС за допомогою рослин?
16. Що означає рослина-індикатор і рослина-монітор?

3 МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ

3.1 Загальні відомості про водні ресурси та показники їх техногенного забруднення

Водні ресурси - це всі природні води Землі, які представлені водами річок, озер, водосховищ, боліт, льодовиків, підземних горизонтів, океанів і морів. Найбільш цінними водними ресурсами є запаси прісних вод, які складаються з статичних (м^3 , км^3) і з безперервно відновлюваних водних ресурсів ($\text{км}^3/\text{рік}$ і т.д.).

Усі галузі господарства по відношенню до водних ресурсів поділяються на водоспоживачів і водокористувачів. *Водоспоживачі* забирають воду, використовують її для виробки промислової та сільськогосподарської продукції або побутових потреб населення, а потім повертають у водний об'єкт, але вже в іншому місці, в меншій кількості і з іншими якісними характеристиками. *Водокористувачі* використовують воду як середовище (водний транспорт, риболовство і т.д.) або як джерело енергії (ГЕС), але можуть змінювати *якість води* (наприклад, водний транспорт), гідрологічний режим (наприклад, ГЕС) і т.д. Оскільки важко провести чітку межу між водоспоживанням і водокористуванням, то у “Водному кодексі України” (1995) залишилося одне поняття “*водокористування*” – використання вод (водних об'єктів) для задоволення потреб населення і галузей економіки. Використання води в залежності від цілей можна підрозділити на господарсько-питне, комунальне, сільськогосподарське, промислове, транспортне і т.д. Наприклад, у 1990 р. у колишньому СРСР на потреби сільського господарства витрачалося 52%, на промислові - 39%, на комунальні - 9% від загального водоспоживання; схожа структура водоспоживання характерна для США, Франції і інших країн.

За даними “Національної доповіді про стан навколишнього середовища в Україні у 2000 році”, найбільшими споживачами води були промисловість – 5989 млн. м^3 , сільське господарство – 2976 млн. м^3 та житлово-комунальне господарство – 3112 млн. м^3 . В 2000 р. скид ЗР у водні об'єкти становив 3025,4 тис. т.

Запаси водних ресурсів в Україні на одного жителя становлять 1,7 тис. м^3 на рік, що ставить її поряд з найменш забезпеченими водою країнами Європи [16].

У природних умовах хімічний склад води регулюється природними процесами. Тільки в рідких випадках на невеликих ділянках можуть спостерігатися аномальні концентрації деяких мікроелементів. У минулому кількість стічних вод (СВ) була невеликою, вони багато разів розбавлялися і відбувався процес самоочищення води.

Антропогенна зміна хімічного складу вод обумовлена надходженням великої кількості недостатньо очищених зворотних вод (у т.ч. промислових, сільськогосподарських і комунально-побутових стоків). Вони зменшують у поверхневих водах кількість розчиненого кисню, змінюють умови розкладання органічних речовин, збільшують концентрацію азоту, фосфору, деяких металів, хлорорганічних сполук та ін., що в остаточному підсумку погіршує якість води.

Під *якістю води* слід розуміти характеристику хімічного складу та фізичних властивостей води, яку визначають за комплексом показників (іонний склад, загальна мінералізація, жорсткість, лужність, вміст заліза та інших ЗР, а також кольоровість, запах, смак та ін.). Проблема якості води торкнулася всіх розвинених країн, у зв'язку з забрудненням, засміченням і виснаженням поверхневих вод.

Під *виснаженням вод* мається на увазі скорочення кількості води у водному об'єкті, що носить сталий характер.

Під *засміченням вод* мається на увазі надходження у водні об'єкти нерозчинних предметів (наприклад, деревини, металобрухту, шлаку, будівельного сміття та ін.).

Забруднення природних вод - це процес зміни їх фізичних, хімічних і біологічних властивостей, що може зробити шкідливий вплив на людину та інші живі організми, а також обмежити 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 і стають частково або повністю непридатними для одного з видів водокористування.

Домішки водного середовища поділяють на:

- мінеральні (пісок, глина, шлак, зола, розчини і емульсії солей, кислот і лугів, масла, радіоактивні сполуки);
- органічні (рослинного і тваринного походження, а також смоли, феноли, барвники, альдегіди, сірко- та хлорутримуючі речовини і т.д.);
- біологічні (хвороботворні бактерії, віруси, збудники інфекцій).

Неочищені і частково очищені СВ, що надходять до водних об'єктів, призводять до змінення фізико-хімічних властивостей та їх забруднення. У забруднених водних об'єктах відбуваються складні процеси, які приводять до відновлення природного стану їх режиму. Сукупність гідродинамічних, біологічних, хімічних і фізичних процесів, які приводять до зниження концентрації ЗР у воді, називається *самоочищенням*.

Згідно вимог природоохоронного законодавства, заборонене скидання у водні об'єкти: нафтопродуктів (НП), баластних, л'яльних вод плавучих засобів водного транспорту; неочищених і недостатньо очищених СВ, які можна усунути шляхом раціональної технології, максимального використання в системах оборотного водопостачання або

пристрою безстічних виробництв; СВ, що містять цінні відходи, які можуть бути утилізовані; СВ, що містять промислову сировину, реагенти, полу продукти і кінцеві продукти в кількостях, що перевищують нормативи технологічних втрат; СВ, що містять ЗР, для яких не встановлені ГДК; СВ, які з урахуванням їх складу і місцевих умов можуть бути використані для зрошування в сільському господарстві при дотриманні санітарних вимог.

Розрізняють 3 види забруднення поверхневих вод суші: біологічне, хімічне і фізичне.

Біологічне забруднення створюється мікроорганізмами (в тому числі хвороботворними), а також органічними речовинами, здатними до бродіння. Головне джерело біологічного забруднення поверхневих вод суші та прибережних морських вод: каналізаційний скид, харчові відходи, стічні води підприємств харчової промисловості (бойні, м'ясокомбінати, молочні, сироварні, цукрові заводи і ін.), целюлозно-паперової та хімічної промисловості, а в сільській місцевості - стоки великих тваринницьких комплексів. Біологічне забруднення може стати причиною епідемій холери, черевного тифу, паратифу та інших кишкових інфекцій, а також деяких вірусних захворювань (гепатит). Найбільш оптимальним санітарно-показовим мікроорганізмом води є кишкова паличка (*Escherichia coli*). З одного боку, вона - постійний мешканець кишечника людини, а з іншого - забруднення вод бактеріями кишкової групи знаходиться в тісному зв'язку з надходженням фекалій, господарсько-побутових стічних вод і т.д., а відповідно і з наявністю патогенних бактерій. Ступінь біологічного забруднення характеризується такими показниками: *колі-тітр* – це найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку, а *колі-індекс* – це абсолютна кількість кишкових паличок в 1 дм³ води. Якщо вода очищена до значення колі-тітру 300 чи колі-індексу 3, вона є нешкідливою і не викликає ніяких епідемічних захворювань (ГОСТ 2874-82). Крім того, використовуються додаткові санітарно-показові організми: протей (мікроб гниття), термофільні (до 80°C) мікроорганізми, бактеріофаги, гідробіологічні одноклітинні і багатоклітинні організми.

З 01.01.2000 р. в Україні діють нові санітарні правила і норми (СанПіН) “Вода питна. Гігієнічні вимоги господарсько-питного водопостачання”. Підставою для розробки цих санітарних правил і норм стали ГОСТ 2874-82, проаналізовані міжнародні підходи до нормування окремих показників якості питної води і, частково, рекомендаційні документи ВОЗ (призначені, насамперед, для країн, що розвиваються, що тільки облаштовують свої системи централізованого господарсько-питного водопостачання). 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.

Біохімічне споживання кисню (БСК) - показник забруднення вод органічними речовинами; показує яку кількість кисню потрібно мікроорганізмам для переробки усієї схильної до розкладання органічної речовини у неорганічні сполучення протягом декількох діб (наприклад, протягом 5 діб – $БСК_5$; за вимогами Держстандарту $БСК_5$ для питної води не повинне перевищувати 3 мг O_2 на 1 $дм^3$ води). Вміст розчиненого кисню - обернено пропорційний $БСК$ (питна вода повинна містити в собі більше 4 мг розчиненого O_2 на 1 $дм^3$).

Хімічне споживання кисню (ХСК) – кількість 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. (за винятком N), якщо вони є в органічній речовині, окислюються до CO_2, H_2O, SO_4, P_2O_5 , а N перетворюється до амонійної солі. Ці реакції ще називають біхроматним окислюванням. $ХСК$ питної води не повинен перевищувати 15 мг $O_2/дм^3$.

Хімічне забруднення створюється надходженням до поверхневих вод різних токсичних речовин, основними джерелами яких є доменне і сталеливарне виробництва, підприємства кольорової металургії, гірничодобувна, хімічна і нафтопереробна промисловості, а також екстенсивне сільське господарство (яке використовує додаткові мінеральні та людські ресурси, але не можливості технічного прогресу). Крім прямих скидів стічних вод необхідно враховувати також можливість забруднення поверхневих вод під час взаємодії з іншими природними середовищами (атмосферою, педосферою та літосферою). Інтенсивно забруднюють поверхневі води целюлозно-паперова і нафтопереробна промисловості, у стічних водах яких містяться нафтопродукти, феноли, складні органічні сполуки, хлор, кольорові метали та ін. Наявність НП у водах знижує здатність водних об'єктів до самоочищення. НП розкладаються не скоріше, ніж за 100-150 днів і призводять до порушення природних біологічних процесів у водному середовищі. У останні роки поверхневі води країн колишнього СРСР у 80% випадків спостережень виявились забрудненими НП, у 60% - фенолами і 40% - важкими металами. У поверхневі води суші надходить багато нітратів через нераціональне використання азотних добрив і збільшення викидів автотранспорту; це стосується і фосфатів (добрива, миючі засоби), вуглеводнів (нафта і продукти її переробки). Одним із небезпечних ЗР є *синтетичні поверхнево-активні речовини* (СПАР), які широко використовуються у побуті для збільшення змочування, піноутворювання. Застосування синтетичних миючих засобів (детергентів) призвело до значного збільшення вмісту фосфатів у річках США і, як наслідок - до інтенсивного розвитку водної рослинності, цвітіння річок, зниження вмісту водорозчинного кисню, паралізації діяльності мікроорганізмів.

Фізичне забруднення поверхневих вод створюється скидом у них тепла і радіоактивних речовин. Теплове забруднення пов'язане, головним чином, з тим, що вода, яка використовується задля охолоджень ТЕС та АЕС, і відповідно близько 1/3 і 1/2 електроенергії, яка виробляється, скидаються в ту ж водойму. Внесок у теплове забруднення додають також і деякі промислові підприємства. Так, з початку ХХ-го сторіччя вода у р. Сені потеплішала більш ніж на 5°C, а багато річок Франції перестали замерзати узимку. У межах Москви на Москва-річці тепер рідко можна побачити льодинки, а на притоках в районі скидів ТЕЦ спостерігались ополонки з зимуючими на них качками. На деяких річках промислового сходу США іще наприкінці 60-х років ХХ-го сторіччя вода нагрівалася до 38-48°C.

Забруднювальні речовини у водні об'єкти надходять такими шляхами: із стічними водами населених пунктів, міст, промислових і сільськогосподарських підприємств; з дощами і талими водами в результаті змиву з поверхні ґрунту побутового бруду, нафтопродуктів, добрив, отрутохімікатів та інших речовин; від водного транспорту і споруд на берегах; безпосередньо з атмосферними опадами, в яких містяться розчинені забруднення від викидів в атмосферу.

За походженням *стічні води* поділяються на декілька груп: 1) *господарсько-побутові*; 2) *промислові*; 3) *поверхневий стік* підприємств і населених пунктів; 4) *сільськогосподарські*; 5) *рудникові і шахтні води*. Кожна група має свій специфічний склад, в якому переважає певна асоціація ЗР [17].

Концентрація ЗР залежить від норми скиду в даному населеному пункті і визначається з виразу:

$$C = a / (n \cdot 1000), \quad (3.1)$$

де a - норма забруднення, г/д на 1 мешканця; n - питома норма скиду, л/д на 1 жителя [18].

3.2 Оцінка якості вод

Вміст ЗР у воді регламентується санітарними нормами і правилами та рибогосподарськими вимогами і вимірюється концентрацією в мг/дм³. Характеристикою небезпечності речовини для людини і живих організмів є гранично допустима концентрація (*ГДК*) і *клас шкідливості* (I – надзвичайно шкідливі, II – дуже шкідливі, III – шкідливі, IV – помірно шкідливі). *ГДК* – максимальна концентрація, при якій речовина не впливає безпосередньо або опосередковано на стан здоров'я населення (при дії на організм продовж всього життя) і не погіршує санітарно-гігієнічні умови водокористування.

Всі речовини по характеру свого негативного впливу поділяють на групи. Кожна група поєднує речовини однакової ознаки дії, котра зветься признаком шкідливості. Одна і та ж сама речовина при різних концентраціях може з'являти різні ознаки шкідливості. Ознака шкідливості, яка з'являється при найменшій концентрації речовини, є *лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ)*.

ГДК встановлюється за *лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ)*. Для водних об'єктів комунально-побутового і господарсько-питного призначення встановлено такі *ЛОШ*: санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична. Для водних об'єктів рибогосподарського водокористування, крім означених, визначають ще дві *ЛОШ* – токсикологічна і рибогосподарська. Таким чином, *ГДК* – це мінімальна концентрація ЗР, при якій проявляється одна з *ЛОШ*. При розрахунках необхідного ступеня очистки СВ від ЗР враховують їх адитивну дію. Для речовин тієї ж *ЛОШ* повинно дотримуватись співвідношення:

$$\sum_{i=1}^n \Sigma (C_i / ГДК_i) \leq 1, \quad (3.2)$$

де C_i та $ГДК_i$ – відповідно концентрація i -ої речовини в очищених стічних водах і її *ГДК*, мг/дм³.

Методична схема гігієнічних *ГДК* передбачає вивчення впливу ЗР по трьох ознаках шкідливості: *санітарно-токсикологічний* (чутливість живих організмів до дії токсичних речовин), *органолептичний* (смак, колір, запах) і *загальносанітарний* (інтенсивність *БСК*, процесів мінералізації речовин, що одержать азот, розвитку і відмирання сапробної мікрофлори, тобто інтенсивність процесів самоочищення вод). Гігієнічні *ГДК* не призначаються для захисту екологічного благополуччя водного об'єкту, їхня задача складається в забезпеченні безпечних умов водокористування для людини. Вони використовуються лише для тих водойм, що призначені для господарсько-питного і комунально-побутового водокористування.

Поява нових джерел забруднення і розширення їхньої географії привела до необхідності розглядати обмеження шкідливих впливів не тільки з погляду безпеки людини, але і з погляду безпеки водних ЕС. З'явилася самостійна система рибогосподарських *ГДК*, спрямованих на охорону водних об'єктів, як бази для організації рибальства і рибництва. Додатковими *ЛОШ* вводяться *токсикологічний* (чутливість різних видів гідробіонтів до дії токсичних речовин) і *рибогосподарський* (утрата товарної якості рибної продукції через накопичення в ній неприпустимих кількостей ШР).

Розроблені слідом за гігієнічними *ГДК* рибогосподарські нормативи з'явилися логічним доповненням до водного санітарного законодавства.

“Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами” і “Правила санітарної охорони морів” містять ГДК шкідливих речовин для водних об'єктів як для господарсько-питного, так і для рибогосподарського призначення.

По гігієнічних нормах якість вод повинна відповідати нормативам у створі, розташованому на водостоках на відстані 1 км вище кордону найближчого району водокористування, а на непроточних озерах та водоймищах – в одному кілометрі з обох сторін від кордонів району водокористування.

При надходженні у водний об'єкт декількох речовин з однакою *ЛОШ* 1 і 2 класів небезпеки і з урахуванням домішок, що скидаються вище, сума відносин концентрацій цих речовин у водному об'єкті (на контрольній відстані) до відповідних ГДК не повинна перевищувати одиниці:

$$\sum_{i=1}^n (C_i / ГДК_i) \leq 1, \quad (3.3)$$

де C_i - концентрація i -тої речовини;

n - кількість речовин з однакою *ЛОШ* 1 чи 2 класів небезпеки.

Концентрація інших речовин (без *ЛОШ* або з однакою *ЛОШ* 3 чи 4 класів небезпеки) у водному середовищі не повинна перевищувати ГДК:

$$C_i \leq ГДК_i. \quad (3.4)$$

По рибогосподарських нормах склад і властивості води повинні задовольняти вимогам нормативів або безпосередньо в місці випуску стічних вод, або в створі, визначеному органами рибоохорони не далі, чим у 500 м від місця випуску.

При надходженні речовин одного *ЛОШ* (незалежно від класу небезпеки і з урахуванням скидів вище контрольного створу) сума відносин концентрацій цих речовин у водному об'єкті (на контрольній відстані) до відповідних ГДК не повинна перевищувати одиниці:

$$\sum_{i=1}^n (C_i / ГДК_i) \leq 1, \quad (3.5)$$

де n - кількість всіх речовин з однакою *ЛОШ*.

Концентрація інших речовин (нормованих без *ЛОШ*) у водному середовищі не повинна перевищувати ГДК.

Склад і властивості води по гігієнічних та по рибогосподарських нормах по жодному з показників не повинні перевищувати нормативи.

Гранично допустимий скид (ГДС) розраховується за найбільшими середньогодинними витратами стічних вод (m^3) фактичного періоду їх

скидання. Концентрація речовин приймається мг/м^3 , а величина ГДС розраховується в грамах на годину (г/год). ГДС визначається за формулою:

$$ГДС = q_{ст} \cdot C_0, \quad (3.6)$$

де $q_{ст}$ - витрата стічних вод ($\text{м}^3/\text{год}$);

C_0 – допустима концентрація речовини в стічних водах (г/м^3).

3.3 Порядок здійснення державного моніторингу вод

„Порядок здійснення державного моніторингу вод”, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 20.07.1996 (№ 815), встановлює основні вимоги до організації державного моніторингу вод (ДМВ), до взаємодії міністерств і відомств при його проведенні, до забезпечення органів державної виконавчої влади інформацією для прийняття рішень, пов'язаних зі станом водного фонду України.

ДМВ здійснюється з метою забезпечення збору, обробки, збереження і аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розробки науково обґрунтованих рекомендацій і прийняття ефективних управлінських рішень в області використання і охорони вод і водних ресурсів.

ДМВ - складова частина державної служби моніторингу навколишнього природного середовища України.

До об'єктів ДМВ відносяться: поверхневі води: природні водойми (озера) і водотоки (річки, струмочки), штучні водоймища (водосховища і ставки), канали і інші; підземні води і джерела; внутрішні морські води і територіальне море, (морська) економічна зона України; джерела забруднення вод, включаючи оборотні води, аварійні скиди рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобутку корисних копалин в межах акваторій поверхневих і морських вод і дампінг відходів; води поверхневого стоку з сільгоспугідь; фільтрація забруднювачів з технологічних водоймищ і сховищ; масовий розвиток синьо-зелених водоростей; надходження ШР з донного відкладення (повторне забруднення) і інші.

До суб'єктів ДМВ відносяться Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, СЕС Міністерства охорони здоров'я, Держводхоз, Держкомгеологія, Держкомгідромет, Держжитлокомунгосп, їх органи на місцях і керовані ними організації, Національна космічна агенція України (НКАУ) забезпечує суб'єктів ДМВ наочною архівною і оперативною аерокосмічною інформацією дистанційного зондування Землі.

Спостереження за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища України, іншими спеціально уповноваженими державними органами, а також підприємствами, установами і організаціями, діяльність яких приводить або може привести до погіршення стану НПС.

Вказані підприємства, установи і організації зобов'язані безкоштовно передавати певним державним органам аналітичні матеріали своїх спостережень.

Порядок здійснення державного моніторингу НПС визначається Кабінетом Міністрів України.

Результатом ДМВ являються: первинна інформація, отримана суб'єктами ДМВ внаслідок спостережень; узагальнені дані, що стосуються певного інтервалу часу або території; індекси, комплексні показники, отримані внаслідок узагальнення; оцінки стану вод і джерел негативного впливу на нього; прогнози стану вод і його зміни; науково обґрунтовані рекомендації, необхідні для прийняття рішень.

Інформація, отримана і оброблена суб'єктами ДМВ, є офіційною.

Спеціально уповноважені державні органи разом з відповідальними науковими установами забезпечують організацію короткострокового і довгострокового прогнозування змін НПС, які повинні враховуватися при розробці і виконанні програм і заходів щодо економічного і соціального розвитку республіки, в тому числі з охорони НПС, використанням і поновленням природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки.

Оцінки, прогнози і рекомендації відносно стану водного фонду України, отримані як результат ДМВ, даються на національному рівні Кабінету Міністрів України; на регіональному рівні - Уряду Автономної Республіки Крим, обласним, Київським, і Севастопольським міським держадміністраціям.

Спостереження за станом навколишнього природного середовища і природних ресурсів у системі Міністерства охорони навколишнього природного середовища України здійснюють підрозділи аналітичного контролю 26-ти обласних державних управлінь, які проводять контроль за джерелами викидів в атмосферу і скидів у водні об'єкти, а також спостереження за станом ґрунтів, в тому числі на наявність в них пестицидів і важких металів.

3.4 Організація спостережень і контроль за станом поверхневих вод суші

Основна мета моніторингу поверхневих вод суші полягає в отриманні інформації про якість води, необхідної для проведення заходів щодо їх охорони. У зв'язку з цим до основних задач, що вирішуються

службою моніторингу, відносять: 1) спостереження і контроль рівня забруднення (РЗ) вод по фізичним, хімічним і гідробіологічним показникам; 2) вивчення динаміки забруднювачів і виявлення умов, при яких відбуваються різкі коливання РЗ, для забезпечення прогнозів забруднення водних об'єктів; 3) вивчення закономірностей процесів самоочищення забруднених поверхневих вод і накопичення забруднювачів у донних відкладеннях; 4) вивчення закономірностей винесення речовин через гирлові створи річок для визначення балансу цих речовин у водоймищах [9].

Одиничні спостереження за хімічним складом природних вод виконувалися в системі Держкомгідромету з 1936 р., а з 1964 р. – спостереження за якістю поверхневих вод по фізичних, хімічних показниках стали систематичними (у межах повноважень ЗДССК). З 1974 р. до них додалися спостереження по гідробіологічних показниках.

Систематичні спостереження і контроль РЗ поверхневих вод здійснюються шляхом організації: стаціонарної мережі пунктів спостережень за природним складом і забрудненням поверхневих вод; спеціалізованої мережі пунктів на забруднених водних об'єктах для рішення науково-дослідних задач; тимчасової експедиційної мережі пунктів на об'єктах, не охоплених першими двома видами спостережень.

Необхідною умовою є синхронність всіх систем спостережень, систематичність, узгодженість термінів спостережень.

Важливий етап в організації робіт по спостереженнях за забрудненням – це вибір місцеположення 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'єктах і включає пункти, розташовані: на великих і середніх ріках і каналах, що мають велике народногосподарське призначення; у замикаючих створах великих рік, що впадають у моря; на великих озерах і водоймищах.

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

Одна з головних вимог, що пред'являються до розташування пункту спостережень – репрезентативність відносно масштабів і видів забруднення стічними водами окремих галузей народного господарства.

Пункт спостережень – це місце на водоймищі або водотоці, де проводиться комплекс робіт для отримання даних про якість води. Пункти спостережень якості водойм або водотоку поділяються на чотири категорії по наступних критеріях:

- значення водного об'єкту як джерела питного і культурно-побутового, промислового, сільськогосподарського водопостачання;
- міра рибогосподарського використання водного об'єкту;
- міра існуючої забрудненості водного об'єкту;
- крім цього, враховуються розмір і об'єм водоймища, розмір і водність водотоку, дані про режим, фізико-географічні ознаки.

До категорії I віднесені пункти, розташовані на водних об'єктах, що мають особливо важливе народногосподарське призначення і що зазнають в найбільшій мірі антропогенного впливу.

До категорії II віднесені пункти в межах промислових міст і робочих селищ з централізованим використанням поверхневих вод для господарсько-питних потреб, в місцях скидання колекторно-дренажних вод, що відводяться з сільськогосподарських угідь і в інших місцях; для цієї категорії водних об'єктів характерний значний вплив на них антропогенних факторів.

До категорії III відносяться пункти, розташовані на водних об'єктах, де антропогенний вплив на якість води носить помірний і слабкий характер.

До категорії IV відносяться пункти на незабруднених водних об'єктах (фонові ділянки).

При організації моніторингу поверхневих вод необхідно провести попередні обстеження, що включають вивчення стану водного об'єкту, отримання знань про водокористувачів, джерела забруднення, кількість, склад і режим скидання СВ. Далі складається карта-схема водного об'єкту, де визначають розташування пункту і створів спостережень, встановлюється характеристика ЗР, складається програма робіт.

Пункт спостережень включає декілька створів. Під *створом* розуміється умовний поперечний розріз через водний об'єкт, на якому проводиться комплекс робіт для отримання даних про якість води. При спостереженнях якості води всього водоймища організується не менше за 3-х створів, по можливості рівномірно розташованих по його акваторії.

При спостереженнях окремих ділянок водоймища існує такий підхід:

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

– на водоймищах з *уповільненим водообміном* фоновий створ розташовують в частині водоймища, не схильній до впливу забруднення, другий створ поєднується з місцем скидання СВ, а інші – паралельно другому по різні сторони від нього на відстані 0,5 км від місця випуску СВ і безпосередньо за межами зони забруднення.

На водотоках при існуванні організованого скиду СВ організують два і більше створів: один – на відстані 1 км вище джерела скиду

(фоновий), інші – нижче ДЗ у місці досить повного (не менше за 80%) гарантованого змішування стічних вод з водами водотоку, а також не далі 0,5 км від скиду СВ (для об'єктів рибогосподарського призначення).

Якщо на водотоках не існує організованого скиду СВ, то створ встановлюють в гирлі забруднених приток (якщо є декілька рукавів, то там, де невеликі витрати води), на незабруднених ділянках водотоків, перед дамбами, в місцях перетину державного кордону.

Відбір проб води в фоновому створі проводиться з поверхні, в інших створах – на відмітках, розташованих на вертикалях і горизонтах, місцеположення яких визначається кількістю скидів, особливостями течії і рельєфом дна.

Вертикаль – це умовна прямовисна лінія від поверхні води до дна, а *горизонт* – місце на вертикалі (по глибині), на яких виконується комплекс робіт для отримання даних про якість води.

Кількість вертикалей в створі на водоймах визначається шириною зони забруднення. Першу вертикаль розташовують на відстані не більше за 0,5 км від берега або місця скидання СВ, останню – безпосередньо за межою зони забрудненості. На водотоках при неоднорідному хімічному складі води в створі встановлюють не менше трьох вертикалей (на стрезні і на відстані 3-5 м від берегів), при однорідному хімічному складі – тільки на стрезні.

Кількість горизонтів на вертикалі визначається з урахуванням глибини водного об'єкта [9]:

- при глибині до 5 м визначається один горизонт біля поверхні води: влітку 0,3 м від поверхні води, взимку у нижньої поверхні льоду;
- при глибині від 5 до 10 м визначається два горизонти: біля поверхні і біля дна (на відстані 0,5 м від дна);
- при глибині понад 10 м – три горизонти: на поверхні, на половині глибини водного об'єкта і біля дна;
- при глибині понад 100 м визначаються такі горизонти: на поверхні, на глибинах 10, 20, 50, 100 м і біля дна.

Крім того, визначають додаткові горизонти в кожному шарі стрибка щільності.

Пункти спостережень обов'язково поєднуються з гідрологічними постами, на яких вимірюються витрати води, або з ділянками, забезпеченими розрахунковими гідрологічними даними.

Основу моніторингу забруднення поверхневих вод складає стаціонарна спостережлива мережа. Спостереження за гідрохімічними показниками поверхневих вод суші в Україні проводяться на 125 ріках, 15 водосховищах, 7 озерах, 2 каналах, 1 лимані – на 1123 постах (2216 створів) контролю, а за гідробіологічними показниками – на 40 ріках і 7 водосховищах на 86 пунктах в 161 створі.

Склад і об'єм гідрохімічних робіт в пунктах спостережень (перелік показників якості води, що визначаються у пробах води з водойм і водотоків) встановлюють з урахуванням цільового використання СВ, їх складу, вимог споживачів інформації. Вибір програми спостережень залежить від категорії пункту спостережень (табл. 3.1).

Пункт категорії I. Спостереження проводяться щодня в першому створі після скидання; також щодня відбирається проба не менше за 5 л, зберігається 5 діб на випадок проведення оперативного гідрохімічного аналізу при надзвичайних обставинах (замор риби, прорив гребель очисних споруд і т.д.). Відбір проб проводиться щодакдно по скороченій програмі 2, щомісяця по скороченій 3, в основні фази водного режиму – по обов'язковій.

Пункт категорії II. Візуальні спостереження щодня, щодакдно – скорочена 1, щомісяця – скорочена 3, в основні фази водного режиму – обов'язкова.

Пункт категорії III. Щомісяця – скорочена 3, в основні фази водного режиму – обов'язкова.

Пункт категорії IV. У основні фази водного режиму – обов'язкова.

Для визначення якості води поза пунктами спостережень проводяться експедиційні дослідження.

Для більшості водотоків відбір проб по обов'язковій програмі проводиться 7 разів у рік: під час повені та паводку - підйом, пік, спад (повінь – регулярний періодичний підйом води навесні, а паводок - короткочасний, нерегулярний, пов'язаний з дощами, відтаненням льодовиків); в літню і зимову межу (період найменшої страти води).

Кількість проб, що відбираються для аналізу, змінюється в залежності від особливостей водного режиму від 3 до 11. Відбір проб води для подальшого хімічного аналізу здійснюється емальованим відром місткістю 10 дм³ з горизонту 0,2-0,5 м від поверхні, а з горизонтів - батометром об'ємом 1 дм³. З відра заповнюють посудину для визначення рН, O₂, CO₂, БСК₅, НП, СПАР, C₆H₅ОН, VM, пестицидів.

У зимовий час пробу переносять в приміщення і проводять аналіз “першого дня”. Об'єм проби для аналізу з кожного створу становить 7-8 дм³. Для пересилки проб води використовується поліетиленовий і скляний посуд. Воду в пляшки не доливають на 1-2 см до пробки з метою збереження посуду.

Таблиця 3.1 - Програми спостережень по гідрологічних і гідрохімічних показниках

Програма	Показники
Обов'язкова	<i>Гідрологічні</i> – витрата води (м ³ /с), швидкість течії (м/с) водотоків чи рівень води (м) на водоймах; <i>Гідрохімічні</i> – візуальні спостереження; температура (°C); кольоровість (град.); прозорість (см); запах (бали); концентрація розчинних O ₂ , CO ₂ (мг/дм ³); водневий показник pH; окислювально-відновний потенціал Eh (мВ); концентрація головних іонів - хлоридних, сульфатних, гідрокарбонатних, кальцію, магнію, натрію, калію і суми іонів (мг/дм ³); ХСК (мг/дм ³); БСК ₅ (мг/дм ³); концентрація біогенних елементів - іон амонію, нітрит-іон, нітрат-іон, залізо, кремній, фосфати (мг/дм ³); концентрація широко розповсюджених ЗР - нафта, СПАР, феноли, пестициди, сполуки важких металів (мг/дм ³).
Скорочена 1	<i>Гідрологічні</i> – витрата води (м ³ /с), швидкість течії (м/с) водотоків чи рівень води (м) на водоймах; <i>Гідрохімічні</i> – візуальні спостереження; температура (°C); концентрація розчинного O ₂ (мг/дм ³); питома електропровідність (См/см).
Скорочена 2	<i>Гідрологічні</i> – витрата води (м ³ /с), швидкість течії (м/с) водотоків чи рівень води (м) на водоймах; <i>Гідрохімічні</i> – візуальні спостереження; температура (°C); концентрація розчинного O ₂ (мг/дм ³); pH; питома електропровідність (См/см); мутність (мг/дм ³); БСК ₅ (мг/дм ³); ХСК (мг/дм ³); 2-3 основних ЗР (мг/дм ³).
Скорочена 3	<i>Гідрологічні</i> – витрата води (м ³ /с), швидкість течії (м/с) водотоків чи рівень води (м) на водоймах; <i>Гідрохімічні</i> – візуальні спостереження; температура (°C); концентрація розчинного O ₂ (мг/дм ³); pH; мутність (мг/дм ³); БСК ₅ (мг/дм ³); ХСК (мг/дм ³); концентрація всіх ЗР у даному пункті (мг/дм ³).

Таким чином, в пунктах стаціонарної мережі перелік інгредієнтів, що спостерігаються, і показників якості води визначається головним чином складом стічних вод, їх токсичністю і вимогами зі сторони водокористувачів. До цих показників відносяться температура води, зважені речовини, мінералізація, кольоровість, запах, значення pH,

розчинений кисень, БПК₅, ХПК, головні іони, біогенні компоненти і дуже поширені ЗР, такі як: ВМ, НП, СПАР, феноли, хлориди, сульфати, пестициди (всього 55 інгредієнтів).

3.5 Гідробіологічні спостереження за якістю вод і донних відкладень

У водному середовищі зосереджуються складні комплекси різних хімічних сполук, відмінні по впливу на організми від впливу окремих сполук. Внаслідок перетворень забруднювальних речовин утворюються хімічні сполуки, що мають молекулярну стійкість, токсичність, виражений мутагенний ефект. Тому контроль тільки за фізичними і хімічними показниками навіть при наявності екологічно обґрунтованих норм часто виявляється недостатнім.

З 1974 р. в рамках ЗДССК систематично почали спостерігати за якістю поверхневих вод по гідробіологічних показниках, які дозволяють: 1) визначити екологічний стан водних об'єктів; 2) оцінити якість поверхневих вод як середовища мешкання організмів; 3) визначити сукупний ефект комбінованого впливу ЗР; 4) визначити специфічний хімічний склад води і його походження; 5) перевірити наявність або відсутність повторного забруднення вод.

Гідробіологічні спостереження дозволяють з одного боку отримати дані про якість вод і стан біоценозів, з іншого – визначити умови скидання, характер і межі розтікання стічних вод, біотрансформацію забруднювальних речовин, оцінити сировинну базу рибної промисловості, виявляти і боротися з цвітінням води і заростанням водоймищ, проектувати гідрохімічні споруди, охороняти реліктові форми і інші.

Оцінкою ступеня забруднення водойм за гідробіологічними показниками є шкала сапробності. *Сапробність* – це ступінь насиченості води органічними речовинами, що розкладаються. Вона установлюється по видовому складу організмів - сапробіонтів у водних біоценозах.

При оцінці води за шкалою Р. Кольквіца – М. Марсона [16] необхідно враховувати не окремі організми, а суму видів, які є характерними для даної зони: I – *полісапробна* (зона дуже сильного забруднення); II – *α-мезосапробна* і *β-мезосапробна* (зони середньої забрудненості); III – *олігосапробна* (зона чистої води).

Полісапробні водойми характеризуються майже повною відсутністю вільного (розчиненого) кисню, наявністю у воді білків, що не розклалися, значних кількостей H_2S і CO_2 , відновлювальним характером біохімічних процесів. У полісапробних водоймах самоочищення в основному йде за рахунок діяльності бактерій *Tyriopolycoccus ruser* і *Sphaerotilus natans*, жгутикових *Oicomonas mutabilis*, інфузорій *Paramaecium putrinum* і *Vorticella putrina*, олігохет *Tubifex tubifex*, личинок мухи *Eristalis tenax*.

Число видів, здатних існувати у вкрай забруднених водоймах, порівняно невелике, але зате вони зустрічаються тут у масових кількостях.

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

В *олігосапробних* водоймах H_2S відсутній, CO_2 мало, кількість O_2 близька до величини нормального насичення, розчинених органічних речовин практично немає. Гідробіонти *олігосапробних* вод найбільше різноманітні у видовому відношенні, але кількість кожного окремого виду менше, ніж в інших зонах.

Іноді виділяють ще *катаробні* води, у яких кількість розчиненого кисню вище нормального насичення, а вільних H_2S і CO_2 немає взагалі.

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

Система оцінки забруднення водойми по ступеню сапробності в даний час недостатня, оскільки не враховує присутності у воді токсичних речовин. У зв'язку з цим пропонується прийняти три шкали оцінки забруднення: по ступені сапробності, токсобності і сапротоксобності. Під *токсобністю* розуміється властивість організмів існувати у водах, що містять токсичні речовини мінеральної й органічної природи. У залежності від ступеня забруднення водойми токсичними речовинами можна розрізнити *полі-, мезо- і оліготоксобну зони*, що заселяються організмами, що толерантні відповідно сильному, середньому і слабкому ступеню

токсичного забруднення водойм. Водойми або їхні зони забруднені в такому ступені, що існування гідробіонтів виключається цілком, позначаються як *гіпертоксобні*. Останнім часом для оцінки чистоти вод пропонують використовувати величину інформації угруповань.

Основними гідробіологічними показниками стану водного об'єкта є кількісний і якісний склад фіто-, зоо- і бактеріопланктону та їх біомаса. Головною “мішенню” техногенного впливу служать первинні продуценти – фітопланктон. Правильно буде думати, що водна ЕС зможе витримати техногенний “удар” на тій межі, на якій його витримає фітопланктон. Останній 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'єкту); 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.

Єдиного гідробіологічного показника якості води в цей час немає. Воно визначається сукупністю гідробіологічних показників: зообентосом, перифітоном, зоопланктоном, фітопланктоном [9].

Зообентос – сукупність тварин, що мешкають на дні морських і прісних водоймищ (губки, молюски, ракоподібні, плечоногі і інші). Основна маса приурочена до мілководдя. У прісних водоймищах зообентосу менше, і він одноманітніше, ніж в морських. По зообентосу, відібраному в різних частинах водоймища, можна дістати інтегральну оцінку якості вод і міри забруднення донного відкладення.

Перифітон – поселення організмів на підводних частинах річкових суднів, бакенів, палей і інших штучних споруд (двійчасті молюски, ракоподібні). Морський перифітон різноманітніше і численніше (>100 кг/м³), ніж прісноводний. З допомогою перифітону можна оцінити середню якість вод водних об'єктів за великий інтервал часу, попередній моменту спостереження; можна також виявити факт забруднення води навіть в тому випадку, якщо в момент спостереження вода вже повністю очистилася.

Зоопланктон – сукупність тварин, що населяють товщу води і пасивно переносимих течіями (медузи, інфузорії, рачки, личинки). Зоопланктон використовується для отримання характеристики якості води за відносно короткі періоди часу. Це хороший індикатор якості вод для малопроточних водоймищ, ставків, озер, водосховищ.

Фітопланктон – сукупність рослинних організмів, що населяють товщу води і пасивно переносяться течіями. На водотоках використовується для визначення якості води на ділянках вище за пункт спостереження.

Спостереження по гідробіологічних показниках здійснюються на стаціонарній гідрометеорологічній мережі по програмі, зумовленій категорією пункту спостережень.

Перелік гідробіологічних показників якості поверхневих вод, що спостерігаються, визначається еколого-зональним типом водного об'єкта, складом і об'ємом стічних вод, їх токсичністю і вимогами, що ставляться споживачами води. Це зумовлює відмінність програм для різних пунктів стаціонарної мережі (табл. 3.2). Але визначення гідробіологічних показників є обов'язковим для всіх пунктів.

З метою кількісного обліку фітопланктону відбір проб на водних об'єктах здійснюють за допомогою батометру 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 дм³, додають 0,25 дм³ формаліну і консервують. У мілководдях і на малих ріках зачерпують 0,5 дм³ води з горизонту 0,2 м.

Зоопланктон відбирають планктонною сіткою („газ №77”) тотальним ловом від дна до поверхні, на мілководді – сіткою при буксируванні човном чи проціджуючи через сітку не менш 30 дм³ води. Осад переливають і консервують.

Зообентос відбирають з поверхні ґрунту і з товщі ґрунту, з водних рослин на ділянці близько 50 м в одну й іншу сторону від створу шкребком (приблизно піввідра), промивають від ґрунту і перекладають у банки. Збір тварин з водних рослин проводиться сачком чи шкребком, проба фіксується 4%-ним розчином формаліну.

Відбір проб перифітону здійснюється за допомогою ножа, пінцету, ложки з поверхні паль, гребель, мостів, облицювань каналів і ін. без сторонніх тіл (бетону, дерева, мулу і т.д.). Проби складають у банки, заповнені на 2/3 водою і на 1/3 формаліном.

У пунктах I-III категорії спостереження по гідробіологічних показниках рекомендується провести щомісяця по скороченій програмі і щоквартально по повній, причому в пунктах III категорії щомісячні спостереження по скороченій програмі проводяться тільки у вегетаційний період. У пунктах IV категорії спостереження рекомендується проводити щоквартально по повній програмі.

Таблиця 3.2 - Повна і скорочена (*) програми спостережень по гідробіологічних показниках

Організми	Показники якості води
Зообентос	Загальна чисельність організмів (екз/м ²) Загальна біомаса (г/м ²) Загальне число видів *Кількість груп по стандартному розбиранню *Число видів у групі *Чисельність основних груп (екз/м ²) Біомаса основних груп (г/м ²). Масові види і види-індикатори сапробності (найменування, частка в загальній чисельності, сапробність)
Періфітон	*Загальне число видів *Масові види, частота попадання, сапробність Мікробіологічні показники Загальна кількість бактерій (10 ⁶ клітин/см ³)
Зоопланктон	*Загальна чисельність організмів (екз/м ³) *Загальне число видів Загальна біомаса (мг/дм ³) Чисельність основних груп (екз/м ³) Біомаса основних груп (мг/м ³). Число видів у групі Масові види і види-індикатори сапробності (найменування, частка в загальній чисельності, сапробність)
Фітопланктон	*Загальна чисельність клітин (10 ³ клітин/см ³) *Загальне число видів Загальна біомаса (мг/дм ³) Чисельність основних груп (10 ³ клітин/см ³) Біомаса основних груп (мг/дм ³). Число видів у групі * Масові види і види-індикатори сапробності (найменування, частка в загальній чисельності, сапробність)

Питання для самоконтролю

1. Як організована система спостережень та контролю за станом поверхневих вод суші?
2. Які основні процеси та фактори забруднення та самоочищення водотоків і водойм?
3. Що таке лімітуюча ознака шкідливості (ЛОШ)?
4. Як можна визначити термін “якість води”?
5. Які існують види забруднення природних вод?
6. Для чого потрібні створи, вертикалі і горизонти на пунктах спостережень за станом поверхневих вод суші?
7. Які існують загальні принципи розташування пунктів спостереження за станом поверхневих вод суші?
8. Які існують категорії пунктів спостережень за станом поверхневих вод суші?
9. Як провести оцінку забруднення вод за допомогою ГДК?
10. Чим визначається вибір програми спостережень у пунктах стаціонарної мережі моніторингу поверхневих вод?
11. Назвіть перелік інгредієнтів і показників якості води, що спостерігаються у пунктах стаціонарної мережі моніторингу поверхневих вод?
12. Скільки раз на рік проводять спостереження по різних програмах у пунктах стаціонарної мережі моніторингу поверхневих вод?
13. Як проводять гідробіологічні спостереження за якістю вод та донних відкладень?
14. Як оцінити якість біологічного забруднення вод?
15. У чому полягає сутність БПК та ХПК?
16. Що таке сапробність природних вод?

4 МОНІТОРИНГ ВОД СВІТОВОГО ОКЕАНУ

4.1 Особливості техногенного забруднення океанічних вод

Океани, включаючи замкнені і напівзамкнені моря, є важливою частиною глобальної системи життєзабезпечення. Вони впливають на клімат, погоду і стан атмосфери, а також є могутнім резервом продуктів харчування, мінерально-сировинних і інших ресурсів.

Світовий океан є безвідмовним приймачем усякого роду відходів. Скид у нього надто великої кількості ШР, пестицидів, добрив, зростаюче забруднення морського середовища НП, засмічення річкових естуаріїв – все це робить реальним припущення про те, що може наступити такий момент, коли океан перестане служити людині. Океани – це загальна стічна яма, величезний септичний бак, із якого вода, здійснивши великий кругообіг, повертається до людини, тварин і рослин у чистому вигляді. Забруднення морських вод слід розглядати з урахуванням складного обміну природних вод між геосферами й утворюючими їх системами у процесі вологообігу і еволюційного розвитку Землі.

Близько 70% забруднення морського середовища пов'язане з наземними джерелами. Забруднення виникає також в результаті судноплавства і скиду відходів у море. До основних джерел забруднення морських вод можна віднести: скид промислових і господарських вод безпосередньо у море або з річковим стоком; надходження з суші різних речовин, що застосовуються в сільському і лісовому господарствах; навмисне поховання ЗР в морі; втрати різних речовин у процесі судових операцій; аварійні викиди з суден або підводних трубопроводів; розробка корисних копалин на морському дні; перенесення ЗР крізь атмосферу [19].

У моря виносяться величезні кількості речовин як у результаті природних, так і антропогенних процесів. Лише внаслідок природних процесів до Світового океану щороку надходять приблизно 25 млн. т заліза, 300-400 т марганцю, по 180 тис. т міді і цинку.

Нафта і НП – найбільш розповсюджені ЗР. У природних умовах до Світового океану їх надходить від 0,2 до 2 млн. т. Найбільшу шкоду морським екосистемам завдають морські перевезення. Танкерами перевозиться щорічно близько 2 млрд. тонн нафти і НП. Втрати відбуваються навіть і при безаварійній роботі морського транспорту. Але під час аварій, коли розливається до 40-50 тис. тонн, уражаються поверхні площею близько 100 км². Внаслідок аварій та витоків до Світового океану надходить 5-10 млн. тонн нафти й НП на рік, тобто набагато більше ніж в природних умовах. У Світовий океан надходить до 16 млн. т нафти і НП, із них 8 млн. т – при видобутку й перевезенні танкерами та 8 млн. т – через втрати на суші з поверхневим стоком [20]. Щорічне забруднення океанів

внаслідок морських перевезень, аварій та незаконного зливу складає близько 600 тис. тонн нафти. Нафта і НП справляють негативний вплив 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 у атмосфері.

Забруднення морських вод пестицидами (особливо в пригирлових частинах морів, в естуаріях) багатьма ученими розглядається як найбільш імовірна загроза необоротної деградації у майбутньому морських екосистем. Заборона ДДТ, інших найбільш стійких та токсичних пестицидів у деяких країнах не привела до корінного вирішення цієї проблеми, хоча в цілому кількість ДДТ, що надходить до морських вод, дещо скоротилась (близько 27-28 тис. т/рік).

Забруднення і отруєння морських вод відбувається при затоплюванні (*дампінгу*) ємностей з отруючими речовинами, побутовими та промисловими відходами. В 60-70 рр. ХХ ст. здійснювалося поховання у глибоководних частинах океану радіоактивних відходів у герметичних металевих контейнерах, залитих бетоном або бітумом. Однак екологічні наслідки дампінгу радіоактивних відходів після розгерметизації цих контейнерів можуть бути дуже негативними. Дампінг радіоактивних відходів призвів до підвищення радіоактивності деяких районів (Ірландське море, Японське море, північно-східна частина Атлантики, тихоокеанське узбережжя США та ін.). Днопоглиблювальні роботи і *дампінг ґрунтів* також негативно впливають на стан морського середовища, зокрема, на умови мешкання бентосних форм.

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 – землеробських угідь. Для районів шельфу найбільш характерне нафтове забруднення. Здатність морських вод до самоочищення від нафтового забруднення залежить від географічної широти, температури води, розміру хвилювання на поверхні моря і т.д. Так, при низьких температурах розкладення нафтопродуктів, які потрапили у морську воду, відбувається повільніше, що призводить до їх накопичення і шкідливого впливу. Дуже широко в морських водах розповсюдились пестициди, половина яких надходить із повітря, а решта виноситься із агроєкосистем поверхневим стоком.

Останні десятиліття знаменуються посиленням антропогенних впливів на морські ЄС в результаті забруднення морів і океанів. Поширення багатьох ЗР отримало локальний, регіональний і навіть глобальний характер. Тому забруднення морів, океанів і їх біоти стало

найважливішою міжнародною проблемою. Виникла гостра необхідність раціонального використання ПР морського середовища.

Об'єднана група експертів по наукових аспектах забруднення морів і океанів сформувала визначення забруднення, що було підтримано міжурядовою комісією 1967 р.) і конференцією при ООН із проблем навколишнього середовища (1972 р., Стокгольм).

У цьому формулюванні під забрудненням мається на увазі: “введення людиною прямо чи побічно речовин і енергії в морське середовище (включаючи естуарії), що приводить до таких шкідливих наслідків, як збиток живим ресурсам, небезпека для здоров'я людини, перешкоди в морській діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морського середовища і зменшення його корисних властивостей”. Список ЗР включає речовини з токсичними властивостями, скидання нагрітих вод, патогенні мікроби, тверді відходи, завислі речовини, біогенні речовини і деякі інші форми антропогенних впливів.

Найбільш актуальною стала проблема хімічного забруднення океану (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Деякі найбільш розповсюджені токсичні речовини, які є забруднювачами Світового океану

Забруднювачі	Ступінь біологічної небезпеки	Масштаб поширення
Радіонукліди: стронцій, цезій, плутоній, тритій, церій	-	глобальний
Хлорорганічні токсичні: ДДТ і його метаболіти	сильна	глобальний
Поліхлоровані біфеніли	сильна	глобальний
Альдрін	сильна	глобальний
Дільдрін	сильна	локальний
Ліндан	сильна	локальний
Метали:		
метілртуть	сильна	глобальний
ртуть	сильна	глобальний
кадмій	слабка	глобальний
свинець	слабка	глобальний
цинк	значна	локальний
мідь	значна	регіональний
хром	слабка	локальний
залізо	незначна	локальний
марганець	незначна	локальний
миш'як	слабка	регіональний
Нафта і нафтопродукти	значна	глобальний
Детергенти (СПАР)	невизначена	регіональний

Крім перерахованих у таблиці 4.2, в океан різними шляхами попадають органічні сполуки, заводські відходи з високим *БСК*, завислі частки.

Таблиця 4.2 - Характеристики основних потоків забруднювальних речовин

Забруднювальна речовина	Стік, т/рік		Частка антроп. стоку, %	Потік в океан, т/рік	
	природ.	антроп.		з суші	з атмосфери
Свинець	$1,8 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^6$	92	$(1-20) \cdot 10^5$	$(2-20) \cdot 10^5$
Ртуть	$3,0 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^3$	70	$(5-8) \cdot 10^3$	$(2-3) \cdot 10^3$
Кадмій	$1,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$	50	$(1-20) \cdot 10^3$	$(0,5-4) \cdot 10^3$
Нафта	$6,0 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^6$	88	$(3-4) \cdot 10^6$	$(3-5) \cdot 10^5$
Хлоровані вуглеводні	-	$1,9 \cdot 10^4$	100	$(5-6) \cdot 10^6$	$(8-14) \cdot 10^3$

Як можна бачити, перелік ЗР, що попадають у Світовий океан, дуже великий. Усі вони розрізняються за ступенем токсичності і за масштабами поширення - від локального до глобального.

У Світовому океані знаходять усе нові ЗР. Глобального поширення набувають небезпечні для організмів хлорорганічні сполуки, поліароматичні вуглеводні й інші сполуки. Ці речовини мають високу біоаккумулятивну властивість, різкий токсичний і канцерогенний ефект.

Наростання сумарного впливу багатьох джерел забруднення приводить до прогресуючої евтрофікації прибережних зон моря і мікробіологічного забруднення води, що істотно утрудняє використання води для різних потреб людини.

Нафта і НП є найбільш розповсюдженими ЗР у Світовому океані. Наприклад, до початку 1980-х років (табл. 4.3) в океан надходило близько 6 млн. т НП щорічно.

Таблиця 4.3 - Надходження нафти у Світовий океан з різних джерел

Джерело надходження	Млн. т/рік
Морський транспорт	1,83
Аварійні розливи	0,3
Річковий стік	1,9
Стічні води прибережної зони	0,8
Атмосферні випадання	0,6
Природні нафтові шпари	0,6
Видобуток нафти в море	0,08
Усього	6,11

Шляхи надходження НП в океан: скидання промивних, баластових і льяльних вод із суден (23 %); скидання в портах і портових акваторіях, включаючи втрати при подачі бункера на судно (палива) і при обробці наливних суден (17 %); скидання промислових відходів і стічних вод (10 %); зливові стоки (5 %); катастрофи суден і бурових установок в морі (6 %); буріння на шельфах (1 %); атмосферні випадання (10 %); винос річковим стоком у всьому різноманітті форм (28 %). Найбільші втрати НП пов'язані з її транспортуванням з районів видобутку. Взагалі розливи НП при аваріях суден і морських бурових установок відбуваються досить часто.

Подальша доля розлитої в море нафти визначається наступними процесами: випар, розчинення, емульгування, окислювання, утворення нафтових агрегатів, седиментація і біодеградація. Потрапляючи в морське середовище, нафта розтікається у вигляді плівки, утворює сліки різної потужності. По кольору плівки можна приблизно оцінити її товщину (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 - Характеристики нафтової плівки в залежності від її зовнішнього вигляду

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

Розходження оптичних характеристик нафтових плівок і морської води дозволяє робити дистанційне виявлення забруднень нафтою. Для цього застосовуються пасивні й активні 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 відноситься залежність від метеоумов.

Активні методи використовують штучні джерела випромінювання. До них відносяться методи оптичної локації (діапазон 300 – 400 і 1000 – 1200 нм) і методи, засновані на вимірі флуоресценції плівок нафти. Швидкість переміщення нафтових плям складає 60 % швидкості течії і 2-4 % швидкості вітру. Нафтова плівка придушує дрібні гравітаційні хвилі й у 2-3 рази зменшує параметр шорсткості водної поверхні. На початку

існування нафтових сліків велике значення має процес випару вуглеводнів: за 12 годин випаровується до 25 % легких фракцій нафти, при 15⁰С води усі вуглеводні до C₁₅ випаровуються за 10 діб.

Більша частина вуглеводнів мають слабку розчинність у воді, що зменшується зі зменшенням числа атомів у молекулі. У 1 л дистильованої води розчиняється близько 70 мг сполук C₆; 1 мг – C₈ і 0,01 мг – C₁₂. Розчинні компоненти, зміст яких у нафті не перевищує 0,01 %, є найбільш токсичними для водяних організмів (до них відноситься бенз(а)пірен).

Змішуючись з водою, нафта утворює емульсії двох типів: прямі „нафта у воді” і зворотні „вода в нафті”. Прямі емульсії складають крапельки нафти діаметром до 0,5 мкм, менш стійкі. Після видалення летучих і розчинних фракцій залишкова нафта частіше утворює зворотні емульсії, що стабілізуються високомолекулярними сполуками (асфальтеново-смолистими компонентами) і містять 50-80 % води. Під впливом фізико-хімічних процесів в'язкість емульсій підвищується і починається її злипання в агрегати – нафтові грудочки розмірами від 1 мм до 10 см.

Втрати нафти на формування агрегатів складають 5-10%. Емульсійні утворювання і грудочки можуть тривалий час зберігатися на поверхні моря, переноситися течіями, викидатися на берег і осідати на дно.

Поля забруднення НП формуються в шельфових водах, у районах перевезення нафти й інтенсивного судноплавства. Спостереження за поверхневим забрудненням дозволяють виявити стійкі осередки забруднення. В Атлантичному океані найбільш часто зустрічаються плями нафти між 10 і 50⁰ пн. ш. У деяких зонах шельфових вод площа плівок складає 10%, понад 15% - у районах Африканського узбережжя і Карибського басейну. У Тихому океані найбільша частота виявлення плівок зафіксована на суднових трасах і шляхах перевезення нафти з Близького Сходу (40% і більше) і з Індонезії до Японії (20% і менше). Середній ступінь покриття плівками складає для Куросіо 13%, для Японського моря - 6%, для Південно-Китайського моря - 21%. В Індійському океані нафтовими плівками постійно покриті акваторії Червоного моря, Аденської і Перської заток.

Нафтові грудочки виявляються у всіх районах прямого забруднення і відкритих районів океану. Просторовий перерозподіл нафтових агрегатів здійснюється поверхневими течіями. У водах Канарської течії концентрація грудочок досягає 60,7 мг/м² при середньорічному значенні 0,74 мг/м². У Саргасовому морі концентрація грудочок досягає 96 мг/м². У Гренландському морі, західній частини Норвезького моря, в Екваторіальній і Південній Атлантиці концентрація нафтових грудочок складає 0,01 мг/м². Високі концентрації нафтових агрегатів (до 100 мг/м²) нерідко спостерігаються на південь від Японії. Загальна маса грудочок у Північній Атлантиці в 1977 р. складала приблизно 13,9 тис. т; 1978 р. –

16,2 тис. т; у 1979 – 17,5 тис. т Максимальне забруднення нафтою приходить на 1980 р. Надалі намітилася тенденція до його зниження. Тривалість існування нафтових агрегатів у морському середовищі складає приблизно 1 рік.

Розподіл розчинно-емульгованих вуглеводнів також носить зв'язок із джерелами забруднення і процесами циркуляції вод. У Північному, Середземному і Червоному морях, Перській, Оманській і Аденській затоках їхня максимальна концентрація складає більш 0,05 мг/дм³, а в окремих випадках перевищує 0,30 мг/дм³. У водах Північної Атлантики зміст нафтових вуглеводнів змінюється від 0 до 0,6 мг/дм³. Основне забруднення обмежене районом атлантичного круговороту між 20 і 40° пн.ш. Середня концентрація нафтових вуглеводнів у верхньому шарі північно-західної частини Тихого океану складає 0-0,03 мг/дм³. Однак у районах основних судноплавних трас їхня концентрація може перевищувати 0,05 мг/дм³ (Південно-Китайське море, течія Курошіо).

Вертикальний розподіл нафтових вуглеводнів в океані характеризується максимумом концентрації у верхньому квазіоднорідному шарі і швидким зменшенням з глибиною. Глибше 500 м розчинені вуглеводні звичайно не виявляються.

У морському середовищі постійно виявляють пестициди, особливо хлорорганічні пестициди (ХОП): діхлордіфенілтрихлоретан (ДДТ) і його метаболіти, гексахлорциклогексан (ГХЦГ) і поліхорбіфеніли (ПХБ). Розподіл цих ЗР у край нерівномірно. Відзначається чергування підвищених і нульових концентрацій. Локальні ділянки присутності ХОП виявляються не тільки в прибережних, але й у відкритих ділянках океану, що є наслідком атмосферного переносу. Забруднення океану пестицидами сильно змінюється у часі і в просторі. Наприклад, у 1977 році у водах Північної Атлантики середня концентрація ДДТ складала 1,2 нг/дм³, при діапазоні 0-19,2 нг/дм³, а в 1978 році – 0,8 нг/дм³, при діапазоні 0-42,4 нг/дм³. Пестициди в значній мірі концентруються в поверхневих органічних плівках, поверхневому світовому шарі і живих організмах. Проникають вони також і всередину океану. Зміст їх у шарі 0-100 м однорідний, а на глибині 500 м зменшується вдвічі. У глибинних водах в основному розповсюджений ДДЕ – основний продукт метаболізму ДДТ.

СПАР (детергенти) відносяться до групи речовин, понижуючих поверхневий натяг води. Вони входять до складу миючих засобів, які застосовують у побуті й у промисловості. Разом зі стічними водами СПАР попадають у поверхневі води суші й у морське середовище. Ці речовини токсичні для водяних організмів. Найбільш розповсюдженими є сульфонали й алкілсульфати. У сільському господарстві СПАР застосовуються в складі пестицидів. За допомогою СПАР емульгуються нерозчинні у воді рідкі і порошкоподібні токсичні речовини. Багато СПАР володіють токсичною властивістю. Концентрація цих речовин у

середньому по океану складає 27-30 мкг/дм³ у поверхневому шарі і 8-9 мкг/дм³ на глибині 500 м. У поверхневому 1-метровому шарі Північної Атлантики концентрація СПАР, яка дорівнює 30-40 мкг/дм³, спостерігалася з повторюваністю 70 %. Просторовий розподіл СПАР характеризується локалізацією полів забруднення (більш 100 мкг/дм³) у шельфових зонах Північної Америки, Західної Європи й Африки. У відкритому океані їхня концентрація знижується до 20-30 мкг/ дм³. У басейні Тихого океану найбільше забруднення СПАР спостерігається в Південно-Китайському і Східно-Китайському морях (30-40 мкг/дм³). У Японському морі до 25-35 мкг/дм³. Для СПАР характерною рисою є яскраво виражене зниження їхньої концентрації з глибиною і їхнє стійке нагромадження в поверхневому мікрошарі.

Гострий характер забруднення морського середовища ВМ визначається: високою концентрацією сполук ВМ у прибережних районах океану і внутрішніх морів; утворенням високотоксичних металоорганічних комплексів; нагромадження ВМ гідробіонтами у водах, небезпечних для людини. ВМ за токсикологічними оцінками займають друге місце серед ЗР, уступаючи тільки пестицидам.

До числа дуже розповсюджених ВМ в першу чергу відносять *Hg*, *Cd*, *Pb*, *As*. Найбільше забруднення океану ВМ спостерігається в основному в прибережних водах як результат річкових виносів, промислових і побутових стоків. Важливим джерелом забруднення океану ВМ є також атмосферний перенос. ВМ легко акумулюються в завислих частках і, накопичуючись в донних опадах, створюють ситуацію хронічного забруднення водної товщі і донних відкладень. Найбільш токсичною з ВМ визнана ртуть. Надходячи в морське середовище, *Hg* асоціюється з завислими частками, органічними агрегатами й осідає на дно моря. У донних відкладеннях *Hg* під впливом деяких мікроорганізмів переходить у високотоксичні форми метільованої ртуті (монометилртуть і діметилртуть), період напіврозпаду якої досягає двох років. Монометилртуть активно акумулюється рибою (у м'язових тканинах) і зообентосом, коефіцієнт її нагромадження в біоті (у порівнянні з морською водою) складає 10³ – 10⁴. Діметилртуть має низьку розчинність і високу летючість. Вона легко надходить в атмосферу, де під дією ультрафіолетових променів перетворюється в металеву ртуть. Концентрація ртуті у відкритому океані змінюється в межах від 5 до 1000 нг/дм³ і в середньому складає 30 нг/дм³.

Використання *As* здавна зв'язано з його токсичністю; він входить до складу пестицидів, харчових консервантів, антикорозійних агентів у фарбах. У природі *As* зустрічається в сульфідних рудах (мідних, свинцевих, золотоносних). *As*, подібно *Hg*, надходячи в морське середовище осідає на дно моря, де утворює метільований миш'як, високі концентрації якого виявлені в гідробіонтах, однак це нагромадження

істотно не збільшується по харчовому ланцюгу. Джерела надходження *As* – промислові стоки й атмосферний перенос. Середня концентрація *As* в океані складає 2,3 мкг/дм³. Забруднення природних вод і повітря *Pb* відбувається в результаті випалу і плавки свинцевих руд, за рахунок викидів відходів з виробництв, що використовують *Pb*, а також при спалюванні вугілля, деревини і палива в двигунах внутрішнього згорання. Міграційний потік свинцю в океан йде з річковим стоком і через атмосферу. Концентрація *Pb* у водах Світового океану змінюється від 2 до 110 нг/дм³. Основне надходження *Cd* у Світовий океан, також як і всіх токсичних металів йде з річковим стоком і через атмосферу. Його концентрація в середньому складає 70 нг/дм³ (при розкиді 40 – 300 нг/дм³). Нагромадження і передача по харчових ланцюгах *Hg*, *Cd*, *Pb* становить небезпеку для здоров'я людини.

Забруднення морського середовища радіоактивними продуктами відбувається при випробуваннях ядерної зброї, при роботі підприємств атомної промисловості й аваріях суден з атомними двигунами. Океану властива природна радіоактивність, обумовлена присутністю в ньому ⁴⁰K; ⁸⁷Rb; ³H; ¹⁴C, а також радіонуклідів ряду урану і торія. Більш 90 % природної радіоактивності води океану приходить на частку ⁴⁰K, що складає 18,5*10²¹ Бк (Бекерель = 1 розпад/с). Радіоактивні речовини техногенного походження стали попадати в океан після 1945 р., тобто з початку випробування ядерної зброї. Найбільш небезпечними продуктами розпаду при вибухах є ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs, період напіврозпаду яких 30 років. Загальна кількість ¹³⁷Cs, викинутого в атмосферу на початку 1981 року складає 96*10¹⁶ Бк, а ⁹⁰Sr – 60*10¹⁶ Бк. Найбільш небезпечним радіонуклідом з непрореагувавших залишків ядерних зарядів є ²³⁹Pu, його період напіврозпаду 24400 років. По мірі руйнування ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs плутоній стає основним забруднювачем середовища. В даний час сума радіоактивності, привнесеної в океан людиною, не перевищує 5,5*10¹⁹ Бк, що не багато в порівнянні з природним рівнем 18,5*10²¹ Бк. Однак концентрованість і нерівномірність випадання радіонуклідів створює серйозну небезпеку радіоактивного зараження води і гідробіонтів у віддалених районах океану. Сьогодні час радіоактивність Тихого океану значно перевищує рівень забруднення Атлантичного за рахунок численних ядерних вибухів. У північно-західній частині океану концентрація ⁹⁰Sr наприкінці п'ятидесятих років змінювалася від 0,022 до 0,115 Бк/дм³. Часто траплялася сильно заражена риба. До 1967 року зміст ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs зменшилося до 1,2 – 2,1 Бк/дм³ і 2,2 – 20 мБк/дм³. Концентрація ²³⁹Pu звичайно менше 37 мкБк/дм³, середня приблизно 26 мкБк/дм³, що в 30 разів нижче концентрації ²¹⁰Po (полонію). Вертикальний розподіл радіонуклідів характеризується мінімумом у поверхневому шарі, максимумом на глибині 100 – 700 м і далі швидким зменшенням до дна [21].

4.2 Організація спостережень за станом вод морів і океанів

Принципи проведення моніторингу океанічних (морських) вод розглянути у фундаментальних роботах Ю.А. Ізраеля та ін. [22, 23, 24]. Принципова схема геохімічного моніторингу морських вод наведена на рис. 4.1.

Моніторинг складається з трьох складових: моніторинг абіотичних показників середовища, моніторинг факторів впливу і моніторинг джерел впливу.

Спостереження за станом морів на території країни почали здійснюватися із середини 1960-х років Держкомгідрометом. Суть спостережень перебуває в тому, щоб регламентувати скидання відходів таким чином, щоб процеси природної утилізації переважали над процесами забруднення і приводили до усунення зрушень в екологічних системах.

Для цього необхідно вирішити ряд задач: 1) організувати систематичні спостереження й оцінку стану морських вод і впливу забруднення на природні фізико-хімічні і гідробіологічні умови; 2) вивчити шляхи і параметри поширення і природної утилізації забруднювачів для наступного визначення можливого їхнього скидання в море; 3) здійснити прогноз динаміки забруднення морських вод на найближчу і далеку перспективу по заданих значеннях скидання відходів, гідрохімічних і гідробіологічних умовах; 4) розробити рекомендації по оптимальному режиму скидань у конкретних ділянках морів і океанів.

Пункти спостережень за якістю морських і океанічних вод підрозділяються на 3 категорії. Категорія встановлюється 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 категорії розташовуються в прибережних районах, що мають важливе народногосподарське значення: водокористування населення, у портах і припортових акваторіях, у місцях нересту і скупчення цінних риб, місцях скидання стічних вод, на гирловому узмор'ї великих рік, у місцях розвідки, видобутку, розробки, транспортування корисних копалин.

Пункти 2 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 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.

Місце розташування вертикалей і горизонтів, їхня кількість на кожному пункті визначається розташуванням і потужністю джерел забруднення, складом, концентрацією і формою перебування ЗР. Якщо пункт установлюється, наприклад, на гирловому узмор'ї, то кількість вертикалей визначається його шириною: до 100 м – 1 вертикаль, до 1000 м – 3, понад 1000 м – 5 вертикалей. Одна вертикаль розташовується посередині русла, а інші рівномірно по ширині.

Кількість горизонтів визначається з урахуванням глибини водойми, складу і концентрації ЗР. Спостереження за нафтовими і хлорованими вуглеводнями проводяться на поверхні, на глибинах 5, 10, 20 м і біля дна; за СПАР і фенолами – біля поверхні, 10 м і біля дна; за важкими металами – біля поверхні, 10, 50, 100 м і біля дна. Спостереження проводяться також в зоні стрибка температури. Зоопланктон відбирають сіткою в шарах: 0-10, 10-25, 25-50, 50-100, 100-200, 200-500 м [9].

Спостереження здійснюють по скороченій або по повній програмі.

Скорочена програма включає: 1) нафтові вуглеводні (мг/дм³); 2) розчинений кисень (мг/дм³); 3) водневий показник (*pH*); 4) візуальні спостереження (наявність плівок, масляних плям, інших домішок; розвиток, скупчення, відмирання водоростей; загибель риби й інших тварин; викид моллюсків на берег; збільшення каламутності; незвичайне забарвлення, піна та ін.).

Повна програма включає скорочену і додаткову: 1) хлоровані вуглеводні, у тому числі пестициди (мкг/дм³); 2) важкі метали – *Hg, Pb, Cd, Cu* (мкг/дм³); 3) феноли (мкг/дм³); 4) СПАР (мкг/дм³); 5) додаткові інгредієнти, специфічні для району спостережень (нітратний азот, кремній та інші); 6) гідрометеорологічні спостереження (солоність води, прозорість, температура води і повітря, швидкість і напрямок вітру, хвилювання моря); 7) гідробіологічні показники.

Гідробіологічні показники визначають за *скороченою програмою*: фітопланктон (загальна чисельність клітин, кл/дм³; видовий склад, число і список видів); зоопланктон (загальна чисельність організмів, екз./дм³; видовий склад, число і список видів); мікробні показники (загальна чисельність мікроорганізмів кл/см³; кількість сапрофітних бактерій, кл/см³, концентрація хлорофілу фітопланктону, мкг/дм³). За *повною програмою* гідробіологічні спостереження додатково включають визначення загальної біомаси зоопланктона, фітопланктона і мікробних показників, чисельність основних систематичних груп і видів. Для мікробних показників визначають також кількісний розподіл індикаторних груп морської мікрофлори (сапрофітні, нафтоокислюючі, ксилолокислюючі, фенолокислюючі, ліполітичні бактерії, кл/см³), інтенсивність фотосинтезу фітопланктону.

У пунктах 1 категорії за скороченою програмою спостереження здійснюються 2 рази на місяць (1 і 3 декада), по повній – 1 раз на місяць (2

декада). У пунктах 2 категорії спостереження проводяться 5-6 разів на рік по повній програмі, а в пунктах 3 категорії – 2-4 рази на рік по повній програмі.

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

У табл. 4.5 наведені деякі ГДК ЗР, прийняті в Україні для морських вод.

Таблиця 4.5 - Перелік гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин для води внутрішніх морських вод і територіального моря України

Речовина	ГДК, мг/дм ³
1. Аміак (NH_3)	0,05
2. Амоній-іон (NH_4^+)	0,5 (0,39 <i>N</i>)
3. Бор	10,0
4. Броміди (у додаток до природного вмісту бромідів)	12
5. Залізо	0,05
6. Йодиди (у додаток до природного вмісту йодидів)	0,2
7. Калій	390,0
8. Кальцій	180,0
9. Магній	40,0
10. Марганець	0,01
11. Мідь	0,001
12. Натрій	7100
13. Нафтові вуглеводні розчинені та емульсовані	0,05
14. Нітрат-іон (NO_3^-)	40,0 (9,1 <i>N</i>)
15. Нітрит-іон (NO_2^-)	0,08 (0,02 <i>N</i>)
16. Сірководень	1,0
17. Сульфати	3500
18. Феноли	0,001
19. Фосфати в перерахунку на P	0,1
20. Фтор (у додаток до природного вмісту, але не вище їх сумарного вмісту 0,75 мг/дм ³)	0,05
21. Хлор вільний	відсутність
22. Хлориди	11900

В Україні моніторинг забруднення Чорного та Азовського морів здійснюють декілька організацій: структурні підрозділи Міністерства охорони навколишнього природного середовища України (у т.ч. Держінспекція охорони Чорного моря, Держінспекція охорони Азовського моря, Український науковий центр екології моря), Інститут біології південних морів НАН України (у тому числі його Одеська філія) та ін.

Об'єктами контролю Держінспекції є українські і закордонні судна і морські споруди, діяльність яких здійснюється у внутрішніх морських водах, територіальному морі, у морській економічній зоні України і на континентальному шельфі. Держінспекція здійснює: контроль за виконанням суднами національних і міжнародних вимог по запобіганню забруднення моря, за виконанням зобов'язань по реєстрації в судових документах операцій із шкідливими речовинами і їхніми сумішами; перевірку усіх фактів забруднення Чорного та Азовського морів із суден і берегових об'єктів; розрахунок розмірів відшкодування збитку; контроль за ходом робіт по 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.

Аналітичним відділом Держінспекції аналізуються більше 15 компонентів хімічного забруднення морських вод: *pH*, розчинений кисень, *БСК₅*, завислі речовини, азот амонійний, азот нітратний, фосфати, залізо, феноли, детергенти, НП, сульфідиди, вільний хлор та ін. Основні засоби вимірювальної техніки у лабораторії спостережень: солемір (солоність), фотоколориметр (азот загальний, азот амонійний, нітрити, нітрати, азот нітратний, фосфати, фосфор загальний, кремній, феноли, СПАР), іономір (*pH*), спектрофотометр (ВМ), хроматограф (НП, ХОП), ваги.

Питання для самоконтролю

- 1. Джерела, види та сучасний стан забруднення Світового океану.*
- 2. Як визначити категорії пунктів спостережень забруднення морів та океанів?*
- 3. Загальні вимоги до організації мережі моніторингу морського середовища.*
- 4. Які існують програми та системи спостережень за станом морських вод?*
- 5. Які проводять гідробіологічні спостереження за якістю вод Світового океану?*
- 6. Скільки раз на рік проводять спостереження по різних програмах у пунктах стаціонарної мережі моніторингу морських вод?*
- 7. Які компоненти хімічного забруднення морських вод визначають в аналітичних лабораторіях?*
- 8. Які одиниці вимірювання концентрації інгредієнту у морській воді?*

5 МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА І ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ

5.1 Геологічне середовище, як частина навколишнього природного середовища

Частина літосфери, а точніше земної кори, що безпосередньо виступає як мінеральна основа біосфери, є одним із найважливіших компонентів НПС, з кінця 70-х років ХХ ст. виділяється за назвою “геологічне середовище” (ГС). Під ГС розуміється та частина земної кори, яка взаємодіє з різними інженерно-господарськими об’єктами чи інженерними спорудами. Сукупність інженерної споруди з частиною ГС у зоні їх впливу, що мають фіксовані межі, називається *природно-технічною системою* (ПТС). ПТС охоплює деякий простір, що включає власне технічну систему, а також деяку частину ГС (більш широко – НПС) у межах зони впливу технічної системи на ГС. Розглядаючи термін “геологічне середовище”, необхідно відзначити, що тут проявляються як сили, викликані інженерно-господарською діяльністю людини, так і природні геологічні процеси, діючі сили яких знаходяться в надрах Землі, гідросфері й атмосфері.

Під ГС розуміється верхня частина літосфери, що розглядається як багатокомпонентна система, яка перебуває під впливом інженерно-господарської діяльності людини і, у свою чергу, певною мірою визначає цю діяльність [25]. Верхньою межею ГС є денна поверхня; нижня границя ГС неоднорідна по глибині в різних областях Землі. Вона визначається глибиною техногенного впливу в ході різних видів господарської діяльності; максимальна глибина техногенного впливу усе більш зростає і на даний час надглибоке буріння досягає 12262 м. У більшості випадків (наприклад, у міських агломераціях) глибина техногенного впливу складає кілька чи десятки сотень метрів. У ГС включаються ґрунти і верхні шари гірських порід (породи зони аерації і зони насичення), які розглядаються як багатокомпонентні системи. Необхідно відзначити, що межі ГС змінюються не тільки в просторі, але й у часі по мірі розвитку техногенних процесів і техногенезу в цілому. Щодо ГС, то її зовнішніми середовищами є атмосфера, поверхнева гідросфера (поверхневі води), поверхневі біоценози і власне техносфера, що включає усі види інженерних споруд і господарських об’єктів. Внутрішніми складовими частинами ГС є: 1) ґрунти і штучні (техногенні) ґрунти, будь-які гірські породи, що складають масиви тієї чи іншої структури і розглянуті як багатокомпонентні динамічні системи; 2) рельєф і геоморфологічні особливості розглянутої території; 3) *підземні води* (ПВ), газоподібні наповнення гірських порід; 4) геологічні і інженерно-геологічні процеси і явища, які розвинуті на даній території. У речовинному відношенні особливість ГС як підсистеми

полягає у тому, що поряд із природними поширені речовини антропогенного генезису, які є продуктами функціонування технічних систем чи речовинами об'єктів техносфери [26]. Деякі дослідники в ГС включають не лише гірські породи і ґрунти, але і приповерхневі води і біоту.

В.Т. Трофимов та ін. [27] замість терміну “геологічне середовище” ввели поняття “*приповерхнева частина літосфери*” (ПЧЛ), виключивши в неї приповерхневі води і ґрунти. У їхньому трактуванні верхня межа літосфери проходить по підшві гумусового шару ґрунту. Однак, якщо ґрунти розглядати як геохімічний бар'єр на шляху міграції техногенних ЗР, то вони є частиною ГС.

Слід відзначити, що ґрунти – об'єкт вивчення ґрунтознавства. На відміну від ґрунтознавства, в інженерній геології ґрунтами називаються всі гірські породи, властивості яких вивчаються задля цілей будівництва споруд, тобто, як природні основи інженерних споруд. В наведеному контексті і раніше в такому ж словосполученні маються на увазі ґрунти, як поверхневий родючий шар гірських порід.

ГС в цілому, так само як будь-яку його частину, геологічне тіло можна розглядати як систему. Системи, елементи яких повинні повністю або в основному бути представлені твердими, рідкими або газоподібними компонентами ГС, називаються геологічними системами, які розділяються на природні і природно-техногенні системи. Значна частина антропогенної діяльності обмежується літосферою. Умови взаємодії людини з довкіллям в межах ГС контролюються ендегенними, екзогенними, геохімічними та гідродинамічними процесами, які можуть бути природними і техногенними. Окремі геологічні явища можуть бути відтворені техногенною діяльністю людини [28]. Геологічні процеси змінюють склад, структуру оболонок Землі, формують рельєф поверхні і визначають глибинну побудову Землі.

5.2 Основні форми та показники техногенного порушення і забруднення геологічного середовища

Верхній шар літосфери (приблизно до 10 км) прийнято називати “надрами”, він використовується людиною для видобутку корисних копалин. Сучасний технічний прогрес базується на всезростаючому використанні природних ресурсів, в тому числі мінеральних ресурсів. Із надр вилучається близько 150 млрд. т гірських порід, в тому числі понад 20 млрд. т корисних копалин. В близькому майбутньому ця кількість збільшується у 4-6 разів. При сучасній технології видобутку і використанні корисних копалин тільки 1-5% від всього об'єму вилученого із надр реалізується у вигляді продуктів виробництва, а решта є відходами. Щорічно в світі утворюється близько 18 млн. т огаркових відвалів. При

виробництві калійних добрив із KCl , на кожен тону отриманого сильвініту утворюється 2,5-3,0 т відходів галіту, які складаються у вигляді солевідвалів (висотою до 25-30 м) і на які відводяться значні земельні ресурси. При отриманні 1 т P_2O_5 із апатитів і фосфоритів утворюється 4,25-5,5 т фосфогіпсу, який в більшості випадків іде у відвали; можливість його практичного використання дуже незначна (до 2%).

Для вилучення того чи іншого корисного компонента із мінеральної сировини використовується ряд послідовних процесів, які супроводжуються утворенням твердих відходів. Більшість твердих відходів є токсичними і негативно впливають на стан довкілля. Основними забруднювачами ГС є підприємства гірничої, гірничо-хімічної, машинобудівельної, хімічної та інших галузей промисловості. Головними джерелами забруднення ГС є підприємства металургійної промисловості, які викидають мільйони тонн шлаків з такими хімічними сполуками як SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MnO , FeO , Fe_2O_3 , U_2O_5 , TiO_2 , K_2O , домішки рідкісних ХЕ і т.д. Крім цього, різні види металургійного виробництва дають великі маси різноманітних за складом шлаків і пилу, які видаляються на звалища і займають значні земельні площі. Під впливом водної і вітрової міграції ЗР із звалищ розповсюджуються і забруднюють НПС [28].

Величезна кількість мінеральних природних ресурсів перероблюється на підприємствах хімічної промисловості. Відходи виробництва неорганічної продукції (сірчаної кислоти, калійних добрив, фосфатної кислоти, фосфатних добрив і т.д.) є значними забруднювачами ГС і інших природних середовищ.

Форми порушення і забруднення найбільш характерні для *гірничовидобувних підприємств*. Форма порушення або забруднення – це окреслено межею (у вигляді контуру чи ареалу) територіально-структурна одиниця гірничого виробництва в рамках ГС. За даними М.Д. Бойчука [28] в зоні впливу гірничого виробництва характерні геомеханічні (деформації масиву порід і земної поверхні, провали, виїмки, насипи, забудови), гідродинамічні (гідрологічні – поверхневі, гідрогеологічні – підземні), аеродинамічні (приземні) *порушення*, а також літосферні (поверхні), гідросферні (з розчиненими хімічними, твердими і газоподібними речовинами), атмосферні (з твердими, рідкими, газоподібними і пароподібними речовинами) та біоценотичні (фіто-, зоо- і мікробіоценози) *забруднення*.

Гірниче виробництво негативно впливає на стан елементів НПС: 1) *землі, ґрунт* (ландшафт) – деформації земної поверхні, порушення ґрунтового покриву, зменшення площі продуктивних угідь різного призначення, погіршення якості ґрунтів, зміна вигляду територій, зміна стану поверхневих і ґрунтових вод, осідання пилу і хімічних сполук внаслідок викидів в атмосферу, ерозійні процеси; 2) *надра* – зміна напружено-деформованого стану масиву гірських порід, зниження якості

корисних копалин і промислової цінності родовищ, забруднення надр, розвиток карстового процесу, втрата корисних копалин; 3) *водний басейн, води підземні* – зменшення запасів поверхневих і підземних вод, порушення гідрологічного і гідрогеологічного режимів водного басейну; 4) *води поверхневі* - забруднення водного басейну стічними і дренажними водами, погіршення якості вод в результаті несприятливих змін гідрохімічних і біологічних режимів природних вод; 5) *повітряний басейн* – забруднення (запилення і загазування) атмосфери; 6) *флора і фауна* – погіршення умов існування лісової, степової і водяної флори і фауни, міграція і скорочення чисельності диких тварин, пригнічення і зменшення чисельності дикоростучих рослин, спад урожайності сільськогосподарських культур, зниження продуктивності тваринництва, рибного і лісового господарств.

ГС в межах *урбанізованих територій* характеризується цілим рядом особливостей, до числа яких відносяться наявність штучних ґрунтів, значна закритість поверхні землі твердим покриттям, будівлями. Це доповнюється складним комплексом природних і штучних процесів, які відбуваються в межах ґрунтової товщі. Виникають особливі геофізичні і геохімічні поля, що впливають на стан ГС і умови існування живих організмів і людини.

ГС є літологічним простором для будівництва різних інженерних споруд і комунікацій, тому важливе значення мають інженерно-геологічні аспекти оцінки геолого-екологічних умов. У зв'язку з цим при проведенні інженерно-геологічних досліджень звичайно розглядають закономірності розвитку, методи прогнозу та інженерного захисту від таких процесів і явищ, як сельові прояви, болота і заболочені землі, карст, зсуви, сейсмічні явища та інше [28].

Розрізняють впливи на ГС фізичної, фізико-хімічної, хімічної і біологічної природи [26]. Для кількісної оцінки стійкості ГС додатково до техногенного впливу пропонується використовувати *коефіцієнт стійкості* (K_c), значення якого змінюється від 0 до 1. У випадку, коли зниження еколого-геологічної якості системи супроводжується зменшенням якого-небудь показника (наприклад, мінералізації ПВ при їхньому опрісненні), величина коефіцієнту стійкості визначається як

$$K_c = N_t / N_o, \quad (5.1)$$

де N_t - показник будь-якої ознаки ґрунту чи іншого компонента ГС, що зазнав техногенного впливу; N_o – той же показник до впливу.

У випадку, коли зниження якості системи характеризується збільшенням якого-небудь показника (наприклад, вмісту ЗР), K_c визначається як

$$K_c = N_o / N_t \quad (5.2)$$

За величиною коефіцієнту стійкості виділяються наступні категорії стійкості компонентів ГС до техногенного впливу: 1) дуже висока ($K_c = 1,0-0,95$); 2) висока ($K_c = 0,95-0,8$); 3) середня ($K_c = 0,8-0,5$); 4) низька ($K_c = 0,5-0,1$); 5) нестійка ($K_c = 0,1-0$).

Під еколого-геологічними умовами слід розуміти сукупність конкретних властивостей (функцій) літосфери, що відображають умови існування живих організмів у даному обсязі літосфери як неживу основу їхнього перебування.

Екологічна властивість літосфери - одна зі сторін літосфери, її екологічно значимий атрибут, обумовлений природою її речовинного складу, геодинамічних, геохімічних і геофізичних полів і органічно пов'язаний з життєзабезпеченням біоти, умовами її існування і еволюції.

Функції ПЧЛ (ГС) розглядаються з позицій життєзабезпечення й еволюції біоти і, головним чином, людського суспільства. Усе різноманіття функціональних залежностей між ПЧЛ (ГС) і живими організмами зводяться до наступних груп: ресурсної, геодинамічної, геохімічної і геофізичної [27, 29].

Існують наступні основні підходи до оцінки еколого-геологічного стану територій: 1) заснований на прямих кількісних оцінках компонентів ГС (породи, ПВ, ґрунти, донні відкладення, геологічні явища) – ГДК, ГДР, фонові значення і т.д.; 2) по ранжируванню території за техногенному навантаженні (незмінені, слабо-, середньо-, сильно- і дуже сильно змінені, катастрофічно змінені); 3) за оцінкою ролі “геологічної матриці” (ГС) у сучасному стані ЕС.

Слідом за Б.В. Виноградовим і ін. [30], у багатьох роботах виділяються 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 сталості ЕС, її відносної стабільності. Значення прямих критеріїв нижчі за ГДК чи фонові значення. Деградація земель (яружна, вітрова і водяна ерозії зі знищенням гумусового шару і вторинне засолення з втратою родючості; або площа земель, виведена із сільськогосподарського землекористування) складає менш 5% території.

Зона екологічного ризику (Р) містить у собі території з помітним зниженням продуктивності і сталості ЕС, що веде до спонтанної деградації ЕС, але ще зі зворотними порушеннями. Територія вимагає розумного господарського використання і заходів щодо поліпшення екологічних умов. Значення прямих критеріїв перевищують ГДК чи фон. Деградовано 5-20% земель від загальної площі.

Зона екологічної кризи (К) містить у собі території із сильним зниженням продуктивності і втратою сталості ЕС, і важко зворотними

порушеннями. Необхідне вибіркове господарське використання території із застосуванням докорінних заходів щодо поліпшення екологічних умов. Значення прямих критеріїв значно перевищують ГДК чи фон. Деградовано 20-50% земель.

Зона екологічного лиха (Л) містить у собі території з повною втратою продуктивності і сталості ЕС, практично необоротними порушеннями ЕС, що виключають її з господарського використання. Значення прямих критеріїв у десятки разів перевищують ГДК чи фон. 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, від інтегрального стану усіх абіотичних середовищ, а і від соціально-економічних факторів.

Для оцінки еколого-геологічних умов використовуються прямі й індикаторні критерії, що за характером оцінки підрозділяються на ресурсну, геодинамічну, геохімічну і геофізичну групи. Прямі критерії оцінки 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 ступеню забруднення літосфери; 4) у геофізичній групі - критерії оцінки радіаційного забруднення і т.д. [29].

Медико-геологічне ранжирування територій з зазначенням ділянок (сприятливих чи несприятливих) для функціонування біоти і проживання людей, - є основою для розміщення об'єктів промислового і цивільного будівництва, визначення місць рекреації і т.д.

Спеціалістами ДГП “Геопрогноз” [28] був проведений аналіз техногенного навантаження на НПС і загальної захворюваності ($\Sigma \text{Зах.}$) населення України. Показником загального техногенного навантаження є *модуль техногенного навантаження (M_m)*, який визначається як сума вагових одиниць всіх видів відходів (твердих, рідких, газоподібних) промислових, сільськогосподарських і комунальних об'єктів за часовий проміжок – 1 рік, віднесений до площі адміністративного району або області, в межах якої розташовані ці об'єкти, тобто модуль виражається в т/км^2 на рік. З метою отримання показників техногенного забруднення і загальної захворюваності населення (кількість хворих на 100 тисяч населення), модулі було переведено в безрозмірні величини: *приведене техногенне навантаження* (відношення M_m по конкретній адміністративній області до мінімального значення M_m для України -

M_i / M_{min}) і *приведену захворюваність* (відношення показників загальної захворюваності для даної області до мінімального значення захворюваності - $\Sigma \text{Зах.}/\text{Зах}_{min}$) для України. Аналіз свідчить, що між захворюваністю населення і техногенними навантаженнями для більшості областей простежується певна залежність. Причому, ця залежність більш чітко виражена для областей з відносно більш низькими або середніми значеннями показників.

Огляд більш детальних уявлень про ГС та його функції, критерії оцінки еколого-геологічного стану територій, основні причини та негативні наслідки забруднення окремих компонентів ГС наведені у роботі [31] і являють собою теоретичну основу для МГС.

5.3 Загальна структура моніторингу геологічного середовища

Призначенням МГС є встановлення тенденцій розвитку ГС або його частини у межах ПТС і на основі цього – прийняття керуючих рішень по оптимізації функціонування ПТС. Основною *метою* МГС повинен бути оперативний контроль стану та прогнозування змін ГС, а також розробка природоохоронних заходів і керуючих рішень на базі результатів моніторингових досліджень. Окрім управлінських задач, МГС має виконувати і науково-дослідні задачі (наприклад, перевірка будь-якої теоретичної моделі і т. ін.) [26].

Структурну схему МГС можливо надати у вигляді 2-х основних блоків – контролю і управління, які пов'язані між собою каналами інформації, а також автоматизованої інформаційної системи (АІС) і системи інженерного захисту [32]. Ця схема відображає і функціональну структуру МГС у вигляді складної макросистеми, яка складається із систем різного призначення і функцій. Нижче наведено загальну характеристику основних, логічно пов'язаних, системних блоків за даними В.О. Корольова [26].

I. Рівні моніторингу. Нижчим ієрархічним рівнем є *детальний (об'єктний)* МГС (система моніторингу території підприємств, родовищ корисних копалин, господарських комплексів і т. ін.). Сукупність систем детального моніторингу утворює *локальний* рівень МГС (міські, районні системи МГС). Детальний і локальний моніторинг призначений для оцінки змін ГС під впливом існуючого, або об'єкту (комплексу об'єктів), які проектуються. Локальні системи об'єднуються в системи *регіонального* МГС - для оцінки змін ГС територій комплексного антропогенного засвоєння (обласних територіально-виробничних комплексів і т. ін.). Системи регіонального МГС об'єднуються в єдину *національну (державну)* мережу МГС (наприклад, система екологічного моніторингу України, яка включає і блок МГС). В межах екологічної програми ООН національні системи моніторингу об'єднуються в єдину

міждержавну (глобальну) мережу – “Глобальна система моніторингу навколишнього середовища” (ГСМНС), яка включає і геологічну складову.

II. Функціональна система. Суть і зміст МГС складає система цілеспрямованої діяльності, яка включає упорядкований набір процедур, організованих в цикли: спостережень (C_1), оцінки стану ГС за результатами спостережень (O_1), прогнозу розвитку ГС (P_1) і управління (U_1). Масив інформації постійно поповнюється новими даними на новому терміновому циклі (C_2, O_2, P_2, U_2 і т. ін.), тобто МГС представляє собою постійно діючу, складно побудовану, циклічно функціонуючу систему, яка розвивається у часі по спіралі.

III. Об'єкти моніторингу. Основними об'єктами спостережень і вивчення є: родючі ґрунти, гірські породи, штучні ґрунти, рельєф території, підземні води, геологічні і інженерно-геологічні процеси та явища, система інженерного захисту. Слід відзначити, що віднесення родючих ґрунтів до об'єктів МГС залежить від трактування поняття “геологічне середовище”. До об'єктів підсистеми МГС можливо відносити: моніторинг ПВ, моніторинг екзогенних геологічних процесів і т. ін., які у свою чергу можуть бути деталізовані. Наприклад, у підсистемі гідрогеологічного моніторингу можливо виділяти: забруднення ПВ, виснажування запасів ПВ, підтоплення територій, фоновий режим ПВ і т. ін. Оскільки усі компоненти ГС взаємопов'язані, то МГС може охоплювати не окремі частини, а бути комплексним.

IV. Виробнича база. Ця система об'єднує різні джерела отримання інформації про ГС: різні види інженерно-геологічних, гідрогеологічних, геофізичних, геохімічних, геоморфологічних та інших спостережень; усі види зйомочних робіт; лабораторні дослідження; різні роботи по організації системи інженерного захисту; моделювання ГС і його елементів і т. ін.

V. Система науково-методичних розробок включає в себе методики і програми спостережень, методики оцінки і прогнозування та є “мозковим центром” усього МГС.

VI. Технічна база. До технічного забезпечення входять: апаратура для спостережень і збору первинної інформації про стан ГС, технічні засоби для польових досліджень, транспортні засоби, лабораторне обладнання, обчислювальна техніка, оргтехніка і т. ін.

Основу організаційної структури МГС складає автоматизована інформаційно-пошукова система (АПС), яка створюється на базі ЕОМ для зберігання і пошуку режимної інформації про стан ГС и ПТС; цілеспрямованої постійної обробки і оцінці інформації; виконання перманентних прогнозів стану і розвитку ГС; рішення задач по оптимізації управління ГС.

5.4 Методи вивчення техногенних змін геологічного середовища

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

Інвентаризаційні спостереження включають в себе набір трудомістких та дорогоцінних спостережень за об'єктами ГС, які звичайно 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 більш) 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 в цілях 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 удосконалення 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*. По аналогії із 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.), *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 якого 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 *досвідно-методичні полігони і полігони для наукових досліджень*.

Серед дистанційних методів спостережень в системі МГС використовуються *аерокосмічні* (телевізійна, інфрачервона, радіотеплова, радіолокаційна радарна і багатозональна зйомки, фотозйомка і т. ін.) методи, суть яких висловлено у відповідних розділах цього підручника. Окрім того, широко використовуються геофізичні методи (сейсмоакустичне зондування, електричне зондування, термометрія і т.д.) [26].

5.5 Особливості проведення моніторингу геологічного середовища в Україні

Особливості еколого-геологічних досліджень, основні положення про МГС України, інформаційно-керуючі фактори розвитку території в умовах екологічних обмежень, моніторинг природно-антропогенних геосистем (ПАГС), моделі МГС (статична, динамічна) та інші питання детально розглянуті у роботі [28].

Створення *системи екологічного моніторингу (СЕМ) „Україна”* здійснюється відповідно до Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища” (статті 20 і 22) і пов'язаним з цим рішенням Уряду України.

Аспекти екологічної геології займають важливе місце у створенні і використанні СЕМ „Україна”. Спостереження (вимірювання) параметрів стану геологічного середовища (ГС) здійснюється в загальному випадку на чотирьох рівнях зондування літосфери: космос - повітря - земля - свердловина, що забезпечує отримання геологічної, гідрогеологічної, геофізичної, геохімічної та іншої інформації в різних масштабах (регіональному, територіальному або зональному, локальному і об'єктовому). Для цього використовуються відповідні методи і засоби, серед яких значне місце посідають картографічні відображення ретроспективного, існуючого і прогнозного стану ГС. Основні задачі, які постають перед геологічною службою України в плані моніторингу геологічного середовища (МГС), обумовлені такими принципами:

- наявністю цілого ряду природно-техногенних систем (ПТС), пов'язаних з геологорозвідувальними, гірничовидобувним та гірничопромисловим комплексом, які знаходяться на стадіях оптимального

розвитку (розробка родовищ), на стадіях ліквідації (відпрацьовані запаси) та в післяліквідаційний період (в межах ПТС рекомендується організація мережі спостережень за станом довкілля, формування геоінформаційних систем (ГІС), ускладнення постійно діючих моделей, прогноз та керований контроль);

- паралельно створюється мережа спостережень за фоновим рівнем, які забезпечують потік інформації поза екстремальними ситуаціями в рамках ГС.

Отже, створення у складі СЕМ „Україна” блоку відомчого екологічного моніторингу „геологічне середовище” (БВЕМ ГС) є органічним і актуальним вдосконаленням системи геологічної діяльності, яке з кінця 1980-их років передбачає проведення еколого-геологічних досліджень (еколого-геологічне картографування території).

Безперервне стеження за динамікою змін усіх компонентів ПАГС повинно забезпечити охоплення усіх їх від глобальних і регіональних до локальних масштабів. Виділення ПАГС проводиться на базі ландшафтного районування території. Ландшафтно-геохімічні умови території є базою, яка приймає основний потік техногенних елементів. Зміни цих умов дозволяють у цілому оцінювати техногенні навантаження на ГС. В найбільшій ступені на техногенне навантаження реагує верхня частина ґрунтового покриву. Тому ґрунотно-геохімічні фактори є основною характеристикою сучасних ландшафтно-геохімічних умов, які в значній мірі визначають забрудненість компонентів ГС.

Національний МГС України забезпечується мережею станцій спостережень (1 станція на 1000 км²), які ведуть дослідження в масштабі 1: 1 000 000. Наступний рівень ЕМ – регіональний в масштабі 1: 500 000 – розробляється для природних регіонів і, в першу чергу, для рекреаційних зон.

5.6 Основні фактори та показники техногенного порушення і забруднення ґрунтового шару

Ґрунт (родючий ґрунт) - особливе органо-мінеральне природноісторичне утворення, яке виникло внаслідок впливу живих організмів на мінеральний субстрат і розкладу мертвих організмів, впливу природних вод і атмосферного повітря на поверхневі горизонти гірських порід у різних умовах клімату і рельєфу в гравітаційному полі Землі [2].

Постійне зниження площі і об'єму педосфери відбувається під впливом природних і антропогенних факторів. До перших відносяться: природна ерозія; природні шкідники, хвороби і бур'яни; зростання народонаселення. Основними антропогенними факторами забруднення і вилучення землі є: технічне перетворення (підземне будівництво, видобуток корисних копалин); штучна ерозія (осування боліт, оголення

землі та ін.); хибне господарювання (зміни гідрологічного режиму, неефективне сільськогосподарське виробництво, випалювання рослинності, винищування лісів); забруднення (теплоенергетичне, транспортне, сільськогосподарське, комунально-побутове, промислове); відвід під будівництво (гідротехнічне, транспортне, промислове, житлове). 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, виключення 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, опустелювання, антиагротехнічні заходи, знищення лісів, використання пестицидів, кислотні опади тощо.

Найбільшу шкоду педосфері наносить *ерозія* - руйнування гірських порід, ґрунтів або будь-яких інших поверхонь з порушенням їх цілісності і зміною їх фізико-хімічних властивостей, які звично супроводжуються переносом частинок з одного місця на інше. Причинами ерозії у природі є: вітер (вітрова ерозія або *дефляція*), різкі коливання температури повітря й поверхонь об'єктів, вода (водна ерозія), яка переміщується, водорозчинні кислоти, хімічне і фізичне забруднення середовища, вплив біологічних агентів (витоптування, біохімічний вплив і т.д.). Причинами втрати ґрунтів є: неправильна оранка, надмірна експлуатація пасовищ (без урахування місткості середовища), знищення рослинного покриву (передусім лісів), зрошування, засолення тощо.

Опустелювання - більш широкий процес погіршення і зниження продуктивності територій; відбувається в будь-яких кліматичних умовах, а її інтенсивність залежить від водного і 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. На Землі 900 млн. га знаходиться під пустелями, зобов'язаними своїм походженням людині, біля 5-7 млн. га щорічно випадає з освоєння внаслідок аридизації. За 2 тис. років пустеля захопила територію, яка в разі сільськогосподарського використання могла б прогодувати людство.

Засолення спричиняє повне або часткове виключення ґрунтів з активного сільськогосподарського використання або зменшення їх продуктивності. Основна причина - непомірний, безсистемний полив при відсутності дренажу. Повторне засолення: неглибоко залягаючи мінералізовані ґрунтові води, підіймаючись капілярами ґрунту і випаровуючись, залишають солі у поверхні; при непомірному поливі

відбувається підйом ґрунтових вод, заболочування і засолення ґрунту солями, розчиненими в цих водах (при глибокому заляганні ґрунтових вод засолення можливе над ущільненим шаром). Засолення ґрунтів характерне для країн Близького і Середнього Сходу, Австралії, США, Мексики, Аргентини, повторне Індія, Китай, США (25-27% всіх зрошуваних площ). За даними ФАО, не менш як 50% площ всіх зрошуваних земель в світі засолено. Найбільш важливі питання охорони ґрунтів від засолення; відновлення і підвищення родючості зрошуваних ґрунтів; вдосконалення існуючих і розробка нових методів прогнозу водно-сольового режиму зрошуваних районів; вирівнювання родючості зрошуваних територій напівпустельної і сухостепної зон, придання ґрунтам однорідних водно-фізичних і агротехнічних якостей.

Відбувається відчуження земель на будівництво шляхів, промислових підприємств, житла, комунікацій, розширення міст (в цей час понад 60 млн. га). Для зменшення вилучення земель для несільськогосподарських цілей необхідно: розробка науково-обґрунтованих норм земельних площ для будівництва і встановлення суворого контролю за їх дотриманням; використання земель, непридатних для сільського господарства; підвищення кількості поверхів забудови міст; прокладка комунікацій під землею; науково обґрунтовані розрахунки при створенні водосховищ.

Близько 15% поверхні суші деградовано під впливом антропогенної діяльності (55,7% порушень викликано водною ерозією, 28% - вітровою ерозією, 12,1% - хімічним впливом, 4,2% - фізичним впливом). Насамперед відбувається забруднення ґрунту як найбільш доступного елемента верхньої частини земної кори. Цей процес виключно небезпечний, оскільки орні землі складають близько 10% території суші, а пасовища і сінокоси - 20%. Так, за порівняно короткий період з 1950 по 1977 рік площа орної землі на душу населення в колишньому СРСР скоротилася з 1,06 до 0,87 га, незважаючи на освоєння нових земель. При загальній площі України 60,4 млн. га на ріллю припадає 34,2 млн. га (54,96%), луки - 6,17 млн. га (10,2%). У окремих степових і лісостепових районах розорані землі складають 80-90%, що є небажаним в економічному і екологічному плані, оскільки різко зменшується загальний природний потенціал території (для порівняння: Франція і Туреччина, які мають приблизно таку ж чисельність населення, характеризуються набагато меншими площами розораних земель - відповідно 17 і 19 млн. га). Через водну ерозію втрачається значна кількість ґрунту. Так, за 1966-1991 рр. (25 років) вміст гумусу зменшився з 3,5 до 3,2% [33].

Під хімічним забрудненням ґрунту потрібно розуміти зміну хімічного складу ґрунту внаслідок антропогенної діяльності, що спричинила погіршення його якості. Забруднення ґрунтового покриву зумовлене двома факторами: забруднення, пов'язане з викидами промислових

підприємств, енергетики, транспорту; забруднення, зумовлене використанням в сільському господарстві хімічних засобів захисту рослин і добрив. Воно зберігається упродовж тривалого часу, тому що здатність ґрунтів до самоочищення невелика або її може не бути зовсім (це залежить, головним чином, від ступеня динамічності вод зон аерації й насичення). Найбільш згубний вплив справляють кислотні дощі, які руйнують структуру ґрунтів, нищать мікроорганізми і привносять у ґрунти токсичні речовини.

Значну шкоду ґрунтам наносить забруднення *важкими металами* (ВМ), найбільш небезпечними із яких є *Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn*. Виробнича діяльність людини призводить до забруднення важкими металами і іншими токсичними речовинами майже до утворення антропогенних геохімічних аномалій навколо промислових центрів і вздовж автомагістралей. Внаслідок роботи металургійних підприємств на поверхню ґрунтів щорічно викидається не менше ніж 150 тис. т *Cu*, 122 тис. т *Zn*, 90 тис. т *Pb*, 12 тис. т *Ni*, 1500 т *Mo*, 800 т *Co* і 31 т *Hg*. Свинець надходить також разом із викидами автотранспорту (поблизу автотрас на відстані до 200 м вміст *Pb* в 25-30 разів вищий, ніж у звичайних районах), а ртуть - з отрутохімікатами. Суперфосфатні заводи забруднюють ґрунти недогарковим пилом, який містить *Fe, Cu, As, Pb, F*. Внаслідок спалювання каустобіолітів на земну поверхню щорічно надходить 1600 т *Hg*, 3600 т *Pb*, 2100 т *Cu*, 7000 т *Zn*, 3700 *Ni*, а з вихлопними газами - 260 тис. т *Pb*. Деякі промислові підприємства перекачують до хвостосховищ, шламових ставів та накопичувачів різноманітні солі кольорових і важких металів, ціаніди, сполуки миш'яку, ароматичні вуглеводні. Кожний м² ґрунтів щорічно поглинає із атмосфери 6 кг шкідливих речовин, що призводить до концентрування цих компонентів у ґрунтах, змін фізико-хімічних властивостей останніх.

У розвинених країнах відбувається зростання сільськогосподарської продукції на 50-60%, пов'язане із застосуванням мінеральних добрив, що дозволяє задовільнити потреби рослин у основних елементах споживання, а також значно підвищити урожайність сільськогосподарських культур. Разом із урожаєм вилучаються біогенні елементи (*N, P, K*, меншою мірою *S, Ca, Mg* та ін.). Отже, виникає необхідність внесення в ґрунт сполучень цих елементів у кількості, еквівалентній вилученій з урожаєм. Частіше за все вносять: нітрат амонію, нітрат кальцію, сульфат амонію та сечовину; фосфор вносять у вигляді суперфосфатів; кислі ґрунти нейтралізують вапняком та гіпсом. Оскільки мінеральні добрива застосовують у неочищеному вигляді, то разом з ними в ґрунти потрапляють метали й металоїди, малорухливі в цьому середовищі (мобільність збільшується у ряді: *Hg, Pb > As, Cd > Zn*). Вони накопичуються у поверхневих горизонтах, де зосереджена коренева система рослин.

Використовуючи біологічну культивуацію, у ґрунт повертаються елементи у органічній формі, вилучені урожаєм, а, отже, відпадає необхідність внесення мінеральних добрив і знижується можливість забруднення ґрунтів. На початку ХХІ сторіччя прогнозується застосування добрив дозою 300 кг/га, що приведе до надлишку NO_3^- , який не сорбується ґрунтами і забруднює води. Відходи тваринництва приводять до забруднення аміаком. При зрошуванні стічними водами відмічаються аномально високі концентрації NO_3^- (до 400 мг/кг ґрунту) і NH_4^+ (до 2200 мг/кг ґрунту). Застосування низькорозчинних сполук фосфору призводить до накопичення його в ґрунтах. Застосування калійних добрив (KCl) призводить до накопичення в ґрунтах іонів хлору.

Пошук максимальної продуктивності при індустріальній експлуатації земель призводить до перенасичення ґрунтів мінеральними добривами. При цьому часто забувається, що підвищення врожайності має тенденцію до уповільнення, в той час як зростає кількість добрив, що вносяться. Лише 50% добрив, які вносяться у агроєкосистеми США, засвоюються рослинами. При використанні добрив порушується кругообіг азоту (надлишок нітратів щорічно сягає 9 млн. т), фосфору (накопичення в ґрунтах, у хімічному зв'язку з Ca , Al та Fe , далі в водоймищах, викликаючи їх евтрофікацію). Систематично в агроєкосистемах руйнується і виключається з них гумус. Не повертається у землю гній, а після аміачного бродіння він забруднює водоносні шари. У містах велика кількість здатних до бродіння органічних речовин, що містяться у харчових відходах, накопичуються на звалищах.

Забруднення ґрунтів відбувається і внаслідок застосування *пестицидів*, до яких згідно з ДСТУ 3180-95 відносяться речовини (суміш речовин) хімічного або біологічного походження, що використовуються для боротьби з організмами, які завдають шкоди сільськогосподарським культурам або запасам сільськогосподарських продуктів, для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників хвороб тварин і рослин, а також для регулювання розвитку організмів. Пестициди за дією на шкідників поділяються на такі групи: гербіциди (засоби знищення бур'янів), інсектициди (засоби для боротьби зі шкідливими комахами), нематоциди (засоби для знищення черв'яків), фунгіциди (засоби для боротьби з грибними і вірусними захворюваннями), бактерициди (засоби для винищення збудників хвороб) та ін. Отруйні та відстрашувальні препарати, що застосовуються задля обкурювання сільгоспугідь, тваринних дворів і побутових споруд, називають фумігантами, а речовини, які відстрашують тварин - репелентами. Окрім того, застосовуються дефоліанти - засоби для видалення листя (наприклад, бавовника під час механічного збору). За хімічним складом розрізняють пестициди хлорорганічні (ХОП), фосфорорганічні (ФОП), що містять Hg , As , Pb , і інші токсичні сполуки. До числа найбільш широко використовуваних

відносяться ФОП, серед яких є високоактивні препарати різного призначення. При характеристиці пестицидів особливо часто використовується як токсикологічний показник LD_{50} - *доза середня летальна ефективна*, яка спричиняє загибель у 50% стандартної групи тварин при певному терміні такого спостереження; при введенні токсикантів в шлунок до 50 мг/кг - сильнодіючі речовини, 50-200 - високотоксичні, 200-1000 - помірно токсичні, більше за 1000 мг/кг - малотоксичні.

На ділянках інтенсивного впливу промислових підприємств спостерігається пригнічення рослинності аж до її повного знищення і різке зростання процесів ерозії ґрунтів. Порушується структура ґрунту, зменшується пористість, водопроникність, що різко погіршує водно-повітряний режим. У місцях сильного забруднення верхній шар ґрунту може складатися із пилових частинок аерозолів, золи, шлаку і т.д. Одними із найнебезпечніших токсичних речовин є *Hg*, *Pb* (верхній гумусовий шар), які добре адсорбуються ґрунтами і погано вимиваються із них; *As* і *Cd* адсорбуються гірше, більш мобільний *Zn*, особливо в еродованих ґрунтах.

Внаслідок неповного згоряння органічного палива утворюється канцерогенний бенз(а)пірен, який нагромаджується в ґрунтах і переміщується по трофічних ланцюгах. Велику небезпеку представляє забруднення ґрунтів важкими металами. Джерелом забруднення ґрунтів служать звалища промислових і побутових відходів. Забруднюють ґрунти довгоживучі техногенні радіонукліди (^{129}I , ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{239}Pu та ін).

Профілактичні і активні заходи щодо зменшення забруднення ґрунтів такі: суворе виконання положень закону про охорону природи; контроль за надходженням, вмістом в ґрунтах ЗР; вивчення можливих процесів трансформації ЗР в ґрунтах і на цій основі прогнозування можливого забруднення ґрунтів; максимальне можливе скорочення застосування найбільш небезпечних пестицидів; розробка нормативів ГДК речовин в ґрунтах з урахуванням процесів самоочищення ґрунтів.

При підвищенні кількості легкорозчинних солей ґрунти стають засоленими, в результаті пригнічуються і гинуть культурні рослини. Засоленість проявляється не лише при підвищеній солоності ґрунтів, але й при безсистемному поливі погано дренованих масивів, при використанні для зрошення мінералізованих вод, при підвищенні рівня ґрунтових вод.

Щорічно у ґрунтах знижується вміст гумусу (1,5-1,8 т/га в рік), що призводить до ущільнення і знижує їх водомісткість в 15-20 разів. Дегуміфікація пов'язана із зменшенням кількості і погіршенням якості органіки, що поступає в ґрунт; для запобігання цьому процесу необхідно внесення гною в кількості 8-12 т/га в рік, заорювання пожнивних залишків в ґрунт, застосування мульчування поверхні соломною і ін., використання мінеральних добрив тощо. Оптимальним вважається вміст гумусу у верхніх горизонтах чорноземів 5-7%. Ущільнення ґрунту і погіршення

його фізичних властивостей відбувається через навантаження сільськогосподарської техніки. Так, трактори здатні ущільнити чорноземи до 1,5 г/см³ в шарі 0-20 см і сприяти ущільненню до глибини 60-70 см.

Грунтові критерії відображають погіршення властивостей ґрунтів і є одним з найбільш важливих факторів формування зон (класів) *Н, Р, К* и *Л* (табл. 5.1). Найбільший інтерес представляють ґрунтово-ерозійні критерії, які прямо пов'язані як із природними геологічними процесами, так і з антропогенними факторами і які прискорюють процес деградації ґрунтового покриву.

Таблиця 5.1 - Оцінка стану ґрунтів в залежності від їх змін природно-техногенними геологічними процесами [30]

Показники	Класи (зони) екологічного стану			
	З (Н)	УЗ (Р)	НЗ (К)	К (Л)
Вміст гумусу, % від початкового	> 90	90-70	70-30	< 30
Площа вторинне засолених ґрунтів, %	< 5	5-20	20-50	> 50
Глибина змитості ґрунтових горизонтів	немає	змиті горизонт А ₁ або 0,5 горизонту А	змиті горизонт А і В і частина АВ	змиті горизонти А и В
Глибина змитості ґрунтових горизонтів, % ґрунтового профілю	< 10	10-30	30-50	> 50
Площа підґрунтових порід, % загальної площі	< 5	5-10	10-25	> 25
Площа повітряної ерозії, %	< 5	10-20	20-40	> 40

За ступенем небезпеки хімічні речовини, які забруднюють ґрунтовий покрив, підрозділяються на 3 класи (ГОСТ 17.4.1.02-83): *1 – високо небезпечні, 2 – задовільно небезпечні, 3 – мало небезпечні* (табл. 5.2).

При санітарно-гігієнічному нормуванні враховуються *показники шкідливості: транслокаційний (K₁) – лімітуючий перехід нормованої ЗР у рослину; міграційний водний (K₂) - лімітуючий перехід нормованої ЗР у водне середовище; міграційний повітряний (K₃) - лімітуючий перехід нормованої ЗР у повітряне середовище; загальносанітарний (K₄) - оцінюючий здатність ґрунту до самоочищення і ґрунтовий мікробоценоз* (табл. 5.3).

Таблиця 5.2 - Критерії класів небезпечності хімічних речовин в ґрунтах

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

Таблиця 5.3 - ГДК окремих хімічних речовин в ґрунтах і допустимий вміст за показником шкідливості [34]

Найменування	Клас небезпеки	Форма, вміст	ГДК, мг/кг ґрунту з урахуванням фону	Показник шкідливості (K_{max})			
				K_1	K_2	K_3	K_4
Zn	1	рухома	23,0	23,0	200,0	-	37,0
Cu	2	-«-	3,0	3,5	72,0	-	3,0
Ni	2	-«-	4,0	6,7	14,0	-	4,0
Co	2	-«-	5,0	25,0	> 1000,0	-	5,0
Cr	2	-«-	6,0	6,0	6,0	-	6,0
F	1	водорозчинна	10,0	10,0	10,0	-	25,0
Pb	1	валовий вміст	30,0	35,0	260,0	-	30,0
As	1	-«-	2,0	2,0	15,0	-	10,0
Hg	1	-«-	2,1	2,1	33,0	2,5	5,0
Pb + Hg	1	-«-	20,0+1,0	20,0+1,0	30,0+2,0	-	50,0+2,0
Sb	2	-«-	4,5	4,5	4,5	-	50,0
Mn	3	-«-	1500,0	3500,0	1500,0	-	1500,0
V	3	-«-	150,0	170,0	350,0	-	150,0
Mn + V	3	-«-	1000,0+100,0	1500,0+150,0	2500,0+200,0	-	1000,0+100,0
H ₂ S	3	-«-	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
H ₂ SO ₄	1	-«-	160,0	180,0	380,0	-	160,0
NO ₃ ⁻	2	-«-	130,0	180,0	130,0	-	225,0
Бензол	2	-«-	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	2	-«-	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0
Альфа-метилстирол	2	-«-	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0
Стирол	2	-«-	0,1	0,3	100,0	0,1	1,0
Ксилол	2	-«-	0,3	0,3	100,0	0,4	1,0

Відзначені показники розглядаються як критерії оцінки забруднення ґрунтів і гірських порід неорганічними й органічними речовинами. На підставі даних показників розроблено чотири критерії ступеня забруднення ґрунтів і вод органічними і неорганічними речовинами: слабкий, середній, сильний і дуже сильний (табл. 5.4), що може бути використана для картографування еколого-геологічних умов.

Таблиця 5.4 - Критерії оцінки ступеню забрудненості ґрунтів [34]

Вміст в ґрунті, мг/кг	Клас небезпеки сполук		
	1	2	3
<i>Неорганічні речовини</i>			
> K_{\max}	дуже сильний	дуже сильний	сильний
1 ГДК - K_{\max}	дуже сильний	сильний	середній
2 фона - ГДК	слабкий	слабкий	слабкий
<i>Органічні речовини</i>			
> ГДК	дуже сильний	сильний	середній
2 ГДК - 5 ГДК	сильний	середній	слабкий
1 ГДК – 2 ГДК	середній	слабкий	слабкий

Загальну оцінку ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за критеріями, що прийнятні і для ПЧЛ (табл. 5.5), або виділяти слабо-, середньо- і сильно забруднені ґрунти. У слабо забруднених ґрунтах вміст ЗР не перевищує ГДК, чи фонове значення. У середньо забруднених - перевищення ГДК (фону) незначне і не приводить 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 оцінку за ступенем забруднення окремими ЗР (ВМ, НП, бенз(а)піреном і т.д.).

Для виключення техногенної складової використовуються дані по незабруднених територіях, чи територіях з викопними ґрунтами, що не зазнали антропогенного “пресу”.

Як приклад, можна розглянути критерії оцінки забруднення ґрунтів НП. Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація 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 ПВ і поверхневих вод. Небезпечним рівнем забруднення ґрунту вважається рівень, що перевищує межу потенціалу самоочищення.

Таблиця 5.5 - Класи (зони) екологічного стану ґрунтів [30]

Показник	Класи (зони) екологічного стану			
	<i>З (Н)</i>	<i>УЗ (Р)</i>	<i>НЗ (К)</i>	<i>К (Л)</i>
Родючість ґрунтів, % від потенційної можливості	> 85	85-65	65-25	< 25
Вміст гумусу, % від початкового	> 90	90-70	70-30	< 30
Вміст легкорозчинних солей, % от маси	< 0,6	0,6-1,0	1,0-3,0	> 3
Вміст токсичних солей, % от маси	< 0,3	0,3-0,4	0,4-0,6	> 0,6
Площа повторно засолених ґрунтів, %	< 5	5-20	20-50	> 50
Вміст пестицидів в ґрунті, од. ГДК	< 0,5	0,5-1,0	1-3	> 5
Вміст забруднювальних речовин, од. ГДК	< 1	1-3	3-10	> 10
Залишковий вміст нафти і нафтопродуктів в ґрунті, % от маси	< 1	1-5	5-10	> 10
Ступінь змитості ґрунтових горизонтів	немає	змити горизонт А ₁ або 0,5 горизонту А	змити горизонт А і В і части- на АВ	змити горизон- ти А і В
Глибина змитості ґрунтових горизонтів, % ґрунтового профілю	< 10	10-30	30-50	> 50
Площа дефляції, %	< 5	10-20	20-40	> 40
Площа рухомих пісків, %	< 5	5-15	15-25	> 30

У закордонних 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.

У країнах ближнього зарубіжжя ГДК для НП у ґрунті не розроблені, за винятком Татарстану (Росія) - 1,5 г/кг, що відповідає транслокаційному показнику шкідливості. При том минулому визначені міграційний водний показник шкідливості (13,1 г/кг), міграційний повітряний (більш 5 г/кг) і загально санітарний (більш 5 г/кг). Показники шкідливості встановлені для найбільш токсичної сірчистої нафти карбонових відкладень. В Україні ГДК нафти і НП у ґрунті не визначені, мається лише посилення на орієнтовно допустиму концентрацію (ОДК) - 0,2 мг/кг [35]. Як справедливо відзначають В.І. Соловйов і ін. [36], що ця величина ОДК явно завищена, тому що геохімічний фон вмісту НП у ґрунті в європейських країнах коливається в межах 0,01–0,5 г/кг, а у великих містах України звичайні концентрації - 1–3 г/кг. На територіях, що прилягають до підприємств переробки, видобутку нафти, фон досягає 6 г/кг. Згідно з КД

41-5804046-200-91[37], ОДК для ґрунту складає 4 г/кг. 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 наступні 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 - більш 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, тому що при цих концентраціях починається міграція НП у підґрунтові води, істотно порушується екологічна рівновага в ґрунтовому біоценозі [36]. Треба думати, що концентрації менш 5 г/кг відповідають зоні екологічної норми (*H*), 5- 13 г/кг – ризику (*P*), 13-15 г/кг – кризи (*K*) і більш 25 г/кг – зони лиха (*L*).

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

У районах сільськогосподарської діяльності і гідромеліоративного освоєння земель забруднення ґрунту й інших компонентів ГС пов'язане, насамперед, із внесенням азотних, калійних і фосфорних добрив, обробкою культурних рослин пестицидами (табл. 5.6).

Нормування забруднення ґрунтів з розробкою науково обґрунтованих ГДК - задача складна і ще далеко невирішена як в Україні, так і в інших країнах.

За ступенем шкідливості хімічні речовини, на які розроблено ГДК складають наступний умовний ряд (по зменшенню негативного впливу): пестициди і їх метаболіти (ДДТ і ДДЕ) - важкі метали - НП - сіркоорганічні сполуки. Як уже відзначалося, крім ГДК використовуються ОДК, що визначаються розрахунковим шляхом. Багато які хімічно небезпечні ЗР (бенз(а)пірен, *Pb* і ін.) можуть фіксуватися в ґрунтах на значному віддаленні від джерел викиду.

При оцінці стійкості ґрунтів до ЗР використовуються короткочасні і довгострокові зміни ґрунтів і показники ранньої діагностики змін у ґрунтовому покриві. Довгострокові зміни ґрунтів (5-10 років) діагностуються за вмістом гумусу, відношенню вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот, вмісту солей, загальній лужності і кислотності, а також по втратах ґрунтів через ерозію. Короткочасні зміни ґрунтів (2-5 років) діагностуються по динаміці вологості, складу ґрунтових розчинів, вмісту живильних речовин, величині *pH* і т.д.

Таблиця 5.6 - Сільськогосподарські джерела забруднення ґрунтів токсичними хімічними елементами [38]

ХЕ	Надходження забруднювальних речовин, мг/кг сухого ґрунту:					
	при зрошенні	з фосфорними добривами	с вапняком	с азотними добривами	с органічними добривами	с пестицидами
As	2-26	2-1200	0,1-24	2,2-120	3-25	22-60
Cd	2-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5	0,3-0,8	-
Co	2-260	1-12	0,4-3	5,4-12	0,3-24	-
Cr	20-40600	66-245	10-15	3,2-19	25,2-55	-
Cu	50-3300	1-300	2-125	1-15	2-60	15-50
F	2-7	8500-38000	300-740	-	-	18-45
Hg	0,1-55	0,01-1,2	0,05	0,3-2,9	0,09-0,2	0,8-42
Mn	60-3900	40-2000	40-1200	-	30-550	-
Mo	1-40	0,1-60	0,1-15	1-7	0,05-3	-
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	7,8-30	-
Se	2-9	0,5-25	0,08-0,1	-	2,4	-
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	-	15-60
Sn	40-700	3-19	0,5-4	1,4-16	-	-
Zn	700-49000	50-1450	10-450	1-42	-	1,3-25

Основним параметром, що характеризує здатність ґрунтів до самоочищення, є час самоочищення, тобто інтервал, протягом якого вміст ЗР зменшується на 95% від початкового значення. Якщо час самоочищення може складати від декількох днів до декількох років, то відновлення ґрунтового покриву набагато триваліший процес (сотні років).

Санітарно-гігієнічна оцінка ґрунтів дається по наявності патогенних мікроорганізмів, що є збудниками сибірської виразки, холери, тифу, дизентерії й ін. Особливу групу паразитарних захворювань, що поширюються через ґрунти, складають гельмінти.

Необхідно диференціювати ЗР за класом небезпеки. Для ґрунтів, наприклад, за ДСТ 17.4.1.02-83 (табл. 5.7).

Для оцінки фонових значень показників ґрунтів необхідне виявлення ділянок, де ґрунтовий покрив ще не був під впливом сільськогосподарської діяльності. Одним з методів оцінки техногенної «непорушності» ґрунтів і порід зони аерації є характер розподілу ^{137}Cs - одного з компонентів глобальних радіоактивних викидів після початку випробувань ядерної зброї в 1954-1966 р. Цей ізотоп цезію сорбується ґрунтом у верхніх 5 см, якщо даний ґрунт «цілина»; якщо ж вона оброблялася, перемішалася і т.д., то розподіл ^{137}Cs по профілю буде рівномірним чи більш складним.

Таблиця 5.7 - Загальна оцінка ступеня забруднення компонентів літосфери з виділенням класів станів

Оцінний 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 1ГДК	компоненти 2 і 3-го 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

Оцінки на основі ГДК мають ряд недоліків: 1) не враховуються ефекти накопичення ЗР у результаті переходу з одного середовища в інше, у міру переміщення по трофічному ланцюзі, а також процеси трансформації при міграції; 2) санітарно-гігієнічні норми застосовуються у разі коли вторинні природні процеси не є визначальними, що обмежує можливості їх використання; 3) підходи орієнтовані на напівлетальні дози, а потім граничні концентрації; залежності “доза – час – ефект”, на підставі яких розробляються ГДК, близькі між собою в діапазоні високих доз і істотно розрізняються в діапазоні низьких доз; 4) ГДК встановлюються в експерименті переважно на пацюках і мишах, які найбільш стійкі до токсикантів, а тому можливість екстраполяції їх на організм людини дуже сумнівна [29].

Оцінка рівня аномальності вмісту хімічного елементу проводиться за коефіцієнтом концентрації (K_c), що розраховується як відношення вмісту елемента і-го виду в досліджуваному об'єкті (C_i) до фонового значення (C_ϕ):

$$K_c = C_i / C_\phi \quad (5.3)$$

Замість фонового значення ЗР можна використовувати його величину ГДК; у цьому випадку визначається коефіцієнт техногенного геохімічного навантаження (K_i):

$$K_i = C_i / C_{ГДК}, \quad (5.4)$$

де C_i - концентрація компонента (ЗР) і-го виду; $C_{ГДК}$ – ГДК компонента (ЗР) і-го виду.

У випадку полікомпонентної техногенної аномалії розраховується сумарний показник забруднення (СПЗ) по формулі:

$$СПЗ = \sum_{i=1}^n K_i - (n - 1), \quad (5.5)$$

де n – число компонентів, що враховуються.

Як критерій оцінки еколого-геохімічного стану компонентів ОПС використовується сумарний показник вмісту токсикантів (Z_c), що являє собою суму коефіцієнтів концентрацій металів, обумовлених при оцінці забруднення, за винятком числа металів, зменшеного на одиницю:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (5.6)$$

де K_c - коефіцієнт концентрації (формула 5.3); n – число ХЕ, що входять в асоціацію.

За значеннями Z_c для важких металів запропонована оціночна шкала системи “грунт – людина” [39]: 1) припустимий ступінь забруднення ($Z_c < 16$); 2) помірний ступінь забруднення ($Z_c = 16-32$); 3) небезпечний ступінь забруднення ($Z_c = 32-128$); 4) надзвичайно небезпечний ступінь забруднення ($Z_c > 128$). При цьому не враховуються класи гігієнічної небезпеки; той самий ступінь забруднення може бути викликаний різними важкими металами.

5.7 Основні 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 в СРСР. Рішення цієї задачі ускладнюється тим, що основна кількість хімічних речовин з ґрунту надходить в організм людини не прямим шляхом, а по біологічних ланцюжках: ґрунт-рослина-людина, ґрунт-рослина-тварина-людина, ґрунт-вода-людина, ґрунт-атмосферне повітря-людина.

ГДК деяких хімічних речовин у ґрунтах України (за станом на 1.01.1991 р.) у мг/кг ґрунту з урахуванням фону (кларкових значень) такі: Cu – 3, Ni – 4, Zn < 3, Co – 5, F – 2, Br – 6 (рухомі форми); F - 10 (водорозчинна форма); Sb – 4,5, Mn - 1500, V - 150, Pb - 30, As -2, Hg – 2,1, нітрати - 130, бенз(а)пірен – 0,02, бензол – 0,3, толуол – 0,03, комплексні гранульовані добрива -120, рідкі комплексні добрива - 80 (валовий вміст) і т.д. Для більшості інгредієнтів, в тому числі багатьох важких металів ГДК в ґрунті не розроблений, так як питання забруднення ґрунтів і його вплив на біосферу мало вивчене в порівнянні з іншими середовищами.

На рекогносцированому етапі визначають обмежені фрагменти території, пов'язані з джерелами забруднення НПС (транспортні засоби, місця складування і поховання відходів, стоки і викиди на виході).

На етапі зйомки мережа випробовування по можливості рівномірно покриває всю територію передбачуваної зони впливу. При цьому можливі різні варіанти мереж випробовування, густина яких визначається детальністю.

На основі літературних і експериментальних даних встановлено, що максимальна концентрація елементів-забруднювачів зосереджена у верхньому горизонті ґрунту, потужністю до 10 см. У загальному випадку рекомендується відбирати пробу з шару, що відповідає за потужністю гумусовому горизонту природних ґрунтів. Для отримання представницьких результатів потрібно застосовувати спосіб змішаних зразків. На ділянках фону зразок формується з 3-4 проб з майданчика 10*10 м. При великомасштабній зйомці території з техногенним забрудненням відбір зразків проводиться з майданчиків 1*1 м методом конверта. Змішаний зразок при цьому формується з п'яти проб, відібраних у вершинах і центрі квадрата.

Середній об'єм ґрунтової проби становить 300-400 г. При підготовці до аналізу ґрунт просушується, розтирається в фарфоровій ступці, просівається через сито з отворами 1 мм.

Основні вимоги до результатів досліджень на початковому етапі пов'язані з необхідністю експресного отримання даних по максимально широкому комплексу хімічних елементів, що формують зони забруднення, і оцінки природних кількісних співвідношень між елементами. Мета - виявити пріоритетні ЗР. Більшості викладених умов відповідає експресний приблизно-кількісний спектральний метод з пересипанням матеріалу, що аналізується і із застосуванням трифазної дуги постійного струму на дифракційному спектрографі типу ДФС-13. Однак по деяких елементах чутливість методу недостатня (*Hg, As, Cd, F*). Для визначення ртуті використовуються ртутні аналізатори різних модифікацій (РАФ, ИМГРЭ-4 і т. ін.).

Хімічні елементи, що не уловлюються при спектральному аналізі, можуть бути визначені атомно-абсорбційним методом (ААМ). Цим методом визначаються також рухомі форми металів. Атомно-абсорбційний метод дозволяє визначати до 70 елементів в кількостях на рівні 0,1-0,01 мкг/мл, що допускає аналіз без попереднього концентрування. З допомогою ААМ 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 рівні. Тому розробка програм спостережень за рівнем хімічного ЗГ, тобто система спостережень

і оцінок стану ґрунтів внаслідок антропогенного забруднення, є вельми актуальною.

У задачу спостережень входять: 1) реєстрація сучасного рівня хімічного ЗГ, виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін ЗГ в залежності від розташування і технологічних параметрів джерел забруднення; 2) оцінка можливих наслідків ЗГ і прогноз тенденцій зміни хімічного складу ґрунтів у найближчому майбутньому; 3) обґрунтування складу і характеру заходів щодо регулювання можливих негативних наслідків в результаті ЗГ і заходів, спрямованих на докорінне поліпшення вже забруднених ґрунтів; 4) забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень ЗГ.

Виходячи з цих задач можна виділити такі види спостережень: 1) режимні спостереження, тобто систематичні; 2) комплексні спостереження, які включають дослідження процесів міграції забруднювальних речовин в системах: атмосферне повітря-ґрунт, ґрунт-рослина, ґрунт-вода і ґрунт-донні відкладення; 3) вивчення вертикальної міграції забруднювальних речовин; спостереження за рівнем ЗГ в певних пунктах відповідно до запитів організацій.

Наприклад, райони сільськогосподарського використання і меліоративного освоєння характеризуються специфічним набором техногенних впливів на ГС. У залежності від виду впливів території сільськогосподарського і гідромеліоративного освоєння випробовують різне техногенне навантаження.

Із сільськогосподарською діяльністю в основному зв'язані такі техногенні впливи на ГС: 1) хімічне забруднення ґрунтів, гірських порід, підземних вод, що виникає через надлишкове внесення мінеральних добрив, використання отрутохімікатів; 2) біохімічне і мікробіологічне забруднення ґрунтів і ПВ за рахунок складування кормів, силосних ям, надлишкового внесення гною, неправильного його збереження, витоків стічних вод на тваринницьких фермах, землеробських ділянках і т.д.; 3) штучні поливи, що викликають підтоплення територій чи вторинне засолення ґрунтів, що порушують гідрогеологічний режим; 4) деградація ґрунтів, що провокується як неправильними агротехнічними прийомами, так і іншими антропогенними факторами (надмірним випасом худоби і т.п.).

Практично весь техногенний вплив у районах сільськогосподарської діяльності в першу чергу діє на ґрунтовий покрив. Саме ґрунт є основним індикатором стійкості ГС стосовно антропогенних навантажень, її чутливості і стійкості до антропогенних змін. Ґрунт являє собою природне утворення, де йдуть як активні процеси тепло- і масопереносу, так і акумуляції і деструкції більшості ЗР антропогенних походжень. Однак буферна здатність ґрунтів обмежена. Тому важливо правильно організувати інформативну систему ґрунтового моніторингу в районах

сільськогосподарської діяльності і меліоративного освоєння як підсистеми моніторингу ГС.

Основними задачами ґрунтового моніторингу є: 1) раніше виявлення несприятливих змін властивостей ґрунтового покриву при різних видах його використання; 2) контроль стану ґрунтового покриву по сезонах року (динаміка властивостей) під сільськогосподарськими культурами для видачі своєчасних рекомендацій із застосуванням регулюючих заходів; 3) оцінка середньорічних утрат ґрунтів (швидкості втрат ґрунтового покриву в результаті дощової, вітрової й іригаційної ерозії); 4) виявлення районів з дефіцитним балансом біогенних елементів, виявлення й оцінка швидкості втрат гумусу, азоту і фосфору; 5) контроль за зміною кислотності і лужності ґрунтів, особливо в районах із внесенням високих доз мінеральних добрив, використанні при меліорації промислових відходів, а також поблизу великих промислових центрів – джерел підкислення атмосферних опадів; 6) контроль за сольовим режимом зрошування ґрунтів, що удобрюються; 7) контроль за забрудненням ґрунтів важкими металами; 8) контроль за локальним забрудненням ґрунтів ВМ в зоні впливу промислових підприємств і транспортних магістралей, а також забруднення пестицидами в районах їх постійного використання; 9) довгостроковий і сезонний (по фазах розвитку рослин) контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно-фізичними властивостями ґрунтів і вмістом у них елементів харчування рослин; 10) оцінка ймовірної зміни властивостей ґрунтів при проектуванні гідробудівництва, меліорації, упровадженні нових систем землеробства, добрив і т.д.; 11) контроль за розмірами і правильністю відчуження пахотно-придатних земель для промислових і комунальних цілей [26].

Моніторинг ГС повинний враховувати особливості гідромеліоративного будівництва. До них відносяться: великі освоєвані площі територій при порівняно малій глибині (потужності) техногенного меліоративного профілю; тісна залежність ґрунтового-меліоративних умов території від інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов; часта відсутність можливості вибрати “кращі” геологічні умови на меліоруємих територіях.

При меліоративному освоєнні земель відбуваються три основні групи змін ГС: 1) зміни, зв'язані з регулюванням і перерозподілом річкового стоку для гідромеліорації (у результаті осушення природних водойм, затоплення і підтоплення територій, переробки берегів при створенні водоймищ, акумуляції іригаційних опадів, зміни гідростатичного напору в товщах порід, розвитку явищ напору підземних вод і т.д.); 2) зміни, зв'язані з веденням власне зрошувального землеробства (водно-сольового балансу порід зони аерації, режиму і запасів ПВ під зрошуваними полями, підтопленням і заболочуванням територій,

вторинним засоленням ґрунтів і т.д.); 3) зміни, що супроводжують гідромеліорації і зв'язані з нею побічно.

Негативні наслідки відбиваються на компонентах ГС при неправильній організації меліоративної системи чи її неправильної експлуатації, порушенням технологій. При іригації за рахунок втрати води зростає додаткова інфільтрація ГВ. З іригаційною водою в ґрунтовий потік часто надходить значна маса солей; їхня концентрація може істотно зростати і при розчиненні солей, що містяться в породах зони аерації. При підйомі ГВ у районах з низьким природним дренажем до глибин 3-4 м і менш різко зростає їхня витрата на випар і транспірацію рослинами, що при недостатності природного і штучного дренажу приводить до засолення ґрунтів і до підвищення мінералізації вод зони аерації і ґрунтових вод. Виділення засолених і незасолених ґрунтів можна проводити по БНіП 2.02.01-83.

У зонах з дефіцитним зволоженням основна проблема іригації – боротьба з вторинним засоленням, що у ґрунтах і породах зони аерації в умовах поганого дренажу розвивається через підйом ПВ по капілярній мережі до глибин 2-3 м від поверхні. Інтенсивний випар капілярної води і її витрата на процеси транспірації викликає випадання солей з порових розчинів на поверхні мінеральних часток і ґрунтової органіки (гумусу). Солі, що кристалізуються, закупорюють поровий простір ґрунтів, знижують їхню фільтраційну здатність і капілярну водопроникність, цементуючи контакти між частками; вони істотно видозмінюють макро- і мікросклад ґрунтів, що в підсумку позначається на них, на комплексі їх фізичних, фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей. засоленість різко погіршує природну дренажність ґрунтів і масивів, а це у свою чергу викликає розвиток процесів підтоплення і заболочування. Незважаючи на те, що процеси вторинного засолення добре вивчені, поки немає надійних методів прогнозу і керування цим техногенним процесом у геологічному середовищі.

Таким чином, при спостереженнях за рівнем ЗГ необхідно знати не тільки існуюче ЗГ, але і прогнозувати на майбутнє з урахуванням заходів, спрямованих на зменшення хімічних забруднень. При прогнозі необхідно враховувати, що ґрунт є елементом ландшафту, тому його дослідження невіддільне від вивчення всіх компонентів природного і антропогенного комплексу, всіх шляхів накопичення забруднювальних речовин в природних, сільських і міських умовах.

В Україні моніторинг ґрунтів регламентується постановою КМ України від 20 серпня 1993 р. № 661 “Положення про моніторинг земель”.

5.7.1 Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами

В інституті експериментальної метеорології (ІЕМ) Держкомгідромету колишнього СРСР розроблені правила і методи відбору проб ґрунтів для визначення мікрокількостей пестицидів. На початковому етапі вивчається матеріал про фізико-географічні умови об'єкта дослідження, інформація про тривалість застосування пестицидів, вибираються поля, де пестициди застосовувалися найбільш тривалий час (5-7 років), аналізується врожайність [9].

Дослідження забруднення ґрунтів проводяться на постійних і тимчасових пунктах. Постійні пункти створюються на період не менше за 5 років. Чисельність постійних пунктів залежить від кількості і розмірів господарств. До постійних пунктів відносяться території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів і лісгоспів. Для оцінки 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.

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

Для оцінки 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 корневих 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 пробєю, неоднакова для різних категорій місцевості (в степових районах це 10-20 га, в зрошуваній зоні - 2-3 га, в гірських районах - 0,5-3 га).

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

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

5.7.2 Організація спостережень і контролю за забрудненням 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 (ВМ) 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.5.1). З геометричного центру 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.

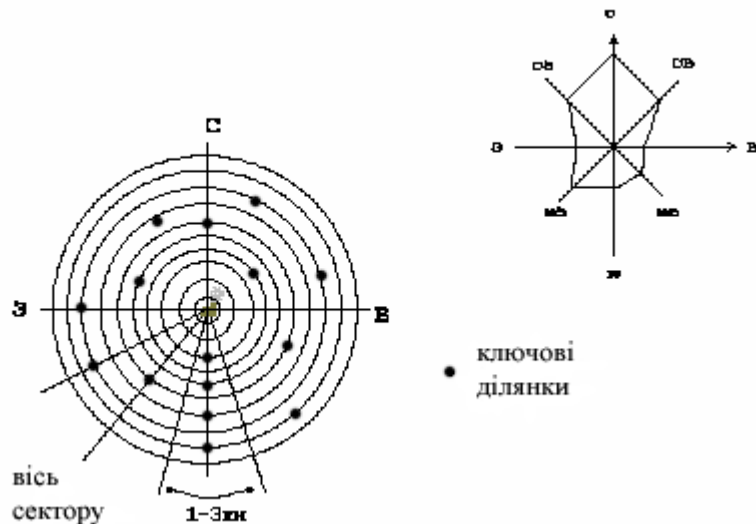


Рис.5.1 - Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства

На підготовлений план місцевості наноситься роза вітрів (по 8-16 румбах). Самий великий 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 більш з типовими фізико-географічними умовами (ґрунт, рельєф, рослинність) для даної місцевості (по троянді вітрів). Якщо роза вітрів виражена нечітко, то ключові ділянки розташовуються у всіх 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 дільниця. При великих дільницях потрібно для цього значний час.

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

При оцінці забруднення території ВМ доцільно простежувати шляхи повітряного і водного забруднення ґрунтів. Більш детальне обстеження треба провести на ключових ділянках, вздовж переважаючих потоків.

Необхідно провести порівняння змін рівня забруднення, що відбуваються по мірі збільшення або зменшення впливу того або іншого фактору, і викликаних цими змінами закономірних змін міри забруднення ґрунтів ВМ в просторі. Ці закономірності найбільш чітко можна виявити на ґрунтово-геоморфологічних профілях, які перетинають територію вздовж переважаючих потоків.

Ґрунтово-геоморфологічний профіль це заздалегідь вибрана вузька, прагнуча до лінії смуга земної поверхні, на якій встановлено кореляцію міри забруднення ґрунтів з одним або декількома екологічними факторами. Ґрунтово-геоморфологічні профілі закладаються по векторах рози вітрів. Вони не можуть повністю замінити ключові ділянки, а повинні доповнювати одна одну.

Техногенні викиди, що надходять в ґрунт через атмосферу, зосереджуються в основному у верхніх шарах ґрунту (2 - 5 см). Нижні горизонти забруднюються внаслідок обробки ґрунтів (оранки, культивуації, 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 покладі - 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40 см. Об'єднана проба складається методом конверта. Відбір і складення проби аналогічні 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, рік 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 по глибині колодязів); рослинність і її стан (задовільний, добрий, незадовільний); стан і якість обробки поверхні ґрунту. Проби і супровідні талони в лабораторії зберігаються протягом 1,5-2 років.

З метою встановлення інтенсивності надходження ВМ в ґрунт щорічно проводиться відбір проб снігу. Об'єднаний зразок снігу з площі 1 га складається з 20-40 точкових проб. Проба береться ранньою весною до початку підсніжного стоку 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 км²). 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 і ін. фактори.

5.7.3 Складання і оформлення карт забрудненості ґрунтів

Для інтерпретації аналітичних даних результати досліджень наносять на карти і розрізи.

При дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами складаються спеціальні карти - ґрунтотехнохімічні карти. На них представляються типи, підтипи, види і різновиди ґрунтів, а також міра їх забрудненості.

Карта забрудненості є тематичною (різновид ґрунтових карт). Вона складається після вивчення відомостей про об'єкт дослідження, джерела викидів, після аналітичної обробки зразків ґрунту. Процес складання карти має такі етапи:

1. Підготовлюється топографічна основа. Топографічна основа карти повинна забезпечити прив'язку до місцевості і відобразити природні особливості території (рельєф, рослинний покрив, гідрографію і т.п.), а також, по можливості, відобразити господарську діяльність людини.

2. Розробляється шкала ступеню забрудненості ґрунтів. Важкі метали розподіляються в ґрунтах нерівномірно, тому необхідна спеціальна обробка даних, яка можлива при наявності ГДК. Однак для більшості важких металів ГДК не розроблені. Оцінка і картографування ступеню забрудненості ґрунтів різними інгредієнтами можуть бути здійснені при наявності шкали (див. табл. 5.4). Для виявлення аномалій забрудненості ґрунтів використовуються також деякі коефіцієнти (див. формули 5.3 – 5.6).

3. Коректуються ґрунтові контури і наносяться контури забрудненості за розробленою шкалою. На карту-основу переносять спочатку чисельні значення забруднення ґрунтів тим чи іншим важким металом. Кожному значенню шкали відповідає певний колір або штриховка від фонових значень до значень з все зростаючим забрудненням (блакитний - зелений - жовтий - оранжевий - червоний). Для кожної забруднювальної речовини складається окрема карта. При малій кількості елементів можна складати спільні карти.

4. Остаточне оформлення карти. Карті супроводжуються пояснювальною запискою, в якій наводяться фізико-географічні, метеорологічні умови, дається характеристика джерел забруднення. Результати аналізу представляються в табличній формі і додаються до карти.

Інформація про забруднення ґрунтів пестицидами і важкими металами подається у такому вигляді: піврічна довідка включає матеріали обстеження за перше півріччя, річна - за весь рік і друге півріччя. Звіт про стан забруднення ґрунтів пестицидами складається з декількох розділів: вступ містить відомості по регіонах, назву і кількість обстежених господарств, принципи їх вибору, частка обстеженої

території в районі, загальна кількість проаналізованих проб, вид робіт, тимчасові або режимні спостереження, аналітичні роботи. У спеціальних таблицях наводяться відомості про застосування пестицидів в господарствах, що обстежуються за звітний і минулі роки. Дається стисла характеристика ґрунтів, клімату, рельєфу, рослинності, метеорологічна характеристика. Для кожного пестициду складається окрема таблиця: середній вміст залишкових кількостей, кількість проб і сезон відбору, найменування господарств, де кількість забруднення перевищує ГДК; кількість пестицидів в частках ГДК. Наприкінці звіту приводяться основні результати і висновки.

При обробці значного числа аналітичних даних забрудненості ґрунтів необхідно застосовувати методи математичної статистики. Серед інших методів перспективне використання частотних розподілів, які в багатьох випадках дозволяють визначати природний фон і підтвердити наявність аномалій.

5.8 Особливості моніторингу підземних вод

Підземні води (ПВ) - всі води, які знаходяться під поверхнею землі в зоні аерації та насичення в прямому контакті з родючими ґрунтами і підґрунтями. ПВ є найважливішим ресурсом літосфери, необхідним для функціонування і розвитку людського суспільства. Найбільший інтерес представляють прісні, мінеральні, термальні і промислові ПВ. *Прісні* ПВ мають мінералізацію менш 1 г/дм³ і використовуються для господарсько-питного водопостачання, для технічних потреб, іригаційних цілей і т.д. До *мінеральної лікувальної* ПВ відносяться води з підвищеним вмістом фізіологічно активних мінеральних, органічних і газових компонентів. Вони можуть містити як “специфічні” компоненти (*I, Br, B, Fe, H₂S, CO₂, H₂Si₃* і т.д.), так можуть бути і без них; в останньому випадку їх фізіологічно активні речовини зазвичай обумовлені підвищеною мінералізацією і співвідношеннями між основними іонами. До *термальних* ПВ відносяться води з підвищеною температурою; нерідко вони збагачені і фізіологічно активними компонентами (термомінеральні води). Для одержання геотермальної енергії використовуються: низкопотенційні (20-100°C) – для теплотехнічних потреб; середньопотенційні (100-150°C) – для теплопостачання; високопотенційні (більш 100°C) – для вироблення електроенергії. До *промислових* ПВ відносяться високомінералізовані води звично глибозалягаючих водоносних горизонтів (ВГ), з яких здобувають *Na, Cl, NaCl, I, Br, B, Li* і ін. У світі добувається 90% бром, 85% - йоду, 30% - повареної солі, сульфід натрію, літій, 25% - магнію і т. д. (від загального видобутку) [40].

Забруднення ПВ - скид людиною (прямий чи непрямий) речовин чи енергії в ПВ, який в результаті спричиняє ризик для здоров'я людей, шкоду

живим ресурсам та водним ЕС, або заважає використовувати воду в інших законних цілях. Прямий скид - внесення в підземні води ЗР без фільтрації крізь родючий ґрунт чи підґрунтя; непрямий скид - внесення в підземні води ЗР після фільтрації крізь родючий ґрунт чи підґрунтя. Забруднення ПВ - це викликана антропогенною (техногенною) діяльністю зміна якості води порівняно з нормами якості води по видах водокористування (господарсько-питне, іригаційне, технічне, бальнеологічне, промислове, теплоенергетичне), яка робить воду частково чи повністю непридатною до використання за призначенням. Причинами забруднення ПВ можуть бути: складування різних відходів на земній поверхні, рідких відходів в різних накопичувачах, експлуатація водоносного горизонту (ВГ) тощо. Чималий техногенний вплив на ПВ має місце при пошуках, розвідці, експлуатації, транспортуванні і переробці багатьох корисних копалин. Так, при розробці родовищ корисних копалин із надр вибираються ПВ, що призводить до порушення природного стану ландшафтних компонентів. При цьому здійснюється прямий чи непрямий вплив на ПВ, що призводить до зміни їх якісних і кількісних параметрів у процесі забруднення.

Забруднюючі речовини проникають у ВГ й викликають такі види забруднень: хімічне, бактеріальне (мікробне), теплове та радіоактивне.

Хімічне забруднення. Хімічне забруднення відбувається в результаті проникнення майже всіх ЗР, за винятком теплообмінних вод та радіоактивних речовин, але основну роль відіграють промислові відходи. Хімічне забруднення звичайно проявляється у збільшенні, порівняно з фоном, мінералізації, макро- і мікрокомпонентів, у появі невластивих їм мінеральних та органічних сполук, в збільшенні їх вмісту у часі. Найчастіше у забруднених водах зустрічаються Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , F^- , NO^- , нафтові вуглеводні, феноли, органічні сполуки, важкі метали. Серед антропогенного хімічного забруднення ПВ найбільш поширеними є нафтове, хлоридне, нітратне; забруднення важкими металами. Хімічне забруднення інколи супроводжується зміною органолептичних властивостей і температури води.

Нафтове забруднення. Нафта і НП є гідрофобними речовинами. Частина НП розміщується у виді лінзи на поверхні ґрунтових вод (товщиною від декількох см до 1-2 м і більше). Так, на місцях колишніх військових аеродромів спостерігається не тільки нафтове забруднення, але й видобуток НП. Друга частина НП нижче фазовідособленої частини (лінзи) і за її межами утворює з водою двофазну суміш у виді емульсії. Нарешті, найбільш розчинні нафтові вуглеводні (в основному арени) утворюють з водою розчин. Розміри площ, які зайняті емульсованими й водорозчинними нафтовими вуглеводнями у багато разів ($n \cdot 10$) більші за площі, що зайняті у виді лінз. Джерелами нафтового забруднення є: нафтодобувні і нафтопереробні підприємства (аварійні розливи нафти, бурової рідини, стічних вод), об'єкти зберігання та перерозподілу НП

(нафтобази, заправочні станції). Причинами забруднення природного середовища найчастіше бувають аварійні витікання і розливи внаслідок несправності резервуарів зберігання, трубопроводів та ін.

Хлоридне забруднення спричиняється промисловими відходами високомінералізованих вод, видобутих на поверхню, шахтними та рудниковими водами, морськими водами у прибережних районах тощо. Хлориди добре розчинні, стійкі; це речовини, що не розкладаються й не сорбуються, вони мають високу міграційну здатність і займають значні площі.

Забруднення важкими металами. Важкі метали займають одне з провідних місць серед ЗР; найбільш поширеними є *Pb, Cu, Zn, Cd* та їх сполуки. Забруднення ВМ пов'язані із деякими промисловими відходами, викидами автотранспорту, отрутохімікатами тощо. Їх накопичення у ПВ має місце при забрудненні атмосфери, ґрунту, поверхневих вод. Важкі метали у катіонній формі добре сорбуються, тому їх гідрогеохімічні аномалії мають обмежені розміри. ВМ відносять до стійких ЗР, які погано розкладаються у природних умовах (неконсервативні).

Нітратне забруднення. Нітратний азот є кінцевим продуктом у ланцюзі послідовного окислення азоту: $NH_3 (NH_4^+) \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$. Процес нітрифікації, у результаті якого NO_2^- переходить у NO_3^- триває до 1-1,5 місяця (NO_2^- - “свіже” забруднення). Нітратне забруднення пов'язують з сільськогосподарською діяльністю, меншою мірою з промисловими й комунально-побутовими відходами. Нітрати добре розчиняються у воді, відрізняються невеликою сорбційною властивістю, можуть мігрувати далі.

Бактеріальне забруднення. Під бактеріальним забрудненням (мікробним) розуміється збільшення вмісту у ПВ порівняно з природним фоном санітарно-показових мікроорганізмів. Особливе значення для мікробіологічної характеристики води має загальна кількість бактерій і кількість кишкових паличок. Особливістю бактеріального забруднення є обмеженість розповсюдження бактеріального забруднення в межах водоносного горизонту, що обумовлено незначним часом виживання бактерій в ПВ. Цей час складає 30-400 діб (в залежності від їх кількості у воді, швидкості фільтрації, геохімічних умов, наявності інших ЗР, температури та ін.). Наявність детергентів (синтетичних поверхнево-активних речовин - СПАР, миючих засобів) до 5 мг/дм³, НП навіть сприяє розмноженню бактерій. Бактеріальне забруднення зазвичай носить тимчасовий і локальний характер.

Теплове забруднення. Виявляється у підвищенні температури ПВ порівняно з фоном. Зміни температури викликає і зміну хімічного складу та органолептичних властивостей ПВ, що відзначається у районах функціонування АЕС та ТЕС, під час скиду на поверхню нагрітих стічних вод. У населених пунктах формується “острів тепла”, як у атмосфері, так і

у ПВ; найчастіше він відзначається у ГВ. Так, при підвищенні температури від 15°C до 25°C токсичність *Zn* збільшується у 3 рази.

Антропогенні (техногенні) джерела забруднення ПВ виникають в результаті господарської діяльності людей, у тому числі прямого чи непрямого впливу на склад та інтенсивність природного забруднення й поділяються на: 1) неочищені або недостатньо очищені виробничі й комунально-побутові стічні води; 2) поверхневі стічні води; 3) дренажні води; 4) аварійні скиди й переливи стічних вод; 5) фільтраційні витоки речовин із ємностей, трубопроводів та ін.; 6) тимчасові викиди у атмосферу (пил, аерозолі), які осаджуються на поверхні землі та водних об'єктах; 7) нерегламентовані викиди й скиди (нафтопродуктів, пестицидів, добрив тощо); 8) промислові майданчики підприємств, місця зберігання й транспортування продукції й відходів виробництва; 9) звалище комунальних та побутових відходів (в основному твердих побутових відходів). Антропогенним джерелом забруднення ПВ є населений пункт у цілому (гідрогеохімічна аномалія, “острів тепла”).

Антропогенні джерела забруднення ПВ можуть бути поділені *за походженням*: індустриальні, промислові, сільськогосподарські, комунальні, транспортні, урбанізовані.

Усі джерела за їх *конфігурацією у просторі* поділяються на: 1) місцеві - площа (F) < 100 км², довжина (L) < 20 км; 2) обмежено-регіональні - $F = 100-1000$ км², $L = 20-200$ км; 3) регіональні - $F > 1000$ км², $L > 200$ км.

Джерела забруднення поділяються *за ступенем обумовленого ними забруднення ПВ*: 1) помірного забруднення від фонових – фон - 1 ГДК; 2) джерела значного забруднення -1-10 ГДК; 3) джерела екстремального забруднення - більше 100 ГДК [41].

Існує взаємозв'язок забруднення ПВ із забрудненням атмосферних опадів, вод поверхневого стоку і ґрунтів. В багатьох випадках родючі ґрунти і породи зони аерації (1-3 м) є головним вмістилищем всіх ЗР, що надходять в атмосферу (викиди теплоенергетики, автотранспорту, промисловості і ін.) з поверхні землі. Проникнення ЗР здійснюється як природними шляхами (крізь літолого-фаціальні і тектонічні “вікна”), так і шляхами міграції, створеними завдяки техногенній діяльності (кар'єри, криниці, накопичувачі, полігони тощо). Внаслідок цього ЗР можуть проникати до глибин порядку 1 км і більше (залежно від гідрогеологічних і техногенних факторів). Особливо уразливими для техногенного впливу є ГВ, які можуть забруднюватися навіть при низьких фільтраційно-ємнісних властивостях порід зони аерації і досить великих глибинах залягання їх поверхні.

Високий ступінь господарського освоєння територій відзначається при найбільшій густоті населення, що створює об'єктивні передумови для забруднення всіх складових навколишнього природного середовища,

включаючи ПВ. Підприємства гірничодобувної, металургійної, хімічної, нафтової промисловості, розвинена мережа автомобільних доріг, хімізація сільськогосподарського виробництва, значна кількість смітників, промислових і побутових відходів, зростаючі масштаби урбанізації і багато інших причин сприяють забрудненню ПВ.

За умовами забруднення і характером впливу на ПВ для регіонів, що знаходяться у сфері інтенсивного техногенного впливу, можна виділити декілька характерних ситуацій, що в принципі характерні для багатьох регіонів, які зазнають значного техногенного навантаження. Основними джерелами *зосередженого (локального)* забруднення ГВ звичайно є численні полігони і неорганізовані смітники промислових, сільськогосподарських та побутових відходів, різноманітні накопичувачі рідких відходів, місця скиду вод нафтових родовищ на рельєф місцевості, витікання НП із різноманітних ємностей та ін. Джерелами *лінійного* забруднення ГВ є малі річки, які піддаються інтенсивному техногенному забрудненню, що впливає на концентрацію ЗР, особливо в періоди маловоддя. Лінійне забруднення може мати місце і при витоках з каналізаційної мережі. Інфільтрація забруднених стічних і річкових вод призводить до погіршення якості ГВ, появи як природних (SO_4^{2-} , Cl^- , підвищення суми мінеральних речовин), так і типових антропогенних компонентів (СПАР, пестициди тощо). Основним джерелом *площового (дифузного)* забруднення ГВ є сільгоспвиробництво. Наднормативне застосування азотних мінеральних добрив призводить до нітратного забруднення ГВ на полях зрошення; в багатьох регіонах вміст NO_3^- у 2-3 рази перевищує ГДК. В цих же районах простежуються підвищені концентрації важких металів, які надходять разом з добривами фосфору, а також калію. Визначено наявність пестицидів, в тому числі і заборонених до використання ДДТ (ДДТ і його метаболіти, хлорофос та інші пестициди відзначаються в концентраціях до $0,002 \text{ мг/дм}^3$). Крім того, нітрати, отрутохімікати, важкі метали, нафтопродукти, феноли та інші ЗР змиваються з різних об'єктів поверхневим стоком і, інфільтруючись в ГВ, погіршують їх якість. Джерелом площового забруднення є й розпилення пестицидів сільгоспавіацією, яке проводиться в обмежених розмірах, але що неприпустимо для густо заселених районів. *Регіональним* джерелом забруднення ГВ можуть бути забруднені атмосферні опади, що є одним з негативних факторів зміни якості вод.

Найбільшою мірою на антропогенне забруднення наражаються ПВ зони активного водообміну, які можуть бути розташовані близько до поверхні землі. В гідрогеохімічному відношенні ПВ зони активного водообміну, особливо ГВ, звичайно прісні (мінералізація менше 1 г/дм^3), здебільшого гідрокарбонатно-кальцієвого складу, і є об'єктом господарсько-питного водопостачання в багатьох країнах. На їх склад можуть впливати навіть слабомінералізовані атмосферні опади (дощові

опади мають мінералізацію 12-120 мг/дм³, туман -165 мг/дм³), які містять ЗР.

Зміна якості ГВ може виражатись у збільшенні їх мінералізації, жорсткості, вмісту типових макро- (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) і мікрокомпонентів (J , Br^- , F^-), в появі специфічних речовин антропогенного походження (СПАР, НП, феноли, пестициди та ін.), в зміні фізичних і органолептичних властивостей тощо.

Якість прісних ПВ, що використовуються для водопостачання, визначається, як і для поверхневих вод суші, державними стандартами (ДЗСТ 2874-82; СанПіН "Вода питна", введеного з 1.01.2000 р.), що включають бактеріологічні, органолептичні та хімічні показники.

Показники хімічного складу ПВ включають ГДК речовин, що зустрічаються як в природних умовах, так і внаслідок промислового, транспортного, сільськогосподарського, комунального чи іншого забруднення, а також внаслідок очистки води. ДЗСТ 2874-82 та інші стандарти лімітують вміст суми мінеральних компонентів, загальну жорсткість, NO_3^- , Cl^- , H^+ (pH), Be , Mo , As , Pb , Se , Sr тощо. Так, якщо ВОЗ рекомендовані наступні значення показників якості питної води: $Cl^- = 600$ мг/дм³, $SO_4^{2-} = 400$ мг/дм³, $Mn^{2+} = 0,5$ мг/дм³, $Zn^{2+} = 15$ мг/дм³, Fe^{2+} , $Fe^{3+} = 1$ мг/дм³, то ДЗСТ 2874-82 передбачає більш жорсткі обмеження ($Cl^- = 100-350$ мг/дм³, $SO_4^{2-} = 250$ мг/дм³, $Mn^{2+} = 0,1$ мг/дм³, $Zn^{2+} = 5$ мг/дм³, Fe^{2+} , $Fe^{3+} = 0,3$ мг/дм³).

Зміни якості прісних вод зони активного водообміну під впливом техногенних дій можуть виразитися у збільшенні їх мінералізації, вмісту токсичних макро- (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+}), мезо- (Fe^{2+} , Fe^{3+}) та мікрокомпонентів (J , Br , B , F і ін.), у появі в ПВ невластивих їм ЗР антропогенного генезису (СПАР, пестициди та ін.), у змінненні температури, pH , $Еh$, у появі специфічного запаху, кольору і т.д.

Радіоактивні елементи враховуються згідно до норм радіаційної безпеки (НРБ -76/37 і інші нормативні документи).

При вмісті в воді деяких ЗР (за винятком F^- , NO_3^-) сума їх концентрацій не повинна перевищувати 1, тобто:

$$C_1/C'_1 + C_2/C'_2 \dots + C_n/C' \leq 1, \quad (5.7)$$

де $C_1, C_2 \dots C_n$ - виявлені концентрації речовин, мг/дм³; $C'_1, C'_2 \dots C'_n$ - ГДК цих же речовин, мг/дм³.

Якщо визначити показники якості води в природних умовах через C_e (фонові значення), а ГДК цих же речовин через C' , то величина C може виражати мінералізацію, загальну жорсткість, концентрацію окремих макро-, мезо- та мікрокомпонентів. В більшості випадків $C_e < C'$, але може бути, що це стосується мінералізації або жорсткості, відповідно до стандарту якості, а по окремих компонентах $C > ГДК$.

В.М. Гольдберг [41] виділяє 2 основні стадії забруднення ПВ:

I - дограничне, початкове забруднення чи ознаки забруднення, тобто вміст ЗР більше C_e , але менше C' . Для цієї стадії забруднення характерне зростання концентрації ЗР у часі, хоча воно залишається нижче значення ГДК:

$$C_e < C \leq C' \quad (5.8)$$

або

$$R_e < R \leq 1, \quad (5.9)$$

де $R_e = C_e / C'$; $R = C / C$.

В стадії *I* виділяють 2 міри початкового забруднення ПВ (*Ia*, *Iб*):

$$Ia: R_e < R \leq 0,5 \quad (5.10)$$

$$Iб: 0,5 < R \leq 1 \quad (5.11)$$

II - надграничне забруднення - вміст ЗР вище за ГДК. В стадії *II* виділяються 3 міри забруднення:

$$IIa: 1 < R \leq 10, \quad (5.12)$$

$$IIб: 10 < R \leq 100 \quad (5.13)$$

$$IIв: R > 100 \quad (5.14)$$

Міра *IIв* - екстремальне забруднення в загальному випадку, а для токсичних речовин екстремальним треба вважати $C > 100$ ГДК.

Найбільш небезпечна стадія *II*, але не менш важливий своєчасний вияв стадії *I*. Ці стадії можуть мати місце за межами зони активного впливу техногенних джерел, а також на ділянках водозабірних споруд. Міра *IIa* визначається поблизу порівняно невеликих за інтенсивністю джерел забруднення; на водозабірних ділянках зустрічається рідко. Якщо забруднення перевищує в 1,5-2 рази ГДК, то водозабір звичайно використовується для технічних цілей. Міри *IIб* і *IIв* характерні для ділянок, які зазнають тривалого інтенсивного впливу джерел забруднення.

Забруднення ПВ може бути викликане більшою кількістю ЗР ($n \cdot 10$ і більше). Звичайно обирають 2-3 типові ЗР і найбільш перевищуючі значення ГДК ($C/C' > 1$), але при цьому враховуються і загальні, тобто ті показники, що виявляються часто і повсюдно (мінералізація, загальна жорсткість, хлор-іон, сульфат-іон, нітрат-іон, органічні речовини та ін.).

Техногенне (антропогенне) забруднення ПВ неоднакове за інтенсивністю та масштабами.

Значне забруднення ПВ спостерігається поблизу приймачів промислових комплексів і сільськогосподарських відходів. Зони забруднення, що формуються тут, носять локальний характер, але відрізняються високою інтенсивністю забруднення (стадія *П*, $C > 10-100$ ГДК, де *C* - концентрація забруднюючої речовини).

Дуже важливим є вплив забруднення атмосфери на якість ПВ, який носить регіональний характер (стадія *I*, $C < 1$ ГДК).

Локальне забруднення характеризується невеликою площею й високим вмістом ЗР. Під впливом населених пунктів, сільськогосподарських площ концентрації ЗР дорівнюють $1-10$ ГДК, а під впливом ділянок складування відходів, окремих промислових, комунальних та сільськогосподарських об'єктів - до $10-100$ ГДК.

Якщо до забруднення ПВ відносити лише випадки з $C > 1$ ГДК, то картина забруднення ПВ буде мати переважно локальний характер. Якщо відносити випадки, коли $C > \text{фону}$, але менше за ГДК, то картина буде носити регіональний характер.

Вплив процесів техногенезу відбивається не лише у змінюванні хімічного складу, але й підвищенні температури ("острів тепла" у містах), у зміні бактеріологічного складу тощо. Основне навантаження ЗР, що надходять з поверхні землі, припадає на ГВ, які є акумулятором ЗР, захисним шаром і одночасно джерелом забруднення для більш глибоких водоносних горизонтів. Якщо швидкість горизонтального водообміну ПВ у багато разів менша за швидкість вертикальної міграції ЗР з поверхні землі, то відбувається їх накопичення у верхніх водоносних горизонтах, особливо у ГВ.

Власне кажучи, у районах інтенсивного сільськогосподарського освоєння і особливо у промислових районах, відбувається формування антропогенного та гідрохімічного режимів ПВ. Має місце селективне проникнення ЗР у ПВ, переважно мінеральних компонентів. Іншим важливим техногенним фактором, який впливає на зміну якості ПВ є водовідбір, з яким пов'язане підтягування до водозабірної споруди некондиційних підземних та поверхневих вод.

Для характеристики взаємозв'язку забруднення ПВ із загальним забрудненням НПС використовується *показник схильності підземних вод до забруднення – ПСЗ* [41]:

$$ПСЗ = M_m / ПЗ, \quad (5.15)$$

де M_m – модуль техногенного навантаження території ЗР, обумовлений як річний обсяг викидів ЗР, т/км² у рік; *ПЗ* – показник захищеності ПВ, що виражається в балах (див. розділ, присвячений якісній оцінці захищеності ПВ).

Значення M_m можуть мінятися від менш 0,1 до 1000 і більше тис. т / (км². рік), а значення $ПЗ$ від менш 5 балів до 25 балів і більш. З урахуванням цього можна виділити наступні градації $ПЗ$: 1) $ПЗ < 0,01$ (дуже низький ступінь схильності); 2) $ПЗ = 0,01-0,1$ (низький ступінь схильності); 3) $ПЗ = 0,1-1$ (помірний ступінь схильності); 4) $ПЗ = 1-10$ (середній ступінь схильності); 5) $ПЗ = 10-100$ (високий ступінь схильності); 6) $ПЗ > 100$ (дуже високий ступінь схильності).

Взаємозв'язок забруднення ПВ із забрудненням інших природних середовищ обумовлює необхідність комплексного вивчення і моніторингу забруднення цих середовищ та планування комплексних досліджень.

Вважається, що моніторинг геологічного середовища (МГС) не зводиться до інженерно-геологічних або гідрогеологічних режимних спостережень, тому що вони є лише складовою МГС. Однак режимні спостереження ПВ за багатьма ознаками відповідають вимогам моніторингу ПВ.

Під *режимом* ПВ розуміють зміни рівня, температуру, хімічного і газового складу вод, дебіту джерел (свердловин) та інші фактори, які відображають процес формування ПВ. [42]. Або режим ПВ - просторово-термінові зміни ресурсів, властивостей і складу ПВ (у т. ч. рівень, витрата, швидкість, температура, хімічний, газовий і бактеріологічний состави), які відображають процес їх формування [43]. Розрізняють такі типи режиму: 1) *природний*; 2) *порушений* інженерно-господарської діяльністю людини; 3) *змішаний* (слабко порушений), визначений комплексним впливом природних і штучних факторів. Режимні дослідження мають бути *регіональними* (установлення загальних регіональних закономірностей режиму ПВ) і *спеціальними* (при експлуатації водозаборів і інженерних споруд, при меліорації земель, в районах скиду стоків і т. ін.). Природний режим напірних ПВ поза ділянок активного антропогенного впливу, як правило, менш порушений, чим ґрунтових вод. Виключення складають напірні води передгірських шлейфів і морських побережжя. На відміну від напірних ПВ для ГВ характерна змінюваність кількісних і якісних параметрів. Мета спостережень за режимом ПВ – встановлення об'єктивних закономірностей формування ПВ і використання їх для обґрунтування різного роду гідрогеологічних прогнозів. На більшій частині території колишнього СРСР розповсюджені природний і слабко порушений режими ПВ. Порушений режим характерний для окремих ділянок, які підпадають під антропогенний вплив (зрошення, осушення, гідротехнічне будівництво тощо). Вивчення режиму ПВ здійснюється шляхом стаціонарних гідрогеологічних спостережень за основними елементами режиму (рівнів, витрат, температур, хімічного і бактеріологічного складів) по спеціально устаткованій мережі пунктів спостереження (свердловин, джерел, шурфів, колодязів). У колишньому СРСР регіональна мережа була представлена понад 100 режимними

станціями і більш 28 тис. пунктами спостереження. Окрім того, стаціонарні спостереження здійснювалися багатьма відомствами і організаціями на масивах зрошення і осушення, в районах інтенсивної експлуатації родовищ ПВ різного призначення та інших корисних копалин. Оскільки за багатьма пунктам є ряди спостережень за десятки років, то дані режимних спостережень відіграють велику роль при прогнозі гідрогеологічних умов.

Забруднення ПВ тісно пов'язано з забрудненням усього довкілля. Тому моніторинг забруднення ПВ повинен бути пов'язаним з системою спостережень та контролю за рівнем забруднення довкілля, яка розроблена і здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища України.

Під моніторингом ПВ слід розуміти цілеспрямовану систему спостережень, на основі якої дається оцінка існуючого стану ПВ і прогноз його змін під впливом антропогенних факторів.

Роботи, які пов'язані з моніторингом забруднення ПВ виконуються виробничими геологічними організаціями Держкомгеології України (у т.ч. режимні спостереження ПВ).

В схемі організації і проведення моніторингу ПВ можна виділити три етапи: 1) підготовчі роботи і створення спеціальної мережі спостережень; 2) організація і проведення систематичних спостережень, аналіз і обробка матеріалів спостережень, створення інформаційної бази; 3) оцінка стану ПВ и прогноз його змін [41, 44].

Моніторинг ПВ повинен забезпечувати спостереження, оцінку і прогноз їх стану в районах, які не порушені, або слабо порушені господарською діяльністю (фонові ділянки) в регіональному масштабі, в районах інтенсивного господарського освоєння (локальні ділянки).

Основа моніторингу ПВ – мережа спостереження, де вивчаються прісні ПВ господарсько-питного призначення, які належать до зони активного водообміну. Особливо ретельному спостереженню належать ГВ, а також перший від поверхні горизонт напірних ПВ, оскільки вони звичайно в найбільшому ступені зазнають забруднення з поверхні землі.

Мережа спостережень повинна бути розміщена у типових природних (геолого-гідрологічних умовах, кліматичних, ландшафтних) і техногенних умовах. Під техногенними умовами ми розуміємо господарську діяльність, яка впливає на ПВ (хімічні, нафтопереробні, металургійні, гірничо-видобувні підприємства, паливно-енергетичні комплекси, гідротехнічні споруди, тваринницькі комплекси). У народному господарстві важливі великі родовища ПВ, що використовуються чи можуть бути використані для центрального водопостачання.

Мережа моніторингу ПВ у залежності від розв'язуваних задач і характеру антропогенного впливу на ПВ доцільно підрозділити на: фонову, регіональну, спеціалізовану (локальну).

Фонова мережа вивчає якість ПВ у природних, непорушених (чи слабо порушених) господарською діяльністю умовах. Фоновий режим ПВ (рівень, температура, хімічний склад) виступає як вихідний рівень, стосовно якого оцінюються антропогенні зміни ПВ. Спостережливі точки фонові мережі повинні розташовуватися на значному видаленні від джерел існуючого і потенційного забруднення: 1) на видаленні не менш 25-30 км від великого (більш 500 тис. жителів) міста; 2) на видаленні не менш 10-15 км від великих промислових підприємств і великих тваринницьких комплексів; 3) у районах, які не зазнають впливу водогосподарчих меліорацій, хімічної обробки сільськогосподарських полів. Фонову мережу моніторингу ПВ доцільно пристосовувати до заповідників, заповідних і охоронних зон. Звичайно, у біосферних заповідниках існує мережа з довгим рядом спостережень, де необхідно використовувати чуттєві методи й апаратуру.

Регіональна мережа досліджує забруднення ПВ на великих площах (у регіонах), що може бути в значній мірі обумовлено транспортуванням ЗР повітряними масами з наступним (послідуючим) їх випаданням на поверхню землі й інфільтрацією в ПВ. Принципи вибору і розміщення регіональної спостережливої мережі моніторингу ПВ повинні враховувати: природно-гідрогеологічні особливості досліджуваної території; види, масштаби і характер антропогенних впливів; народногосподарську, екологічну і соціальну значимість водного об'єкту. Повинні враховуватися регіональні напрямки вітрів. При створенні мережі моніторингу ПВ варто погоджувати її з мережею моніторингу інших середовищ. Першочергові гідрогеологічні об'єкти спостережень регіональної мережі: ділянки родовищ розвіданих і прогностичних ПВ; перспективні для господарсько-питного водопостачання водоносні горизонти; райони планованого господарського освоєння (магістральні газопроводи, ділянки меліоративних робіт, промислові комплекси й ін.); водні об'єкти поза техногенним впливом, але на межі з ділянкою порушеного режиму ПВ.

Спеціалізована мережа призначена для виявлення забруднення ПВ на локальних ділянках у районах промислових і сільськогосподарських об'єктів, а також на ділянках великих централізованих водозаборів ПВ, де існує небезпека їхнього забруднення. Це пояснюється тим, що виникаюче в районі промоб'єкту на ділянках накопичувачів, шламосховищ забруднення ПВ під впливом джерела і природного руху поширюється по водоносному горизонту, причому швидкість поширення різко зростає при наявності великих водозаборів, при цьому відбувається забруднення водозабору і він виходить з ладу (використання). Тому мережа спостережливих свердловин повинна бути велика: ділянка джерела й область забруднення, а також основний об'єкт охорони - ділянка водозабору прісних ПВ). Задачами моніторингу ПВ на спеціалізованій мережі свердловин є: 1) систематичні спостереження і своєчасне виявлення забруднення ПВ (особливо на

ділянках водозаборів); 2) оцінка масштабів забруднення ПВ і вивчення його розвитку по площі та у часі - швидкість і напрямок поширення і розміри області забруднення ПВ; 3) прогноз поширення забруднених вод у шарі; 4) вивчення міграції ЗР у ПВ; 5) рекомендації з ухвалення заходів по охороні ПВ від забруднення і виснаження.

На *дослідно-виробничих полігонах* роблять детальні спостереження за забрудненням ПВ, його зв'язок із забрудненням інших природних середовищ, досліджується міграція ЗР у ПВ.

Мережа спостережливих свердловин розміщується з урахуванням: місця розташування, характеру і розмірів забруднення, конфігурації області забруднення ПВ, будови водоносного горизонту, напрямку природного руху ПВ, швидкості руху забруднених ПВ, місця розташування водозаборів.

Кількість свердловин і їхнє розташування повинне бути “ковзним” у часі, тобто нарощування мережі повинне визначатися характером і швидкістю переміщення забруднених вод. У районах промоб'єктів спостережлива мережа нарощується (збільшується) від джерела забруднення, а в районі водозабору - від межі області забруднених чи некондиційних вод у напрямку до водозабору. Спостережлива мережа повинна включати також фонові свердловини.

У районі промислових об'єктів основне навантаження падає на ГВ, тому спостережливі свердловини обладнаються переважно на горизонт ГВ.

Визначення кількості пунктів для регіональних спостережень. З метою визначення необхідного числа пунктів спостережень “*n*” для регіональних оцінок при дотриманні ряду умов можна скористатися формулою, що виражає середню квадратичну погрішність розрахунків середньої концентрації інгредієнта \bar{c} по території (σ'_c) як функцію середньої концентрації цього інгредієнта в окремих точках (*c*):

$$\sigma'_c = \frac{\sigma_c}{\sqrt{n}}, \quad (5.16)$$

де σ_c - середня квадратична погрішність визначення в одному пункті, яка обчислюється за формулою

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}. \quad (5.17)$$

Формулу (5.16) можна записати у вигляді

$$n = \left(\frac{\sigma_c}{\sigma'_c} \right)^2 \quad (5.18)$$

чи при використанні середніх квадратичних погрішностей, виражених у відносних величинах (%), у виді

$$n = (s / s')^2, \quad (5.19)$$

де $s = (\sigma_c / \bar{c}) * 100\%$; s' - задана погрішність, тобто погрішність методу визначення речовини, погрішність при відборі проб і т.д.

Формули (5.18), (5.19) дозволяють визначити необхідне число пунктів спостережень при заданій погрішності і відомій дисперсії значень концентрації ЗР. Виходячи з числа пунктів, визначається довжина квадрата мережі пунктів регіональних спостережень. Доцільне скривлення квадратів для сполучення їх у просторі з вже існуючими пунктами режимних гідрогеологічних спостережень, гідрометричними створами, пунктами різних підсистем моніторингу.

Категорії пунктів спостереження моніторингу ПВ. Мережа спостережливих свердловин розміщується з урахуванням: місця розташування, характеру і розмірів забруднення, конфігурації області забруднення ПВ, будови водоносного горизонту, напрямку природного руху ПВ, швидкості руху забруднених ПВ, місця розташування водозаборів.

За аналогією з моніторингом поверхневих вод суші в моніторингу ПВ також можна виділити 4 категорії пунктів спостережень: I - дослідно-виробничі полігони; II - пункти спеціалізованої мережі; III - пункти регіональної мережі; IV - пункти фонові мережі.

Розміщення фонові і регіональної мережі визначається переважно природними умовами; спеціалізованої мережі і дослідно-виробничих полігонів - техногенними і природними умовами.

При плануванні додаткового відбору ПВ необхідно враховувати потужність водоносного горизонту, його літологію і фільтраційні властивості по шаруватості. При потужності горизонту до 15 м досить обмежитися пробами з верхньої частини горизонту; при потужності до 40 м добір проб - з верхньої і нижньої частин водоносного горизонту; при потужностях понад 50 м випробуванню повинні бути піддані верхня, середня і нижня частини водоносного горизонту.

У залежності від особливостей гідрогеологічних умов району і характеру антропогенного впливу система спостережень моніторингу ПВ може бути побудована по одній свердловині чи куцу свердловин (фонова мережа), створу чи пакету свердловин (фонова, регіональна, спеціалізована мережа), системі створів чи майданній системі свердловин (спеціалізована мережа, дослідно-виробничі полігони). Пунктами спостережень можуть бути не тільки свердловини, але і джерела, колодязі, шахти, водозабори ПВ.

Вивчення забруднення ПВ повинне бути пов'язане з забрудненням ґрунтів, атмосферних опадів і поверхневих вод. Відбір проб опадів (дощ, сніг) доцільно прив'язати до точок відбору проб ґрунтів, а також до окремих спостережливих свердловин на горизонт ГВ (комплекс даних). Відбір проб у таких комплексних точках повинен вироблятися як до випадання атмосферних опадів (танення снігу), так і після їхнього випадання. Відбір поверхневих вод - як вище, так і нижче скидання стічних вод у ріку, а також на ділянках, де можливе розвантаження забруднених ПВ у ріку. Відбір ґрунтів (на ділянках сховищ промислових відходів, на промисловому майданчику і за його межами - до 2-3 км) роблять рівномірно, але з частішанням по розі вітрів із глибини 10-15 см і з глибини 0,5-1,0 м два рази у рік: у період найбільшого випадання опадів і в період їхньої відсутності.

Програми спостережень за якістю підземних вод. Важливим питанням ведення моніторингу ПВ є вибір програм. Основними принципами проведення спостережень є їхня цілеспрямованість, систематичність і комплексність, що передбачає сполучення спостережень за забрудненням усіх природних середовищ. Тому вибір інгредієнтів і показників якості води повинен бути оптимальним, єдиним, загальним, а самі програми моніторингу різних середовищ повинні бути порівнювальні (ПВ доцільно робити по двох групах показників - загальним і спеціальним, котрі поєднуються в *загальну (А)* і *спеціальну (Б)* програми спостережень. Загальна програма підрозділяється на дві програми - A_1, A_2 .

Програма A_1 (скорочена) включає узагальнені показники, які легко визначити в польових умовах, а також дистанційно: мінералізацію, електропровідність, pH , температуру, вміст кисню, загальну твердість. Вимагають лабораторного визначення узагальнені показники: перманганатну окиснювальність, XCK , BCK і вміст загального органічного вуглецю, сума важких металів.

Програма A_2 (повна) включає стандартні показники якості води і найбільш розповсюджені показники: pH , Eh , органолептичні показники (смак, кольоровість, запах, мутність, осад), мінералізація, загальна жорсткість, головні іони (Ca^{2+} , $Na^+ + K^+$, Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), речовини неорганічного походження (Fe , F , Zn , Mn , Sr), біогенні речовини (NO_2^- , NO^- , NH_3 , NH_4^+), кремнієва кислота, окиснювальність перманганатна, загальний органічний вуглець, деякі мікрокомпоненти (Hg , Pb , Cd , As , Cr , Mo , Ni , Cu , Be , V), органічні ЗР (НП, феноли, СПАР, бенз(а)пірен, хлорорганічні пестициди тощо).

Спеціальна програма (Б) включає деякі загальні показники якості ПВ, найбільш розповсюджені і специфічні ЗР: мінералізацію, pH , жорсткість, окиснювальність перманганатна, важкі метали (Hg , Pb , Cd , As , Cr), НП, феноли, бенз(а)пірен, хлорорганічні пестициди, характерні для району специфічні ЗР.

Програма А₁ реалізується в пунктах категорій I, програма А₂ - у пунктах усіх категорій, програма Б - у пунктах категорій I-III.

Може бути рекомендована наступна частота спостережень: програма А₂ у пунктах категорії IV - один раз на рік, у пунктах категорії III - один-два рази на рік, у пунктах категорії I і II - два рази на рік; програма Б в пунктах категорії III - два рази на рік, у пунктах II - чотири рази на рік, у пунктах I - чотири-шість разів у рік; програма А₁ у пунктах категорії I - щомісяця. У пунктах I і II частота спостережень по програмах А₁ і Б може зростати в міру наближення до спостережливої свердловини фронту забруднених вод.

Питання для самоконтролю

1. *Що таке геологічне середовище?*
2. *Які показники оцінки еколого-геологічного стану території?*
3. *Що є об'єктами моніторингу геологічного середовища?*
4. *Охарактеризуйте систему моніторингу геологічного середовища України.*
5. *Як визначити поняття "грунт"?*
6. *Назвіть кількість проведення спостережень забруднення ґрунтів пестицидами.*
7. *Скільки проб складають сумарну пробу ґрунту для оцінки площинного забруднення ґрунту пестицидами?*
8. *На якій період створюються постійні пункти спостережень при дослідженні забруднення ґрунтів пестицидами?*
9. *Які відомі антропогенні причини деградації ґрунтів?*
10. *Яким методом проводиться відбір зразків ґрунту?*
11. *Назвіть пестициди у порядку збільшення їх строку життя.*
12. *Які спеціальні карти складаються при дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами?*
13. *Де розташовані пункти спостережень та контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами?*
14. *У якому шарі треба проводити відбір проб ґрунту на риллі?*
15. *Як визначити поняття гранично допустимої концентрації речовини у ґрунті?*
16. *Чому дорівнює сторона "конверту" при відборі проб ґрунту у містах?*
17. *Які існують програми спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами?*
18. *Які одиниці вимірювання концентрації інгредієнту у ґрунті?*
19. *На яку відстань від джерела забруднення розповсюджуються спостереження забруднення ґрунтів важкими металами?*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд. - М.: Гидрометеиздат, 1984.-560 с.
2. Реймерс Н.Ф. Природопользование - М., Мысль, 1990.- 638 с.
3. Хоружая Т.А. Методы оценки экологической опасности – М., Издательское книготорговое объединение «ЭБМ-Контур», 1998. – 224 с.
4. Назаров И.М., Николаев А.Н., Фридман Ш.Д. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнения природной среды – Л., Гидрометеиздат, 1983 – 280 с.
5. Положення про державну систему моніторингу довкілля (постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391)
6. Звіт про стан навколишнього природного середовища в Одеській області в 2002 році. – Причорноморський екологічний бюлетень. - №2 (8). – 2003. – С. 5- 98.
7. Ауров В.В. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник – Одеса: “ТЭС”, 2002 – 284 с.
8. Кубланов С.Х., Шпаківський Р.В. Моніторинг довкілля. Навчально-методичний посібник. – Київ: ДПІКта ПК Мінекобезпеки. – 1998.- 92с.
9. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 288 с.
10. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
11. Безуглая Э.Ю. , Клинго В.В. О структуре поля концентрации примесей в городском воздухе. – Тр.ГГО, 1973, вып.293, с.60-67.
12. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух – Л., 1990.
13. Руководство по контролю загрязнения атмосферы /РД52.04.186-89/. - М.: Госгидромет, 1991 – 693 с.
14. Маренко А.М., Щетинін А.А. Деякі результати дослідження автотранспортного забруднення приземного шару атмосфери – Роботи УкрНДМІ Держкомгидромет, СРСР, К.: 1991, вип.241.- с.39-50.
15. Маренко А.М., Семенова А.П., Козленко Т.В. Про характеристику умов розсіювання домішок за даними по турбулентному обміну на території України – Роботи УкрНДМІ Держкомгидромет, СРСР, К.: 1991, вип.241.- с.24-33.
16. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. – К.:ВЦ «Київський університет», 1999. –319 с.
17. Оценка и регулирование качества окружающей среды. Учебное пособие для инженера-эколога. Под ред. А.Ф.Порядина, А.Д.Хованского. – М.:НУМЦ Минприроды России, Изд-ий Дом «Прибой», 1996. – 350 с.
18. СНиП 2.04.02-84/Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.- М.,1985.
19. Владимирова А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды – Л.: Гидрометеиздат, 1991 – 424 с.

20. Рябчиков А.М., Саушкин Ю.Г. Современные проблемы исследования окружающей среды. – Вестн. МГУ. География. – 1973. – №3.
21. Радиогеоэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. Мониторинг радиоактивного загрязнения природных вод Украины – Киев, Чернобыльинтеринформ, 1997 – т.1 -- 308 с.
22. Израэль Ю.А., Симонов А.И., Цыбань А.В. Исследование загрязнения океана. - Земля и Вселенная, 1980, № 3.
23. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Проблемы мониторинга экологических последствий загрязнения океана. - Л.: Гидрометеиздат, 1981.
24. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана.- Л.: Гидрометеиздат, 1989.
25. Сергеев Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде. - Инженерная геология. – 1979. - № 1. – С. 1- 9.
26. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
27. Теория и методология экологической геологии/ Трофимов В.Т. и др. Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
28. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. – Київ: Манускрипт, 1997. – 348 с.
29. Экологические функции литосферы/ В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др. Под ред. В.Т. Трофимова.- М.: Изд-во МГУ, 2000, - 432 с.
30. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России. – М.: ИЛ РАН. Сер. 5. География. – 1993. - №5. – С. 77-79.
31. Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтово-рослинного покриву. – Одеса: Вид-во „ТЄС”, 2003. – 260 с.
32. Епишин В.К., Трофимов В.Т. Литомониторинг – система контроля и управления геологической средой//Теоретические основы инж. геол. Социально-экономические аспекты. Под. Ред. Е.М. Сергеева. – М.: Недра, 1985. – С. 243-250.
33. Сахаев В.Г., Шевчук В.Я. Економіка і організація охорони навколишнього середовища. - К.:Вища шк., 1995. – 272 с.
34. Инженерно-геологические изыскания для строительства. СП 11-102-97. – М., 1997. – 40 с.
35. Методика определения ущерба, обусловленного загрязнением и засорением земельных ресурсов в результате нарушения природоохранного законодательства. К.:Минэкобезопасности, Киев, 1998.
36. Соловьев В.И., Кожанова Г.А., Гудзенко Т.В и др. Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв. – Сб.: Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2001.

37. Охрана окружающей среды при строительстве разведочных и эксплуатационных скважин на нефть и газ. - Госкомитет Украины по геологии и использованию недр. - Полтавское отделение УкрГГРИ. - Полтава, 1999.
38. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
39. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990 – 335 с.
40. Справочник по охране геологической среды. – Т. 1,2./в.ф. Макляк, Г.П. Панасенко, А.Д. Хованский. Под ред. Г.В. Войткевича. – Ростов на Дону: Феникс, 1996. – 512 с.
41. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 248 с.;
42. Справочное руководство гидрогеолога. Том 2. Под ред. В.М. Максимова. – Л.: Недра, 1967. – 359 с.
43. Климентьев П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. – М.: Высш. шк., 1989. – 448 с.
44. Гольдберг В.М., Мошкин В.М. Изучение загрязнения подземных вод и окружающей среды на примере одного из промышленных районов. - Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы. Отд. геол., 1980, т.55, вып.4.- С.97-105.

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

Агаєв Т.Б. 39, 53, 59, 91, 98, 113, 144
Адаменко О.М. 117, 118, 119,121,
Ауров В.В., 26
Безугла Э.Ю. 39
Беккер А.А. 39, 53, 59, 91, 98, 113, 144
Бойчук М.Д. 118
Віноградов Б.В. 120, 135
Владимиров А.М. 102
Гольдберг В.М. 152, 155, 156, 158
Гудзенко Т.В. 135, 136
Єпішин В.К. 122
Журавльова М.Г. 31
Зілінг Т.А.138
Ізраель Ю.А. 9, 13, 111
Кабата-Пендіас А. 137
Кліментьєв П.П. 157
Кожанова Г.А. 135, 136
Козленко Т.В. 73
Кольквиц Р. 96
Коніков Є.Г. 122
Кононов В.М. 157
Корольов В.А. 117, 119, 122, 142
Кубланов С.Х. 26
Лисак А.В. 32
Ляхін Ю.И. 102
Маренко А.М. 73
Марсон М. 96
Матвеев Л.Т. 102
Мошкін В.М. 158
Мэннинг У.Дж. 75, 80
Назаров І.М. 16, 32
Ніколаєв А.Н. 16
Орлов В.А. 120
Орлов В.Г. 102
Пендіас Х. 137
Польовий А.М. 122
Ревич Б.А. 139, 149
Реймерс М.Ф. 9, 41
Рудько Г.І. 117-119,121,
Рябошапко А.Г. 32
Рябчиков А.М. 102

Саєт Ю.Є. 139, 149
Саушкін Ю.Г. 102
Сафранов Т.А. 122
Сахаєв В.Г. 128
Семенова А.П. 73
Сергєєв Є.М. 116
Сімонов А.І. 111
Соловійов В.І. 135, 136
Снакін В.В. 120
Трофімов В.Т. 117, 120, 121, 122, 138
Федер У.А. 75, 80
Фрідман Ш.Д. 16
Хільчевський В.К. 82
Хоружа Т.А. 9, 12
Христофорова Н.К. 75
Цибань А.В. 111
Шевчук В.Я. 128
Шпаківський Р.В., 26
Щетинін А.А. 73
Янін Є.П. 139, 149

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Автоматизована система контролю забруднення природного середовища 28
- Біомоніторинг 75
- Біохімічне споживання кисню 12, 87, 95
- Величина граничної межі 12
- Вертикаль 93
- Вірогідність результатів спостереження 53
- Водокористування 82
- Газоаналізатор 64-66
- Геологічне середовище 116
- Гідробіонти 98
- Глобальна система моніторингу навколишнього середовища 13
- Горизонт 93
- Гранично допустима концентрація 11, 41, 42, 43, 88, 139
- Гранично допустимий рівень техногенного впливу 11
- Гранично допустимий скид 88, 89
- Ґрунт 118, 126
- Ґрунтово-геоморфологічний профіль 147
- Деградація ґрунтів 127
- Дампінг ґрунтів 103
- Забруднення
 - атмосфери 33
 - біологічне 84
 - геологічного середовища 118
 - підземних вод 149, 152
 - природних вод 83
 - хімічне 85, 128, 150
 - фізичне 86
- Забруднювальні речовини 44, 50
- Зообентос 98-100
- Зоопланктон 98-100
- Екологічний контроль 10
- Клас
 - небезпеки шкідливої речовини 43
 - шкідливості 86
 - природно-антропогенних порушень 120
- Летальна концентрація 41
- Лімітуюча ознака шкідливості 87, 88
- Методологічні спостереження 55
- Методи аналітичних визначень речовин 26
- Методи відбору проб
 - атмосферного повітря 50-53

- природних вод 94
- ґрунту 140

Міжнародна геосферно-біосферна програма 14

Модуль техногенного навантаження 121

Моніторинг 8, 9

- довкілля 8
- екологічний 8, 9
- глобальний 13, 16
- державний 18
- імпактний 14
- класифікація 10, 11
- кліматичний 9
- екологічний 8,9
- навколишнього природного середовища 8, 9
- регіональний 14
- фоновий 13, 14, 17

Навколишнє природне середовище 8

Несприятливі метеорологічні умови 39

Об'єкт спостережень 9

Обстеження стану забруднення атмосфери 68

- епізодичне 68-70
- комплексне 68, 70-75

Опорний полігон 124

Організація моніторингу 18, 22

- повітряного басейну
- поверхневих вод суши 90
- вод морів і океанів 111

Орієнтовно безпечний рівень діяння 12

Параметр споживання повітря 45 – 49

Період спостереження 39

Підземні води 116, 149-163

Полігон 124, 125

Положення про державний моніторинг 19

Пост спостережень 35– 38

Пункт спостережень 91, 111, 124

Природно-технічна система 116

Програма спостережень 38, 39, 95, 100, 113, 124

Підфакельні спостереження 57

Реєстрація забруднення атмосфери 63-68

Рівень забруднення атмосфери 34, 50

Самоочищення 83

Сапробність 96

Система екологічного моніторингу 125

Спостереження

- інвентаризаційні 124
- методичні 124
- режимні 124
- ретроспективні 124

Стан погоди 55, 58

Станція комплексного фонового моніторингу 14, 17

Стічні води 86

Таблиці забруднення атмосфери 59-63

Тимчасово допустима концентрація 41

Токсобність 97

Фітопланктон 98-100

Фотохімічні оксиданти 76

Хімічне споживання кисню 85, 95

Центр обробки інформації 28

Шкідливі речовини 11, 77

Навчальне видання

**Полетаєва Лариса Миколаївна
Сафранов Тамерлан Абісалович**

**МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО
ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Навчальний посібник

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
