

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

М. О. Клименко
А. М. Прищеп
Н. М. Вознюк

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

Підручник

Видання 2-ге, доповнене та перероблене

Рівне – 2023

УДК 504.054(075.8)

К49

Рецензенти:

Мошинський В. С., д.с.-г.н., професор, ректор Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Романчук Л. Д., д.с.-г.н., професор, проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку Поліського національного університету;

Лико Д. В., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, географії та туризму Рівненського державного гуманітарного університету, заслужений працівник народної освіти України, академік УЕАН, МАНЕБ.

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів.*

Лист № 14/18.2–112 від 20.01.2005 р.

*Затверджено вченою радою Національного університету водного
господарства та природокористування.*

Протокол № 1 від 27.01.2023 р.

М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк

К49 Моніторинг довкілля : підручник. 2-ге вид., допов. та перероб. – Рівне : НУВГП, 2023. – 350 с.

ISBN 978-966-327-557-4

У підручнику розглянуто моніторинг довкілля як самостійну і самодостатню галузь екологічної науки з власним предметом, об'єктом і методами дослідження. З урахуванням сучасних потреб і тенденцій до глобальної екологізації людського світогляду у ньому узагальнено і систематизовано теоретичний доробок і практичний досвід суміжних природознавчих галузей знань. Смісловим ядром підручника є комплексний аналіз сутності, видів і рівнів моніторингу довкілля, зокрема атмосферного повітря, поверхневих вод, стану ґрунтів, радіоактивного забруднення природного середовища, а також біомоніторингу та біоіндикації як методів наукового пізнання.

Адресований студентам вищих навчальних закладів.

УДК 504.054 (075.8)

ISBN 966-580-205-4

© М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк, 2005

ISBN 978-966-327-557-4

© М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк, 2023
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2023

ЗМІСТ

1. Моніторинг довкілля як галузь екологічної науки і природоохоронної діяльності	1.1. Сутність, об'єкт, предмет, методи моніторингу довкілля	7
	1.2. Становлення і розвиток моніторингу довкілля як галузі екологічної науки	11
	1.3. Моніторинг як система спостережень за впливом на довкілля антропогенних факторів	16
	1.4. Моніторинг як система оцінювання і прогнозування майбутнього стану довкілля	18
	1.5. Організація спостережень за станом природного середовища	21
	1.6. Спеціальні методи спостережень за рівнем забруднення природного середовища	27
2. Рівні, види моніторингу довкілля	2.1. Принципи класифікації систем моніторингу	37
	Екологічний моніторинг і його завдання	39
	Фоновий моніторинг, його роль в оцінюванні і прогнозуванні глобального стану біосфери	43
	Глобальна система моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС)	47
	Кліматичний моніторинг і його завдання	52
	2.2. Моніторинг навколишнього природного середовища України	56
3. Моніторинг атмосферного повітря	3.1. Джерела та наслідки забруднення атмосферного повітря	61
	3.2. Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря	70
	3.3. Пункти спостережень за забрудненням атмосферного повітря,	79

	умови їх розміщення, програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря	
	3.4. Методи оцінювання забруднення атмосферного повітря, прилади і способи відбору проб	90
	Методи оцінювання забруднення атмосферного повітря	90
	Методи відбору проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу	92
	Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря	94
	3.5. Оцінювання стану атмосферного повітря за результатами спостережень	99
	3.6. Екологічне нормування якості атмосферного повітря	112
4. Моніторинг поверхневих вод	4.1. Сучасний стан поверхневих вод. Джерела і види їх забруднення	115
	4.2. Основні завдання і організація моніторингу поверхневих вод	120
	4.3. Визначення масивів поверхневих вод	126
	4.4. Принципи організації спостереження і контролювання стану масивів поверхневих вод	135
	Програма та терміни проведення моніторингових робіт у пунктах спостереження	139
	Методи та терміни відбору проб	146
	4.5. Оцінювання і прогнозування якості води	153
	Оцінювання природної якості води в період маловодної фази стоку	153
	Оцінювання якості масивів поверхневих вод в умовах антропогенної дії	155
	Порядок виконання екологічної оцінки поверхневих вод і способи подання її результатів	186
	Методи прогнозування якості води. Результати моніторингу	208

5. Моніторинг Світового океану	5.1. Джерела і види забруднення океану	213
	5.2. Процеси самоочищення морського середовища від забруднюючих речовин	220
	5.3. Завдання та основні види комплексного глобального моніторингу океану	223
	5.4. Організація спостережень за станом вод морів та океанів	225
	Морська природоохоронна стратегія України	225
	Завдання і програми спостережень за забрудненням морського середовища	235
	Оцінювання і контролювання нафтових забруднень поверхні моря	240
6. Моніторинг стану ґрунтів	6.1. Сучасний стан ґрунтового покриву Землі і антропогенний вплив на нього	243
	Шляхи надходження й особливості міграції забруднюючих речовин у ґрунті	253
	6.2. Наукові і організаційні засади створення ґрунтового моніторингу	256
	6.3. Критерії оцінювання і види ґрунтово-екологічного моніторингу	262
	6.4. Основні принципи спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунту	269
	6.5. Особливості організації спостереження і контролювання забруднення ґрунтів пестицидами	271
	6.6. Організація моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами	273
	6.7. Моніторинг меліорованих земель	277
	Критерії оцінювання екологічного стану осушуваних та прилеглих до них земель	283
	Критерії оцінювання екологічного стану зрошуваних і прилеглих до них земель	286

7. Радіоактивне забруднення природного середовища і його моніторинг	7.1. Джерела радіоактивного забруднення навколишнього природного середовища	290
	7.2. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання	300
	7.3. Методи радіаційного контролю	304
	7.4. Обстеження забруднених сільськогосподарських угідь і об'єктів ветеринарного нагляду	307
8. Моніторинг довкілля на основі спостережень за біологічними об'єктами	8.1. Біоіндикація	312
	8.2. Біомоніторинг забруднення атмосфери за допомогою рослин	314
	Забруднюючі речовини і їх суміші, які впливають на рослинний покрив	314
	Рослини-індикатори і рослини-монітори	320
	8.3. Біомоніторинг ґрунтів і водних ресурсів	325
Короткий термінологічний словник		329
Література		349

1. МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ЯК ГАЛУЗЬ ЕКОЛОГІЧНОЇ НАУКИ І ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У різних видах наукової та практичної діяльності людина послуговується методом спостереження як способом пізнання, що ґрунтується на тривалому цілеспрямованому планомірному сприйнятті предметів і явищ навколишнього середовища. Інформація про стан довкілля потрібна у щоденному житті людей, в їх господарській діяльності, особливо цінна вона за надзвичайних ситуацій, під час яких динамічно змінюються події, доводиться оперативно приймати необхідні, часто нестандартні рішення.

1.1. Сутність, об'єкт, предмет, методи моніторингу довкілля

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини біосферних факторів. Пізнання цих змін неможливе без виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для чого і організують спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.

За міжнародним стандартом (СТ ІСО 4225-80), **моніторинг** – це багаторазове вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану і зміни об'єктів. Цей термін було запропоновано напередодні проведення Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища у 1972 р. на противагу (або на доповнення) до терміну «контроль». Крім спостережень і отримання інформації, моніторинг передбачає і елементи активних дій, таких як оцінювання, прогнозування, розроблення природоохоронних рекомендацій.

Моніторинг (англ. *monitoring*, від лат. *monitor* – той, що контролює, попереджує) **довкілля** – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами,

що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом, з метою раціонального використання природних ресурсів і охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

Як галузь екологічної науки моніторинг довкілля ґрунтується на загальних екологічних законах і взаємодіє з природничими, географічними і технічними науками. Його завдання полягають у постановці і виробленні теоретичних засад практичного розв'язання проблем організації спостережень; науковому обґрунтуванні складу і структури мережі і методів спостережень за природним фоном, природними явищами, планетарними процесами, рівнем забруднення середовищ, станом біоти (сукупності живих організмів, що населяють певний район у певний відрізок часу), фізичними параметрами біосфери; виборі методів, методик оцінювання і прогнозування стану довкілля; розробленні рекомендацій щодо управління станом складових біосфери.

Метою моніторингу довкілля є екологічне обґрунтування перспектив та удосконалення системи моніторингу навколишнього середовища, оцінювання фактичного і прогнозованого його стану; попередження про зниження біорізноманітності екосистем, порушення екологічної рівноваги у довкіллі, погіршення умов життєдіяльності людей.

Предметом моніторингу довкілля як науки є організація і функціонування системи моніторингу, оцінювання і прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних і антропогенних факторів.

Об'єктами моніторингу довкілля, залежно від рівня та мети досліджень, можуть бути наколишне середовище, його елементи (атмосферне повітря, поверхневі й підземні води, ґрунтовий і рослинний покриви, екосистеми і їх абіотичні і біотичні складові, біосфера) і джерела впливу на довкілля.

Моніторинг довкілля як комплексна галузь знань послуговується загальнонауковими методами досліджень, такими як аналіз і синтез, сходження від конкретного до абстрактного, узагальнення, математичне і статистичне оброблення інформації. Разом з тим, моніторинг довкілля розробляє власні методи аналізу, прогнозування стану екологічних систем і процесів, що в них відбуваються. На підставі дослідження взаємозв'язків між процесами і складовими екосистем, впливу на них природних та антропогенних факторів моніторинг з'ясовує спільні закономірності функціонування, а також особливості стану екосистем, компонентів біосфери на різних просторово-територіальних рівнях. Ця галузь знань є комплексною

наукою, яка забезпечує здобуття нових знань про навколишнє середовище з використанням методів оцінювання і прогнозування стану його елементів (атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтового і рослинного покриву), розкриває їх взаємозв'язки і взаємовпливи між ними.

При виконанні своїх функцій моніторинг довкілля використовує різноманітні методи отримання первинної і вторинної інформації.

Методи отримання первинної інформації реалізуються через безпосередні спостереження на відповідних станціях, постах, створах. Такими є метеорологічні, гідрологічні, океанічні, геофізичні, біологічні, фонові спостереження. Дані про стан довкілля отримують і за допомогою дистанційних засобів спостережень, зокрема, внаслідок прямих спостережень із супутників Землі, вертикальних зондувань, фотографічних і геофізичних зйомок, а також геостаціонарних спостережень. Методи отримання вторинної інформації полягають в упорядкуванні і опрацюванні бази даних, отриманих за допомогою первинної інформації. Результати фіксують у вигляді карт, таблиць, графіків. Для акумулювання й узагальнення інформації функціонують географічні інформаційні системи (ГІС) – комп'ютерні бази даних, поєднані з певними аналітичними засобами для роботи з просторовою інформацією.

Для оброблення бази даних, оцінювання і прогнозування стану довкілля застосовують метод аналогій (досліджуваний об'єкт оцінюється відповідно до його типової моделі), емпіричне узагальнення (вивчення взаємозв'язків між явищами і процесами об'єкта дослідження), моделювання (побудова фізичних, математичних, цифрових моделей).

Нагромаджені у процесі моніторингу дані інформують про стан довкілля на певний час, основні процеси, тенденції, що відбуваються в ньому. Ці відомості допомагають спрогнозувати його розвиток, передбачити надзвичайні ситуації природного та техногенного походження, а також спланувати науково обґрунтовані природоохоронні заходи для створення безпечних умов життєдіяльності. Особливо актуальним при цьому є відстеження антропогенних змін у природі.

Діяльність із моніторингу довкілля передбачає оцінювання минулого, сучасного його стану, а також прогнозування змін його параметрів у майбутньому.

Моніторинг довкілля передбачає виконання таких загальних завдань:

- ✓ спостереження за факторами впливу на навколишнє природне середовище і за його станом;

- ✓ оцінювання фактичного стану довкілля;
- ✓ прогнозування стану навколишнього природного середовища і його оцінювання;
- ✓ дослідження стану біосфери, оцінювання й прогнозування її змін;
- ✓ визначення обсягу антропогенної дії на навколишнє природне середовище;
- ✓ встановлення факторів і джерел забруднення навколишнього природного середовища;
- ✓ виявлення критичних та екстремальних ситуацій, що порушують екологічну безпеку.

Необхідність виконання цих завдань зумовлює структуру моніторингу, яка формується з таких блоків: «Спостереження за довкіллям», «Оцінювання фактичного стану довкілля», «Прогнозування стану довкілля», «Оцінювання прогнозованого стану довкілля» (рис. 1.1).

Блоки «Спостереження...» і «Прогнозування...» тісно пов'язані між собою, оскільки прогнозування змін довкілля можливе лише за наявності достатньої інформації про його фактичний стан (прямий зв'язок). Прогнозування передбачає знання закономірностей змін стану природного середовища, наявності схеми і можливостей їх прогнозованого розрахунку, а також спрямованість прогнозу, яка значною мірою визначає структуру спостережень (зворотний зв'язок).

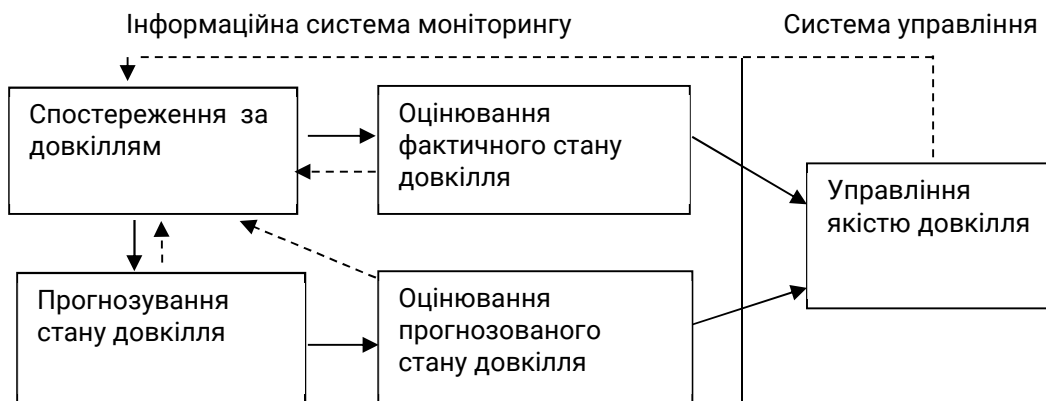


Рис. 1.1. Блок-схема системи моніторингу

Отримані в результаті спостережень або прогнозу дані, які характеризують стан довкілля, оцінюють залежно від того, в якій сфері діяльності передбачається їх використання. Оцінювання передбачає з'ясування певних антропогенних впливів, вибір

оптимальних умов для діяльності, визначення наявних екологічних резервів за умови знання допустимих навантажень на навколишнє середовище.

Система моніторингу може охоплювати локальні райони (локальний і регіональний моніторинги), окремі держави (національний моніторинг) і планету загалом (глобальний моніторинг).

Моніторинг є важливою складовою системи управління якістю довкілля, оскільки передбачає належне інформування про конкретні особливості і наслідки взаємодії людства з навколишнім середовищем. Інформація про його стан і тенденції зміни є основою розроблення заходів з охорони природи, враховується вона і при плануванні розвитку економіки. Результати оцінювання наявного і прогнозованого стану біосфери визначають комплекс вимог до підсистем спостережень.

1.2. Становлення і розвиток моніторингу довкілля як галузі екологічної науки

Спостереження за причино-наслідковими явищами і процесами природного середовища було необхідною умовою пристосування до навколишнього світу і запорукою виживання й розвитку людства. Первісна людина спостерігала за довкіллям, робила певні висновки і передбачення. Зі становленням і розвитком наступних історичних формацій набутий досвід спочатку в усній, а потім у письмовій формі зберігався, аналізувався і передавався наступним поколінням. Перший великий поділ праці (відокремлення землеробських (осілих) і скотарських (кочових) племен), очевидно, зумовив і певну диференціацію у оцінюванні найважливіших природних явищ, які позначалися на життєдіяльності людей. На перших етапах розвитку вплив людства на природне середовище мав локальний характер, був незначним, а виробнича діяльність спиралася на природні сили (енергію води, вітру тощо).

Найдавніші письмові пам'ятки, які свідчать, що спостереження за довкіллям були важливою умовою розвитку суспільства, залишили єгиптяни, греки та, практично, всі народи, які мали писемність. Так, Гіппократ у своєму трактаті «Про повітря, воду і місцевість» (≈ 390 р. до н.е.) розглядав вплив навколишнього середовища на здоров'я людини. Деякі факти і трактування екологічного спрямування висвітлено у праці Арістотеля (384–322 рр. до н.е.) «Про виникнення

тварин» (≈340 р. до н.е.). Теофраст Ерезійський (371–280 рр. до н.е.) наводить відомості про своєрідність рослин, що зростають у різних умовах, залежність їх форм та особливостей від ґрунту і клімату.

З розвитком суспільства накопичувалася інформація екологічного спрямування, систематизувалися дані, аналізувалися зміни стану навколишнього природного середовища, зумовлені впливом природних факторів і діяльності людини. У ХХ ст. людина отримала змогу активно впливати на довкілля та користуватися новими ресурсами. Саме поширенням антропогенного впливу на природу та її змінами і було зумовлене становлення моніторингу довкілля як науки.

Моніторинг довкілля виник у другій половині ХХ ст. як науково-практичний напрям системної екології, завданням якої є встановлення критеріїв і виявлення меж стійкості екологічних систем. Тоді його метою було отримання репрезентативних даних про стан, динамічні зміни екосистем, створення бази даних (за певними показниками), вибір об'єктів і формування мережі спостереження. На той час поняття «моніторинг довкілля» охоплювало не лише систему постійних спостережень за станом компонентів біосфери, а й засновану на природничонауковій основі (біологічній, фізико-хімічній, геофізичній) певну їх методологію, а також слугувало дієвим засобом охорони довкілля.

На початку 70-х років ХХ ст. було обґрунтовано альтернативні концепції моніторингу довкілля як сфери наукового знання і практичної діяльності.

Згідно з концепцією Ю. А. Ізраеля моніторинг довкілля є системою цілеспрямованих, періодично повторюваних і програмованих спостережень за одним і більше елементами навколишнього середовища у просторі і часі. Основними елементами цієї системи є спостереження, оцінювання і прогнозування стану довкілля. Моніторинг формується з певних підсистем, серед яких особливу роль відіграє *екологічний моніторинг* – виявлення і дослідження антропогенних змін стану абіотичних компонентів природних середовищ біосфери (також враховують зміни рівнів забруднення природних середовищ) і зворотної реакції екосистем на природні та антропогенні зміни. За цією концепцією метою моніторингу є фіксація антропогенних змін природного середовища, а управління його якістю не передбачено.

За переконаннями І. Герасимова, моніторинг довкілля – це організована на різних рівнях системою спостережень, контролювання і управління його станом. Налагодження моніторингу довкілля відповідно до цієї концепції сприяє виявленню екологічних

небезпек, але ускладнює раціональне управління екосистемами, якщо середовище забруднене шкідливими відходами виробництва, порушені біотичні кругообіги і нормальне функціонування екосистеми. Відповідно до завдань і масштабів об'єктів спостереження І. Герасимов розрізняє такі рівні моніторингу довкілля:

1) біоекологічний (санітарно-гігієнічний) моніторинг. Його сутність полягає в спостереженні за станом і впливом довкілля на здоров'я людини з метою захисту її від негативних чинників. Головне завдання біоекологічного моніторингу – наукове обґрунтування зв'язку між явищами в навколишньому середовищі і станом здоров'я людини;

2) геоекологічний (геосистемний, природно-господарський) моніторинг. Передумовами його реалізації є геофізичні, геохімічні, біохімічні, біологічні спостереження за змінами природних екосистем і перетворенням їх на природно-технічні, прогнозування стихійних змін навколишнього середовища і явищ, які погіршують життєве середовище людей;

3) біосферний моніторинг. Здійснюють його шляхом спостереження за природними процесами і явищами на рівні біосфери, в т.ч. і за їх змінами внаслідок дії антропогенних факторів, а також через з'ясування глобальних змін фонових показників у природі.

Важливими елементами обґрунтованої І. Герасимовим управлінської концепції моніторингу довкілля є виявлення і контролювання екологічних небезпек.

М. Голубець – український вчений, спеціаліст у галузях ботаніки, екології та ін., розглядає моніторинг довкілля як багаторівневу систему спостереження, оцінювання і прогнозування стану навколишнього природного середовища, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних природоохоронних управлінських рішень і поділяє його на ієрархічні рівні. Найвищий рівень репрезентують типи моніторингу, згруповані за територіально-просторовими параметрами контрольованих процесів, тобто масштабами спостережень. За цим критерієм вчений виокремлює глобальний, материковий, океанічний, міжнародний, національний, регіональний, локальний типи моніторингу довкілля. Типам моніторингу, на його погляд, підпорядковані серії моніторингу довкілля (геолого-фізична, екологічна, соціологічна, техніко-економічна, медико-біологічна), в які об'єднані спостереження за станом основних складових біосфери з метою виявлення їх змін.

Дослідження реакцій абіотичної (неживої матерії) і біотичної (живих організмів) складових біосфери на дію природних і антропогенних факторів М. Голубець об'єднує у групи моніторингу

довкілля. Їх він розрізняє залежно від складових довілля (біологічна, гідрометеорологічна, біоенергетична, біогеохімічна тощо). До найнижчої підсистеми належать види моніторингу довілля (ботанічний, зоологічний, гідробіологічний, мікробіологічний), сутність яких полягає у спостереженні за реакцією організмів на зміни, що відбуваються у біосфері. Ієрархічність побудови моніторингу дає змогу оцінити всі складові біосфери, виявити і проаналізувати характерні зміни кожного функціонального рівня і виробити рекомендації для управління станом досліджуваного об'єкта.

У період з 1972 по 1974 рік науковий комітет з проблем навколишнього середовища Міжнародної ради наукових союзів (SCOPE) виробив і запропонував ідею глобального моніторингу. Теоретично обґрунтував її Р. Мунн, який розглядав моніторинг як систему контролю за навколишнім середовищем, що охоплює спостереження за його станом, визначення можливих змін і розроблення заходів з управління довіллям. Сутність концепції глобального моніторингу полягає в необхідності здійснення повторних спостережень за елементами навколишнього середовища в просторі і часі з певною метою за конкретними програмами. На основі цієї концепції виникли різноманітні підсистеми моніторингу довілля: моніторинг приземного й верхнього шарів атмосфери; моніторинг атмосферних опадів; моніторинг гідросфери (поверхневих вод суші, вод океанів, морів і підземних вод); моніторинг літосфери (передусім ґрунту); кліматичний моніторинг; моніторинг озонового шару; моніторинг океану; геофізичний моніторинг; фізичний моніторинг, біогеохімічний моніторинг.

У 1986 р. Секретаріат ООН з навколишнього середовища, послуговуючись розробками Р. Мунна, видав «Довідник з екологічного моніторингу», який містить методики і програми моніторингу для країн, що розвиваються. Запропоновані системи моніторингу ґрунтуються на природничо-наукових дослідженнях і передбачають:

- виявлення і дослідження природних ресурсів, які забезпечують виробництво продуктів харчування (моніторинг клімату, рельєфу, ґрунтів, рослинності, популяцій);
- дослідження природних умов (моніторинг ерозії ґрунтів, твердого стоку).

Особлива роль належить космічному моніторингу (дистанційному моніторингу, який здійснюють за допомогою оснащених вимірювальними приладами космічних апаратів). Сутність дистанційних методів полягає у проведенні зйомки або вимірювань без фізичного контакту з об'єктом дослідження.

Розвинуті країни запровадили моніторинг довкілля в 60–70-ті роки ХХ ст., використовуючи системи спостереження і контролю за станом його окремих елементів. Їх розроблення було започатковане у 30-ті роки з метою контролювання природного середовища на великих водних об'єктах (визначали лише головні іони і біогенні елементи), а згодом (50–70-ті роки ХХ ст.) їх використовували і для спостережень за радіоактивним забрудненням природи, забрудненням атмосферного повітря і водних об'єктів.

Моніторинг довкілля в усіх розвинутих країнах здійснюється на основі рекомендацій ООН з урахуванням національних особливостей. Наприклад, у Великобританії для цього створено мережу спостережень за хімічними сполуками з метою вивчення динаміки зміни середовища під їх дією, дослідження найменш стійких компонентів екологічних систем. Реалізується він на двох рівнях: моніторинг якості довкілля (оцінювання існуючого стану); «проблемний» моніторинг (оцінювання нових небезпечних, кризових екологічних ситуацій). Такий підхід дає змогу передбачати екологічні проблеми екосистем, своєчасно організовувати нові моніторингові програми. Моніторинг в Швеції має проблемний характер. Наприклад, спостереження за якістю води передбачає попереднє виокремлення певних проблем, розроблення стосовно кожної відповідної програми досліджень. Основою національних моніторингових країн СНГ є геофізичний підхід – проведення спостережень за станом певних середовищ (атмосфери, ґрунтів, водних ресурсів) біосфери.

У СРСР, до складу якого належала Україна, моніторинг здійснювала служба спостереження і контролю за забрудненням природного середовища (формувався з підсистем спостереження і контролювання забруднення атмосферного повітря, вод суші, морів, ґрунту, фонових забруднень певних середовищ). В Україні у 1992 р. розпочалося розроблення і впровадження системи екологічного моніторингу України відповідно до Закону «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Положення про державний моніторинг навколишнього середовища». Ця система передбачає спостереження за довкіллям збирання, оброблення і оцінювання отриманих даних та прогнозування його стану, формування відповідних баз інформації, розроблення на їх основі науково обґрунтованих природоохоронних заходів, передбачення надзвичайних ситуацій техногенного, природного характеру, створення безпечних умов життєдіяльності людини.

Отже, моніторинг довкілля є дієвим засобом природоохоронної політики, здійснюваної відповідно до екологічних прогнозів.

1.3. Моніторинг як система спостережень за впливом на довкілля антропогенних факторів

Для аналізу та прогнозування розвитку екологічної ситуації у глобальному і регіональному масштабах необхідні знання різноманітних геофізичних процесів, антропогенних ефектів і факторів, що їх спричиняють. Вивчення й оцінювання негативних наслідків антропогенних дій з метою попередження або зменшення збитків є однією із найважливіших умов організації економіки, гарантування екологічної безпеки.

Проблема людського втручання у природні процеси особливо актуалізувалася з розвитком науково-технічного прогресу у середині ХХ ст. Саме тоді антропогенний вплив почав зумовлювати глобальні, іноді незворотні наслідки.

Антропогенні фактори – форми господарської діяльності людини, що впливають на організми чи екосистеми, природне середовище загалом.

Дію антропогенних факторів на біосферу оцінюють, зважаючи на зміни властивостей основних її елементів, геофізичні, геохімічні, біологічні, екологічні наслідки їх впливу (порушення в екосистемах), а також на зміни стану здоров'я людей.

Кожна із груп антропогенних факторів спричинює своїм впливом такі перетворення у біосфері:

- викид у біосферу хімічно та фізично активних речовин спричинює зміни стану і властивостей атмосфери; великомасштабні зміни циркуляції в атмосфері й океані; порушення стійкості земних і водних екосистем; зниження працездатності людей;

- викид у біосферу інертного матеріалу (аерозольних частинок) зумовлює зміни складу і властивостей вод суші; погоди і клімату; екосистеми Світового океану; погіршення настрою у людей;

- пряме нагрівання атмосфери спричинює зміни складу і властивостей вод Світового океану; перерозподіл і зміни відновлюваних абіотичних (водних, кліматичних) ресурсів; негативні генетичні ефекти; хвороби, стресові ситуації;

- фізичні дії, які змінюють поверхню суші і рослинний покрив (ерозія, пожежі) виявляються у зміні стану біоценозу і біогеофізичного

середовища; озонового шару (зміна проходження ультрафіолетового випромінювання, радіохвиль); зникненні і генетичних змінах існуючих видів, появи нових;

- біологічна дія (розвиток агроценозів) виражається у зміні літосфери, прозорості атмосфери, проходження сонячного випромінювання; зменшенні біопродуктивності екологічних систем і кількості популяцій; деградації лісів; скороченні тривалості життя;

- знищення ресурсів (невідновних і відновних) призводить до зміни кріосфери (оболонки землі, у складі якої присутній лід); ерозії земної поверхні, зміни її альbedo (відношення кількості променистої енергії сонця, відбитого від поверхні будь-якого тіла, до кількості спрямованої на цю поверхню енергії); деградації ґрунтів; зниження темпів приросту населення;

- антропогенні упорядковані потоки речовин зумовлюють зміну геофізичних властивостей великих систем; властивостей суші й ґрунту; здатності біосфери до відновлення ресурсів, виснаження невідновних ресурсів; зменшення чисельності населення; порушення природних кругообігів.

Спостереження у межах системи моніторингу за дією основних антропогенних факторів і процесів, які вони зумовлюють, групують за такими напрямками:

1. Спостереження за локальними джерелами забруднення і забруднюючими факторами. Вони здійснюються на територіях окремих об'єктів (підприємств, населених пунктів, ділянок ландшафтів тощо) у формі контролювання кількісного і якісного складу забруднюючих речовин, що містяться у викидах і скидах, місцях їх зберігання.

2. Спостереження за станом навколишнього природного середовища. Зосереджені такі спостереження на відстежуванні геофізичних (природні явища катастрофічного характеру: вулкани, землетруси, ерозії, цунамі), фізико-географічних (розподіл суші і води, рельєф, природні ресурси, народонаселення, урбанізація), геохімічних (кругообіг речовин, хімічні, шумові забруднення атмосфери), хімічних (хімічний склад атмосферних домішок природного й антропогенного походження, опади, поверхневі і підземні води, ґрунт, рослини, основні шляхи розповсюдження забруднювачів) явищ, процесів і змін з фіксуванням відповідних даних.

3. Спостереження за станом біотичної складової біосфери. У їх процесі відстежують реакції біоти на різні фактори, тобто реакції окремих організмів, популяцій, або угруповань (груп рослинних і тваринних організмів, що постійно або тимчасово співіснують на певних територіях), а також спостерігають за функціональними і

структурними біологічними ознаками (приростом біомаси за годину часу, швидкістю поглинання різних речовин рослинами чи тваринами, чисельністю видів рослин і тварин, загальною біомасою).

4. Спостереження за реакцією великих систем (клімату, Світового океану, біосфери). Моніторингу потребують фізичні, хімічні і біологічні показники. Для встановлення динаміки біосфери заміри повторюють через певні проміжки часу, а важливі показники відстежують безперервно. Система спостережень може полягати в організації замірів у конкретних точках (на станціях) або на обширній території й отриманні інтегральних показників. Часто ефективним є комбіноване використання обох підходів.

В організації спостережень активно використовують авіаційні і супутникові засоби. Отримані за їх допомогою результати аналізують з огляду на зміни середовища, а також на реакцію біоти на ці зміни, що виникають внаслідок антропогенного впливу. Для цього важливо знати початковий (фоновий) стан середовища, тобто стан, який підтримувався до суттєвого втручання людини. Його можна частково відновити за результатами тривалих спостережень, а також за даними аналізу складу донних відкладень, льодовикових шарів, кілець деревини, які належать до періоду, що передував відчутному впливу людини на навколишнє середовище.

Отже, основною метою моніторингу довкілля є спостереження за змінами в екосистемах, зумовленими антропогенними факторами.

1.4. Моніторинг як система оцінювання і прогнозування майбутнього стану довкілля

Ефективне регулювання якості довкілля ґрунтується на адекватній інформації про рівень забруднення і зміни стану екосистем під його впливом. Найпоширенішим критерієм оцінювання якості складових природного середовища (атмосферного повітря, прісних і морських вод, ґрунтів) є гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин.

Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючої речовини – максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі (НС), яка не впливає на організм людини і не зумовлює віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків.

Уперше рівні ГДК для забруднюючих основних компонентів біосфери були розроблені у 30-ті роки ХХ ст. Порівняно недавно розпочато встановлення ГДК токсичних речовин для ґрунтів. Загальною тенденцією є постійне розширення переліку ГДК шкідливих неорганічних та органічних речовин, сполук.

Відповідно до обґрунтованих значень ГДК оптимальна програма спостережень передбачає відстежування таких забруднюючих речовин:

- в атмосферному повітрі: діоксиду сірки, оксидів азоту, озону, діоксиду вуглецю, пилу, аерозолі, важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену;

- в атмосферних опадах: важких металів, ДДТ, бенз(а)пірену, азоту (загальний вміст), фосфору (загальний вміст), аніонів та катіонів (сульфатів, нітратів, хлоридів, йонів амонію, кальцію та ін.);

- у поверхневих водах: важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену, рН, мінералізації, азоту (загальний вміст), фосфору (загальний вміст), нафтопродуктів, фенолів;

- у ґрунтах: важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену, азоту (загальний вміст), фосфору (загальний вміст);

- у біоті: важких металів, пестицидів, бенз(а)пірену, азоту і фосфору (загальний вміст).

Одночасно спостерігають за гідрометеорологічними і геофізичними параметрами, необхідними для інтерпретації даних про забруднення природних середовищ, оцінювання біогеологічних циклів і циркуляції забруднюючих речовин.

Оцінювання змін стану навколишнього природного середовища дає змогу визначити можливі збитки, спричинені природними й антропогенними діями, з'ясувати оптимальні умови людської діяльності, а також додаткові природні можливості, якими може скористатися людина.

Унаслідок антропогенних впливів довкілля може зазнати екологічних, економічних та естетичних збитків. Екологічні збитки визначають на основі аналізу відхилень від допустимого стану екосистеми, угруповання, популяції під впливом певної дії. Економічні збитки з'ясовують, встановлюючи кількість коштів, які необхідні для подолання наслідків від негативного впливу. Естетичними збитками є погіршення зовнішнього виду рослин, будівель, пам'яток архітектури.

Допустиме екологічне навантаження не спричиняє негативних наслідків, змін у живих організмах і не погіршує якості природного середовища. На основі встановлення різниці між гранично допустимим і фактичним станом екосистеми, популяції, угруповання з'ясовують їх екологічний резерв. Екосистемам, популяціям,

угрупованням властива *екологічна стійкість* – здатність тривалий час протистояти впливу шкідливих антропогенних факторів. Завдяки цьому потенціалу вони не відразу піддаються деградації, руйнуванню, вимиранню тощо.

При оцінюванні стану навколишнього середовища використовують такі критерії:

1) гранично допустимі концентрації забруднювачів. Цим критерієм послуговуються при оцінюванні допустимої кількості діючої речовини у середовищі;

2) гранично допустимі дози (кількість шкідливої речовини, дія якої не викликає згубної дії на організм, екосистему). Аналіз ситуації за цими параметрами дає змогу з'ясувати допустимий ефект дії;

3) гранично допустимі викиди речовин в атмосферу, гранично допустимі скиди шкідливих речовин у водні об'єкти. Їх встановлюють для кожного джерела забруднення атмосфери, водного об'єкту з метою оцінювання інтенсивності джерела забруднення;

4) гранично допустиме антропогенне навантаження (зумовлене людською діяльністю навантаження на навколишнє природне середовище, тривалий вплив якого не призведе до зміни екосистем). За цим критерієм встановлюють допустиме екологічне навантаження на довкілля.

Прогнозування перспектив розвитку певного явища є однією з функцій системи моніторингу. Усі прогнози мають ймовірнісний характер і ґрунтуються на даних про стан навколишнього природного середовища на певний момент часу і в минулому. Отримують ці дані завдяки дослідженням, спрямованим на виявлення закономірностей природних процесів, поширення, міграції і перетворення у навколишньому середовищі забруднюючих речовин та їх впливу на різні організми. За масштабом усі прогнози поділяють на глобальні (всесвітні), регіональні (для певних регіонів) та локальні (місцеві).

У системі моніторингу найчастіше використовують такі методи прогнозування:

- експертне оцінювання. Сутність його полягає в одержанні і спеціалізованому обробленні прогнозних оцінок об'єкта через опитування висококваліфікованих фахівців (експертів) у певній сфері науки, техніки, виробництва. Оцінки експертів суттєво підвищують надійність прогнозів, отриманих за допомогою інших методів прогнозування;

- екстраполяція (поширення висновків, отриманих унаслідок спостереження над однією частиною явища, на іншу частину) та інтерполяція (встановлення проміжних значень об'єкта на підставі деяких відомих його значень). Ці методи ефективні при

короткостроковому прогнозуванні стосовно об'єкта, який тривалий час розвивався рівномірно без значних відхилень. Ґрунтуються вони на вивченні кількісних і якісних параметрів досліджуваного об'єкта за попередні роки з подальшим логічним продовженням, окресленням тенденцій його розвитку у прогнозованому періоді;

• моделювання. Метод полягає у побудові моделей, які розглядають з урахуванням імовірної або бажаної зміни прогнозованого явища на певний період, користуючись прямими або опосередкованими даними про масштаби та напрями змін. Методи моделювання використовують для складання глобальних, локальних та інших прогнозів.

При побудові прогнозних моделей необхідно виявити фактори, від яких суттєво залежить прогноз; з'ясувати їх співвідношення з прогнозованим явищем; розробити алгоритм і програми моделювання змін довкілля під дією певних факторів.

Для прогнозування екологічних наслідків антропогенного забруднення довкілля найчастіше використовують такі моделі:

– модель перенесення і перетворення забруднюючих речовин у навколишньому середовищі (геофізична модель), яка забезпечує прогнозування зміни стану довкілля з урахуванням процесів міграції, фізичної, хімічної, біологічної трансформації забруднюючих речовин;

– модель зміни стану екосистеми під впливом забруднення (екологічна модель), що сприяє отриманню інформації про стійкість, особливості розвитку екологічної системи, аналізу поведінки екологічних систем та передбаченню їхніх реакцій при внесенні в систему певних змін.

Особливість прогнозування стану довкілля полягає в тому, що в більшості випадків доводиться оперувати ймовірностними та випадковими складовими розвитку процесів. Це зумовлює необхідність постійного вдосконалення його методології, уточнення інформаційної системи, оптимізації системи спостережень тощо.

1.5. Організація спостережень за станом природного середовища

Ідея створення природоохоронної організації була висунута вперше на VIII Всесвітньому зоологічному конгресі, який проходив у 1910 р. у Відні, і підтримана учасниками Бернської міжурядової конференції з охорони природи (листопад 1913 р.), де був прийнятий акт про створення Консультативної комісії з питань міжнародної

охорони природи. Однак Перша світова війна завадила створенню міжнародної спеціальної організації, і тільки у 1923 р. у Франції на I Міжнародному конгресі з питань охорони середовища була прийнята резолюція про створення Консультативної комісії.

Контроль за станом довкілля в Україні, як і в більшості країн, було розпочато у 30-ті роки ХХ ст. на кількох водних об'єктах. Однак кількість контрольованих інгредієнтів була незначною (головні йони і біогенні елементи). У 50-ті роки гідрометеослужба СРСР почала відстежувати радіоактивне забруднення природного середовища, а з 1963 р. – забруднення повітря і водних об'єктів. У 1972 р. було організовано загальнодержавну службу спостереження і контролю за забрудненням природного середовища, сформовану з підсистем, які відстежували забруднення атмосферного повітря, вод суші, морів і океанів, ґрунтів, фонового забруднення різних середовищ (біосфери, заповідних територій) на регіональних і базових станціях. Організація такої служби була зумовлена інтенсивним розвитком народного господарства, внаслідок чого посилилося забруднення довкілля.

Загальнодержавна служба спостережень і контролю виконувала такі завдання:

- спостереження й контроль за рівнем забруднення атмосфери, водних об'єктів і ґрунтів за їх фізичними, хімічними і гідробіологічними (для водних об'єктів) характеристиками;
- виявлення джерел забруднення;
- оцінювання ефективності заходів щодо захисту від забруднення об'єктів навколишнього середовища;
- забезпечення зацікавлених організацій оперативною і режимною інформацією про зміну або можливість зміни рівня забруднення об'єктів під впливом господарської діяльності і гідрометеорологічних умов, а також прогнозами про ймовірні зміни рівня забруднення довкілля.

На сучасному етапі моніторинг довкілля України, відповідно до «Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища» (чинна редакція від 08.09.2021), здійснюють Мінагрополітики, Міндовкілля, ДАЗВ (крім державного моніторингу вод), Держгеонадра, Мінрегіон, ДКА, а також ДСНС, Держлісагентство, Держводагентство, Держгеокадастр та їх територіальні органи, підприємства, установи та організації, що належать до сфери їх управління, обласні, Київська та Севастопільська міські держадміністрації, а також органи виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища:

- Міндовкілля – ґрунтів на природоохоронних територіях (вміст забруднюючих речовин (ЗР), у тому числі радіонуклідів); державного екологічного картування території України для оцінки його стану та його змін під впливом господарської діяльності; наземних екосистем (фонова кількість ЗР, у тому числі радіонуклідів); видів рослинного і тваринного світу, що перебувають під загрозою зникнення, та видів, що перебувають під особливою охороною;

- ДСНС (на пунктах державної системи гідрометеорологічних спостережень) – вмісту радіонуклідів в атмосферному повітрі, транскордонного перенесення забруднюючих речовин; снігового покриву; ґрунтів різного призначення (вміст залишкової кількості пестицидів та важких металів); радіаційної обстановки (визначення експозиційної дози гамма-випромінювання); повеней, паводків, снігових лавин, селів;

- ДАЗВ (у зоні відчуження і відселеній частині зони безумовного (обов'язкового) відселення) – вмісту радіонуклідів в атмосферному повітрі; наземних екосистем (біоіндикаторні визначення); ґрунтів і ландшафтів (вміст ЗР, радіонуклідів, просторове поширення); джерел викидів в атмосферу (вміст ЗР, обсяги викидів); об'єктів зберігання та/або захоронення радіоактивних відходів (вміст радіонуклідів, радіаційна обстановка);

- Мінагрополітики – 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);

- Держлісагентство – ґрунтів земель лісового фонду (радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів); лісової рослинності (стан, продуктивність, пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, біорізноманіття, радіологічні визначення); мисливської фауни (видові, кількісні та просторові характеристики);

- Держводагентство – якості вод водогосподарських систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання; водних об'єктів за радіологічними показниками на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення; на транскордонних ділянках водотоків, визначених відповідно до міждержавних угод про співробітництво на транскордонних водних об'єктах; зрошуваних та осушуваних земель (глибина залягання та мінералізація ґрунтових вод, ступінь засоленості

та солонцюватості ґрунтів); підтоплення сільських, селищних населених пунктів, прибережних зон водосховищ (переформування берегів і підтоплення територій);

- Держгеокадастр – ґрунтів і ландшафтів (вміст ЗР, прояви ерозійних та інших екзогенних процесів, просторове забруднення земель об'єктами промислового і сільськогосподарського виробництва); зрошуваних і осушених земель (вторинне підтоплення і засолення тощо); берегових ліній річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток, гідротехнічних споруд (динаміка змін, ушкодження земельних ресурсів);

- Мінрегіон – 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);

- Держгеонадра – підземних вод (ресурси та використання); 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);

- орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань екології та природних ресурсів (на території Автономної Республіки Крим) – джерел промислових викидів в атмосферу (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); джерел скидання стічних вод (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); ґрунтів різного призначення, зокрема на природоохоронних територіях (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); геохімічного стану ландшафтів (вміст і поширення природних і техногенних хімічних елементів та сполук); радіаційної обстановки (в пунктах стаціонарної мережі); геофізичних полів (фонові та аномальні дослідження); стихійних і небезпечних природних явищ – ендегенних та екзогенних геологічних процесів (їх видові і просторові характеристики, активність прояву), повеней, паводків, снігових лавин, селів (у районах спостережних станцій); звалищ промислових і побутових відходів (склад відходів, вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів), а також проводять державне еколого-геологічне картування території Автономної Республіки Крим для оцінки стану геологічного середовища та його змін під впливом господарської діяльності; наземних екосистем (фонова кількість ЗР, у тому числі радіонуклідів);

- ДКА (державне космічне агенство) – стану територій за даними дистанційного зондування Землі (відстеження теплових аномалій, паводкової та повеневої обстановки, льодової обстановки); сейсмічної обстановки та інших геофізичних явищ на території України та всієї Земної кулі; радіаційної обстановки в пунктах дислокації підрозділів спеціального контролю; космічної обстановки в навколосемному просторі (визначення місця падіння космічних апаратів, ракетоносіїв та їх частин).

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

Організаційна інтеграція суб'єктів системи моніторингу здійснюється Міндовкіллям, обласними, Київською та Севастопольською міськими держадміністраціями, органом виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища 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; програми державного моніторингу вод; програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря.

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 інформації про стан довкілля (екологічної інформації), стандартних технологій з використанням географічних інформаційних систем.

Методологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу покладається на Міндовкілля із залученням суб'єктів цієї системи, а також Національної академії наук, Національної академії аграрних наук, ДКА, Державної служби зв'язку та захисту інформації та інших.

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 за допомогою єдиної комп'ютерної мережі, яка забезпечує автономне і спільне функціонування складових цієї системи та взаємозв'язок з іншими інформаційними системами, які діють в Україні і за кордоном.

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.

Право володіння, користування і розпорядження інформацією, одержаною під час виконання загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, програми державного моніторингу вод, регламентується законодавством.

Інформація, що зберігається в системі моніторингу, використовується для прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки органами виконавчої 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.

Головними принципами, на основі яких організуються спостереження за довкіллям, є: комплексність, що передбачає узгоджену програму необхідних робіт; синхронність функціонування всіх систем спостережень; систематичність спостережень за станом довкілля і техногенними об'єктами, що впливають на нього; узгодженість термінів проведення спостережень із типовими гідрометеорологічними ситуаціями.

1.6. Спеціальні методи спостережень за рівнем забруднення природного середовища

Достовірність інформації про стан і рівень забруднення об'єктів навколишнього середовища залежить від добору методів аналізу даних. Як правило, для певних ситуацій необхідно добирати методи спостереження і дослідження, які дають змогу отримати різнобічну і якомога точнішу інформацію. Для цього можливостей одного методу часто виявляється недостатньо, тому для підтвердження, перевірки, розширення спектру даних використовують різноманітні методи, які дають змогу побачити об'єкт дослідження під різними кутами зору і в різних вимірах.

Під час дослідження стану довкілля використовують методи якісного (діагностують наявність певного хімічного елемента, сполуки) і кількісного (визначають кількість (концентрацію) хімічного елемента, сполуки у довкіллі) аналізів довкілля. Залежно від параметрів, які підлягають вимірюванню, методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні. Вибір конкретного методу дослідження залежить від вмісту аналізованої речовини і хімічного складу досліджуваного об'єкта (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Методи визначення певних інгредієнтів у об'єктах довкілля

Метод	Визначення інгредієнтів в об'єктах довкілля		
	У ґрунтах і донних мулах	У природних водах	У повітрі (газах і аерозолях)
Гравіметричний	Вологість, мінеральний залишок, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , карбонати	SO ₄ ²⁻ , нафтопродукти, зависі, мінеральний залишок	Запиленість (вміст пилових часток)
Титриметричний	CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca, Mg	Оксиген (розчинений), CO ₂ , CO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , H ₂ S, NH ₄ ⁺ , твердість води (загальна і карбонат-на), ХСК, БСК5	Кислоти та кислотні оксиди
Фотометричний	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , F ⁻ , PO ₄ ³⁻ , Al, Hg, Cu, NH ₄ ⁺	Кольорність, органічні речовини, H ₂ S, NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , P (неорг.), Al, Cu, Fe	CO, CS ₂ , SO ₂ , HCl, HNO ₃ , Al, Fe, Pb, пестициди, деякі органічні сполуки.

продовження табл. 1.1

Люмінесцентний	Нафтопродукти	Нафтопродукти, хлорорганічні ароматичні сполуки, спирти, ацетон	Смолисті речовини, ароматичні вуглеводні, кетони
Фотометрія полум'я	Na, K	Li, Na, K, Ca	Li, Cs, K
Емісійна спектрометрія	Метали, мікроелементи, бор	Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Cu, Al, Fe, Pb	Be
Атомно-абсорбційна спектроскопія	Cu, Ni, Zn, Hg, Pb, Cr	Ca, Mg, Cu, Pb, Hg та інші	Hg, Cd, Sr, Cu, Pb та інші
Кінетичні і хемілюмінесцентні	Катіони важких металів	Mn, Cu, Ni, Fe (III), амінокислоти	Озон
Потенціометричні	pH, F ⁻ , NO ₃ ⁻ , K, Ca	pH, F ⁻ , NO ₃ ⁻ , K, Ca, Cu, Cl ⁻ , окисно-відновний потенціал	HF, ненасичені органічні сполуки
Радіометричні	Sr-90, Cs-137, U-238	Sr-90, Cs-137, U-238, Pu-239	Sr-90, Cs-137
Хроматографічні	Нафтопродукти, хлорорганічні сполуки, вуглеводні, пестициди	Na, K, NH ₄ ⁺ , Mg, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , Ca, органічні сполуки	CO, CO ₂ , SO ₂ , Cl ₂ , CCl ₄ , Al, Cu, органічні сполуки

Застосування певного методу при вивченні стану об'єктів довкілля дає змогу визначити інгредієнти, характерні лише для визначеного об'єкта дослідження.

Хімічні методи кількісного аналізу концентрації хімічних елементів (сполук) у довкіллі. Вони ґрунтуються на виявленні певних речовин за допомогою хімічних реакцій.

До хімічних методів належать титрометричний і гравіметричний методи.

Титрометричний (об'ємний) метод аналізу ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реагента відомої концентрації, витраченого на взаємодію з аналізованою речовиною за умови, що речовини вступають у реакцію в концентраціях 10^{-1} – 10^{-3} моль/дм³. Цим методом визначають загальну і карбонатну твердість води, хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню, кислотність, лужність, вміст розчиненого кисню, концентрацію катіонів меркурію, заліза (II), аніонів SO₄²⁻, Cl⁻, S²⁻ тощо.

Гравіметричний метод базується на кількісному переведенні аналізованого компонента в малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання. Застосовують його при концентрації речовини в

розчині не нижче 10^{-2} – 10^{-3} моль/дм³. Гравіметричним методом визначають у природних і стічних водах залізо (III) та алюміній, які присутні у формі оксидів, хлориди – AgCl, сульфати – BaSO₄ (у кислому середовищі), багато металів (у вигляді малорозчинних сполук з органічними реагентами) – оксихінолінати, дитизонати та ін.

Фізико-хімічні методи кількісного аналізу концентрації хімічних елементів (сполук) у довкіллі. Ці методи ґрунтуються на хімічних реакціях, однак за їх допомогою визначають фізичну характеристику (оптичну густину, електропровідність, окисно-відновний потенціал), що залежить від вмісту аналізованої речовини. До цієї групи належать фотометричний і хроматографічний аналізи.

Фотометричний аналіз охоплює всі методи, які базуються на поглинанні світла речовиною чи продуктом реакції в ультрафіолетовій (УФ), видимій та інфрачервоній (ІЧ) частинах електромагнітного спектра. Вони є придатними для визначення всіх хімічних елементів, крім інертних газів. З їх допомогою визначають як макро-, так і мікро-кількості (до $10^{-8}\%$) аналізованого компонента. Широко їх застосовують при аналізі природних об'єктів (повітря, поверхневих вод, ґрунту, донних мулів, рослин), стічних вод, газоподібних викидів, відходів промисловості. Наприклад, катіони міді визначають у вигляді діетилдитіокарбонату міді жовтого кольору або аміачного комплексу $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ волошково-синього кольору; залізо (III) – у вигляді роданітного комплексу $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ криваво-червоного кольору чи сульфосаліцилату (залежно від рН середовища окремо можна визначити вміст Fe(II) і Fe(III)); Al^{3+} утворює рожеві комплекси з алюмініоном в ацетатному буфері.

Хроматографічний аналіз забезпечує розподіл, якісне виявлення та кількісне визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей. Ґрунтується він на різному їх розподілі між рухомою і нерухомою фазами. Завдяки йому вдалося, наприклад, швидко виявити стафілококове та мікозне ураження ліквідаторів аварії на ЧАЕС. Хроматографічними методами в організмі виявляють алкалоїди, що спричиняють отруєння.

Для аналізу складних органічних проб використовують *рідинну хроматографію*. В установках рідинної хроматографії (як і в газових) використовують різноманітні детектори: ультрафіолетовий, електрохімічний, детектор з діодною матрицею, флуориметричний. Застосування електрохімічного детектора дає змогу визначати сполуки при їх вмісті 10^{-12} г в 1 см³ проби. Найбільшу чутливість при визначенні сполук з малими ГДК (біогенні аміни, поліароматичні вуглеводні, гормони, токсини) має флуориметричний детектор.

Послугуючись методом газорідинної хроматографії

визначають склад стічних вод нафтопереробних і хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу.

Газова хроматографія характеризується високою розподільною здатністю, гнучкістю завдяки застосуванню різних детекторів, найпоширенішим серед яких є полуменевий-йонізаційний. Для визначення галогеновуглеводнів застосовують детектор електронного захоплення, а за допомогою спеціального N/P-детектора виявляють азото- і фосфоровмісні агрохімічні препарати.

Кількісною характеристикою газової та рідинної адсорбційної хроматографії є висота або площа хроматографічного піка, які пропорційні вмісту компонента в досліджуваній суміші.

Під час розділення сумішей методом *тонкошарової хроматографії* (її різновид – паперова хроматографія) отримують забарвлені плями окремих компонентів; безбарвні сполуки проявляють фізичним (УФ-опромінення) або хімічним (обробка реагентом, який утворює забарвлені сполуки з речовинами, наприклад, амінокислоти набувають блакитного кольору після обробки їх розчином нінгідрину) способом. Так відбувається якісне виявлення компонентів суміші. Кількісний склад визначають за площею плями або розчиняють вміст у розчиннику і аналізують одним із методів. Методом тонкошарової хроматографії розділяють амінокислоти і барвники рослин, визначають активність ґрунтової фауни за продукцією амінокислот.

Йонообмінна хроматографія дає змогу після попереднього розподілення і послідовного вилучення компонентів суміші з розподільної колонки визначити вміст елементів з подібними хімічними властивостями фотометричним, титриметричним чи іншим способами. Цим методом виявляють загальну твердість води, вміст катіонів важких металів у воді, ґрунті, донних мулах. Йонна хроматографія забезпечує визначення понад 70 аніонів неорганічних і органічних кислот, катіонів лужних і лужноземельних металів у воді, продуктах, лікарських препаратах тощо.

Молекулярно-ситову хроматографію використовують для розділення речовин на основі різних розмірів їх молекул. У такий спосіб можна розділити, наприклад, мономерні і полімерні гідросокомплекси алюмінію, які у разі їх надлишкової кількості в природних водах мають різну токсичність і механізм дії на гідробіоти.

Електрохімічні методи аналізу. Їх сутність полягає в дослідженні електрохімічних властивостей проб. До них відносять потенціометрію, вольтамперометрію та кондуктометрію.

Потенціометрія. Вона охоплює методи, що передбачають вивчення хімічних процесів, які змінюються в результаті хімічних реакцій потенціалу електрода, зануреного у досліджувану суміш.

Абсолютна потенціометрія дає змогу виміряти потенціал E і за рівнянням Нернста обчислити концентрацію йона в речовині. Цей метод використовують для визначення pH природних і стічних вод за допомогою скляного електрода. Йоноселективні електроди забезпечують встановлення вмісту нітратів у рослинах і продуктах, концентрації катіонів натрію, калію, кальцію, магнію, купруму, аніонів хлору, бромю, йоду та ін.

Потенціометричне титрування використовується для аналізу забарвлених і каламутних середовищ, визначення в них різноманітних сполук. Потенціометричні біодатчики використовують для визначення концентрації пестицидів у складних багатокомпонентних системах.

Вольтамперометрія. Цю групу методів поділяють на два типи:

1) полярографічний аналіз, що ґрунтується на процесі електролізу і вивченні залежності сили струму від прикладеної напруги. Цим методом у природних водах і ґрунтах визначають вміст цинку, кадмію, свинцю, міді з попереднім екстракційним відокремленням токсичних елементів – залишкову кількість свинцю у виноградному соці з чутливістю $0,002 \text{ мг/дм}^3$; токсичні елементи в продуктах, повітрі, стічних водах; концентрацію вітамінів, ферментів, гормонів в організмі людини; діагностують захворювання;

2) амперометричне титрування, яке дає змогу визначати аніони, для яких немає точних і швидких титрометричних методів: $C_2O_4^{2-}$, SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , MoO_4^{2-} , а також багато органічних сполук.

Абсорбційна інверсійна вольтамперометрія є методом визначення понад 40 катіонів металів, аніонів, органічних сполук (білків, ферментів, лікарських препаратів, пестицидів, стимуляторів росту тварин) у різних екологічних об'єктах.

Кондуктометрія (аналіз за електричною провідністю) використовують для визначення концентрації розчинених солей у питних водах і водах для теплообмінного обладнання (пряма кондуктометрія). Кондуктометричним титруванням встановлюють склад сумішей кислот у водному і водно-органічному середовищах, катіони й аніони. Титруванням розчином $BaCl_2$ визначають сульфати, хромати, оксалати, карбонати, цитрати; трилоном Б за різних значень pH аналізують суміші катіонів металів без попереднього їх розділення.

Фізичні (інструментальні) методи аналізу концентрацій хімічних елементів (сполук) у довкіллі. Це кількісні аналітичні методи, для виконання яких необхідна електрохімічна, оптична, радіохімічна та інша апаратура, а також методи, що ґрунтуються на емісії чи абсорбції випромінювання: фотометрія, спектральний аналіз, атомно-абсорбційний спектральний аналіз, мас-спектрометрія, метод ядерного магнітного резонансу.

Фотометричний метод полягає у порівнянні оптичної щільності досліджуваної та контрольної рідини. Цим методом кількісно визначають понад 70 хімічних елементів, зокрема катіони лужних і важких металів у природних водах.

Спектральний аналіз є фізичним методом визначення складу та будови речовини за її спектром – упорядкованим за довжиною хвилі електромагнітним випромінюванням. Для збудження речовини використовують полум'я пальника, енергію електричної дуги, іскри. Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини, її будову (атомно-емісійний спектральний аналіз).

Атомно-абсорбційний спектральний аналіз ґрунтується на визначенні концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання. Цей метод характеризується універсальністю, простотою виконання аналізу і високою продуктивністю. Він дає змогу виявити велику кількість елементів у концентраціях 0,1–0,01 мкг/дм³ і нижче. Метод атомно-абсорбційного спектрального аналізу є принципом роботи багатьох аналізаторів. Так, атомно-абсорбційний аналізатор МГА-915 – спектрометр із земанівською корекцією – застосовують для елементного аналізу природних, питних і стічних вод, ґрунтів, біологічних проб повітря (при об'ємі проби 40 мм³ межі визначення окремих елементів становлять: Zn – 0,004, Cd і Cr – 0,03, Cu – 0,07, Pb – 0,12 мкг/дм³).

Мас-спектрометрія основана на розділенні газоподібних йонів у магнітному полі залежно від відношення величини маси йона до його заряду, яке впливає на інтенсивність сигналу. Особливістю методу є дослідження малих об'ємів проб і висока вибірковість. Застосовують його переважно для визначення відносних ізотопних мас та ізотопного вмісту елементів, а також відносних молекулярних мас і структури органічних речовин. Мас-спектрометрією виявляють у ґрунті надзвичайно небезпечну забруднюючу речовину – тетрахлордибензолдіоксин у концентрації 10⁻⁶ мг/кг.

Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР) відображає взаємодію магнітного моменту ядра молекули речовини із зовнішнім магнітним полем. Він дає змогу працювати у широкому діапазоні концентрацій, визначати, зокрема, вміст різних форм алюмінію та інших металів у природних водах і є дуже ефективним.

Люмінесцентні методи аналізу хімічних речовин (сполук) у довкіллі. Тривалий час у більшості екологічних, технологічних, біохімічних лабораторій домінували фотометричні методи. Однак зниження ГДК і необхідність виявлення забруднюючих і токсичних

речовин у надзвичайно малих концентраціях зумовили широке впровадження методів люмінесценції, які мають високу селективність, дають змогу працювати з малими об'ємами, що зумовлює їх переваги над фотометричними методами. Репрезентують цю групу методів люмінесцентний аналіз, сортовий аналіз, хемілюмінесцентний аналіз.

Люмінесцентними методами аналізують природні й стічні води, повітря, ґрунт, продукти, виявляють нафтопродукти – до 0,005 мг/дм³; феноли – до 0,0005; кадмій – до 0,0005; мідь – 0,05; у питній воді – свинець у концентрації до 0,005 мг/дм³; бенз(а)пірен – до 0,00002 мг/дм³ (ГДК цього забруднювача у повітрі населених пунктів – 0,0000001 мг/м³).

Люмінесцентний аналіз ґрунтується на здатності речовин випромінювати світло під дією різних збудників: ультрафіолетового (УФ) випромінювання або видимого світла (фотолюмінесценція), розламування (тріболюмінесценція), енергії хімічної реакції (хемілюмінесценція), яка дуже поширена в живій природі: світяться окремі види молюсків, ракоподібних, глибоководних риб, червів внаслідок взаємодії кисню з люциферином. Ця реакція каталізується ферментом люциферазою, а явище називають біолюмінесценцією. Деякі мінерали, наприклад флюорит CaF₂, світяться при дії на них ультрафіолетового випромінювання, що використовують для безконтактного пошуку корисних копалин, зокрема, нафти, виявлення плям нафти і нафтопродуктів на поверхні ґрунту чи водної поверхні Світового океану.

Сортний аналіз (передбачає фіксування світла, що випромінюють досліджувані матеріали) застосовують для визначення якості зерна (свіже і зерно, що псується, світяться по різному в УФ-променях), різних видів палива, виявлення забруднень, сурогатів, підробок.

Хемілюмінесцентний аналіз оснований на здатності продуктів хімічних реакцій світитися, коли один з компонентів реакції опиняється у збудженому стані. Аналіз виконують за допомогою сумішей: люмінол + пероксид гідрогену (при pH>8,5); люцигенін + пероксид гідрогену (pH>9 – виникає блакитна люмінесценція); силосен + окисник (pH<5,0 – рожева люмінесценція). Каталізують ці реакції метали Cr(III), Mo(VI), Hf(IV), Mn(II) та ін. Інтенсивність люмінесценції прямо пропорційна концентрації каталізатора (швидкості хімічної реакції), тому хемілюмінесценцію застосовують у кінетичних методах аналізу. Метод дає змогу визначати метали у надзвичайно малих кількостях (до 10⁻⁸%).

Кількісний хемілюмінесцентний аналіз полягає у вимірюванні інтенсивності або кількості виділеного в хімічній реакції світла

фотографічним методом та за допомогою хемілюмінесцентних фотометрів. Хемілюмінесцентним методом визначають наявність мастил, каучуків, вітамінів, бітумів. Це один з найчутливіших методів, який дає змогу виявити $10 - 10^{-4}$ мкг/см³ речовини.

Радіометричні методи аналізу концентрацій хімічних речовин (сполук) у довкіллі. Основою їх є виявлення й вимірювання природної і штучної радіоактивності. Для кількісної характеристики радіоактивності послуговуються поняттями «абсолютна активність радіоактивних речовин», яку вимірюють у кюрі, і «питома активність» (радіоактивність одиниці маси речовини, тобто міри відносного вмісту радіонуклідів у досліджуваному зразку), яку виражають кількістю розпадів за хвилину або секунду і вимірюють беккерелях.

За природною радіоактивністю можна кількісно визначити понад 20 хімічних елементів, зокрема уран, торій, радій, актиній. Калій можна виявити у воді в концентрації 0,05 моль/дм³. Природна радіоактивність вказує на наявність уранових руд, чим користуються під час їх пошуку за допомогою авіації та супутників. Радіонукліди застосовують для виявлення пошкоджень у газопроводах, місцях витікання води з магістральних колекторів стічних і каналізаційних вод.

До радіометричних методів аналізу концентрації хімічних речовин належать такі:

- *активаційний аналіз* (опромінення нерадіоактивних елементів нейтронами, протонами та іншими високоенергетичними часточками, внаслідок чого вони набувають радіоактивності);

- *відносний метод аналізу* (опромінення за однакових умов досліджуваного зразка й еталона з відомим вмістом елемента, який є об'єктом дослідження. Часто зразок після опромінення розчинюють, концентрують його методами осадження, співосадження, екстракції, хроматографії і визначають активність продуктів розділення);

- *ізотопне розбавлення* (введення ізотопу елемента в аналізований розчин, що набуває активності; потім цей елемент переводять в осад (екстрагують, хроматографують) і визначають активність розчину після його видалення. За різницю визначають активність осаду (екстракту, елюату) і обчислюють вміст компонента в зразку);

- *рентгеноспектральний аналіз* (ґрунтується на послабленні інтенсивності рентгенівського випромінювання під час проходження крізь пробу. У рентгенофлюоресцентному аналізі на пробу діє первинне рентгенівське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне рентгенівське випромінювання проби, характер якого залежить від якісного і кількісного складу аналізованої речовини).

Біологічні та біохімічні методи аналізу кількості хімічних речовин

(сполук) у довкіллі. Їх основою є дослідження реакцій рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника. Зміни в організмах можуть стосуватися активності ферментів, проникності мембран, зміни інших органел клітини, окремих органів, систем, організму загалом, популяції, екосистеми.

Біологічні методи використовують при дослідженні стану довкілля (біоіндикація). Тест-об'єктами при вивченні дії токсичних речовин (визначення ГДК і летальних доз), фармакологічного ефекту лікарських препаратів найчастіше бувають живі організми. Біологічні методи ефективні при аналізі біологічно активних речовин: антибіотики аналізують за їх спроможністю зупиняти ріст мікроорганізмів; серцеві глікозиди здатні припиняти роботу ізольованого серця жаби; накопичення фенольних сполук у листі рослин сигналізує про стресову ситуацію.

Здебільшого визначають активність ферментів, оскільки вони мають високу чутливість, вибіркочу дію, дають змогу численним хімічним реакціям у живому організмі відбуватися за звичайних умов (амілаза каталізує розщеплення вуглеводів, глюкозооксидаза – окислення Д-глюкози).

Активність біохімічних каталізаторів залежить від багатьох чинників, оскільки вони мають білкову природу, а саме від рН середовища, наявності окремих катіонів металів, що можуть підвищувати чи знижувати їх активність, окисно-відновний потенціал тощо.

Коливання активності ферментів фіксують спеціальні електроди на підставі зміни концентрації субстрату чи метаболіту. Вивчення ферментних реакцій має велике значення при дослідженні функцій і виявленні концентрацій мікроелементів та інших біологічно активних сполук. Активність ферментів може бути тестом при моніторингу забруднення довкілля деякими речовинами, зокрема важкими металами, що діють як ферментні отрути, кислотними оксидами тощо.

З метою контролювання стану поверхневих природних вод використовують методи біотестування. Наприклад, зміна статичного стану п'явки медичної на динамічний, динаміка виживання та плодючості дафнії магна, біолюмінесценція окремих видів бактерій тощо є свідченням наявності різних забруднювачів.

Широкий вибір методів спостережень за рівнем забруднення природного середовища дає змогу цілісно оцінити стан довкілля і встановити найменші концентрації речовин у незабруднених об'єктах фонових районів і високі значення їх концентрацій за антропогенної дії протягом тривалого часу.

Запитання. Завдання

1. На основі аналізу завдань моніторингу охарактеризуйте блок-схему його системи.
2. Проаналізуйте методи спостережень за рівнем забруднення природного середовища.
3. У чому полягає сутність методів прогнозування? Обґрунтуйте мету прогнозування стану довкілля.
4. Наведіть приклади організації спостережень за станом природного середовища із зазначенням служб, що їх здійснюють.
5. Здійсніть порівняльний аналіз різних концепцій моніторингу, виокремте їх переваги і недоліки.
6. Які антропогенні фактори потребують особливої уваги при організації моніторингу довкілля?

2. РІВНІ, ВИДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Антропогенний вплив на біосферу розподілений нерівномірно. В одних географічних зонах він майже відсутній (центральна частина Антарктиди, південна частина Південного океану, заповідники на різних континентах), в інших – спричинює відчутні зміни первинних екосистем, рельєфу, навіть особливостей місцевості (райони інтенсивного розвитку промисловості, відкритих розробок копалин, інтенсивного ведення сільського господарства, урбанізовані території). Унаслідок антропогенної дії природні середовища таких районів забруднені невластивими для них елементами (хімічними речовинами, їх сполуками). Таке становище зумовлює здійснення певних видів моніторингу на різних рівнях.

2.1. Принципи класифікації систем моніторингу

Для вивчення природних процесів, що відбуваються в екосистемах і біосфері, використовують методи спостережень і досліджень різних галузей знань (геології, гідрогеології, метеорології, хімії, біології, фізики, екології, ґрунтознавства).

Залежно від мети здійснюють моніторинг компонентів біосфери (атмосфери, гідросфери, літосфери), біологічний, екологічний моніторинги, моніторинг чинників впливу, джерел забруднення та інші його види на різних територіальних рівнях. З огляду на предмет спостережень виокремлюють абіотичний, геофізичний, фізичний, хімічний, санітарно-токсичний види моніторингу. Цим далеко не вичерпується класифікація систем моніторингу, оскільки в наукових дослідженнях і практичній діяльності керуються різноманітними підходами і принципами (табл. 2.1).

Різні види моніторингу можна проводити на певних територіальних рівнях: локальному, регіональному, глобальному (табл. 2.2), які відрізняються площею охоплення, мережею, програмами спостережень, об'єктами і предметами дослідження.

Таблиця 2.1

Класифікація систем моніторингу

Принципи класифікації	Наявні або розроблювані системи (підсистеми) моніторингу
Універсальні системи (територіально-просторово організовані)	Глобальний моніторинг (базовий, регіональний, імпактний рівні), у т.ч. фоновий і палеомоніторинг, державний, міждержавний, міжнародний моніторинги (моніторинг транскордонного переносу забруднюючих речовин)
Реакція основних складових біосфери	Геофізичний моніторинг, біологічний моніторинг (у т.ч. генетичний), екологічний моніторинг, медико-біологічний, кліматичний, біоекологічний, геоекологічний, біосферний
Ступінь антропогенного порушення середовища	Моніторинг антропогенних змін в атмосфері, гідросфері, ґрунті, кріосфері, біоті. Моніторинг джерел забруднення, інгредієнтний моніторинг (окремих забруднюючих речовин, радіоактивних випромінювань)
Просторово-часовий підхід	Дистанційний, авіаційний, космічний, історичний моніторинги.

Таблиця 2.2

Рівні моніторингу

Параметр	Локальний	Регіональний	Глобальний
Площа, охоплювана системою моніторингу, км ²	10 ¹ –10 ²	10 ² –10 ⁶	10 ⁷ –10 ⁸
Відстань між пунктами відбору проб, км	0,01–10	10–500	3000–5000
Періодичність досліджуваних процесів	Дні – місяці	Роки	Десятиліття – століття
Частота спостережень	Хвилини – години	Декада – місяць	2–6 разів на рік
Кількість компонентів, що спостерігаються	3–30	120–1500	10 ³ –10 ⁶
Точність	Частки ГДК	До 30%	Десяті частки, %
Оперативність видачі інформації	У реальному масштабі часу	Через 1–3 місяці з початку відбору проб	Роки з дня відбору проб

Об'єктами спостереження можуть бути:

- окремі місця і зони, розміри яких не перевищують десятки кілометрів (локальний моніторинг);
- локальні джерела підвищеної небезпеки: території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, зони впливу АЕС, хімічні заводи (імпактний моніторинг);
- території площею до тисяч квадратних кілометрів (регіональний моніторинг);
- загальносвітові процеси і явища в біосфері та в екосфері Землі (глобальний моніторинг).

Система моніторингу на глобальному рівні, як правило, вибірково охоплює підсистеми регіонального та локального моніторингів.

За критерієм обрання предмета спостереження найбільшу практичну цінність мають екологічний, фоновий, глобальний, кліматичний види моніторингу.

Екологічний моніторинг і його завдання

Завдання екологічного моніторингу полягає у виявленні в екосистемах змін антропогенного характеру. Для його здійснення придатні методи, що ґрунтуються як на окремих вимірюваннях параметрів забруднення біоти, реакції на дію антропогенних факторів, так і на безперервному визначенні інтегральних показників на великих територіях.

Екологічний (грец. *oikos* – оселя і *logos* – слово) **моніторинг** (англ. *monitoring*, від лат. *monitor* – той, що спостерігає) – комплексна підсистема моніторингу біосфери, яка охоплює спостереження, оцінювання і прогнозування антропогенних змін (біологічних, геофізичних) стану біосфери загалом і екосистем, спричинених дією забруднювачів, сільськогосподарським використанням земель, вирубуванням лісів, урбанізацією, а також оцінювання екологічної рівноваги в екосистемах.

Екологічний моніторинг передбачає обов'язковість спостережень на таких рівнях:

- 1) імпактний рівень – спостереження за територіями, які піддаються антропогенному впливу, що зумовлює небезпечні або критичні наслідки;
- 2) регіональний рівень – спостереження за процесами та явищами в межах певного регіону;

3) фоновий (базовий) рівень – глобальні, регіональні спостереження за станом екосистем і прогнозування в них змін, що відбуваються без прямого впливу антропогенних факторів.

Для створення системи екологічного моніторингу довкілля необхідні:

- районування території (розподіл усієї території, на якій буде здійснюватися екологічний моніторинг на *таксони* – групи споріднених за певними ознаками об'єктів різних розмірів і екологічної значущості: ландшафтні райони в межах області, адміністративних районів, водозабірні басейни, міські агломерації, агропромислові комплекси);

- створення мережі об'єктів спостереження (розміщення на підконтрольній території місць (об'єктів) спостереження стану компонентів природного середовища (атмосферного повітря і опадів, поверхневих, ґрунтових, підземних вод, ґрунту і рослинності);

- визначення методів і показників, які необхідно контролювати.

Екологічний моніторинг довкілля в межах території країни, регіонів, областей, районів, міст здійснюють з дотриманням вимог щодо масштабів проведення робіт і картографування їх результатів. Базовими є такі масштаби проведення екологічних досліджень:

- на державному рівні – 1:1 000 000 і 1:500 000;
- на регіональному рівні – 1:500 000 і 1:200 000;
- на обласному рівні – 1:200 000 і 1:100 000;
- на районному рівні – 1:50 000 і 1:25 000;
- на рівні полігону – 1:10 000 і 1:5000;
- на рівні об'єкту – 1 :2000 і 1:500.

Використання будь-якого масштабу екологічних досліджень і картографування довкілля ґрунтується на єдиному принципі: 1 см² розграфування міжнародної карти повинен відповідати щонайменше одному об'єктові спостережень, від якого інструментальними або розрахунковими методами можна отримати необхідну екоінформацію і використовувати її на різних рівнях узагальнення або деталізації. Відповідно до масштабів екологічних досліджень створюють єдину мережу репрезентативних пунктів (об'єктів) спостереження довкілля в межах країни, яка може надати повну інформацію про екологічний стан об'єктів моніторингу, ділянок ландшафтів у межах адміністративних, ландшафтних районів, кордонів адміністративних областей, природних регіонів, території держави загалом.

Для здійснення екологічного моніторингу необхідно зосередитися на найхарактерніших видах і ознаках екосистеми, вивчити реакції елементів біосфери на антропогенний вплив за допомогою натурних і лабораторних експериментів, математичного моделювання, аналізу результатів польових спостережень, які дають

змогу виявити основні тенденції зміни екосистеми, знайти залежності між дією різних факторів та біологічними реакціями.

Польові спостереження проводять у природних умовах. Їх широко використовують для оцінювання стану ґрунту (агрохімічні, агрофізичні, біохімічні дослідження), рослинних угруповань (фенологічні спостереження, ботанічні фізіологічні дослідження), кліматичних умов, забруднення довкілля. Однак за допомогою таких спостережень не завжди можна з'ясувати лімітуючі фактори середовища, які є визначальними для стійкого функціонування екосистеми, природного району, що спонукає до використання експериментальних методів.

Експериментальні дослідження проводять у польових або лабораторних умовах з метою вивчення й аналізу впливу різних антропогенних факторів на складні біологічні системи. Використовуючи їх результати, моделюють можливі зміни середовища, виявляють фактори, що їх спричинюють.

Математичне моделювання дає змогу встановити залежності між дією факторів та реакцією біоти в складних екосистемах, дослідити чутливість екосистеми до конкретного фактора, спрогнозувати майбутній стан екосистеми й обґрунтувати оптимальну кількість параметрів і показників, за якими необхідно проводити спостереження.

Не менш складною проблемою при налагодженні екологічного моніторингу є вибір з великої кількості біологічних видів найрепрезентативніших і достатньо чутливих. Ними можуть бути рослини, тварини, мікроорганізми, гриби (біоіндикатори), життєві функції яких взаємопов'язані з певними чинниками середовища.

Біоіндикатори (грец. *bios* – життя і лат. *indico* – показую) – група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких у досліджуваному середовищі є показником певних природних процесів, умов або антропогенних змін зовнішнього середовища.

За допомогою біоіндикаторів здійснюють *біомоніторинг* – спостереження за станом біотичної складової біосфери та її реакцією на антропогенні дії.

Значна кількість організмів чутлива до певних факторів середовища (хімічного складу атмосфери, ґрунту, вод, кліматичних і погодних умов, присутності інших організмів) і не може існувати за їх змін. Наприклад, лишайники є біоіндикаторами чистого повітря; за комплексами ґрунтових мікроорганізмів визначають тип ґрунту і його зміни тощо. Вони дають багато інформації для встановлення

відхилення стану біоти від нормального на різних рівнях (молекулярному, клітинному, на рівні організмів, популяцій, угруповань).

Використовуючи біоіндикатори, здійснюють *біотестування* – оцінювання рівня забруднення наколишнього середовища. Найвикористовуванішими його методами є фітологічне картографування (оцінювання ступеня проектного покриття, тобто горизонтальної проекції наземних рослин видів на ґрунт порівняно з еталоном (станом заповідної території)), аналіз змін у складі і чисельності рослинних, тваринних угруповань; аналіз явних ушкоджень організмів.

Стан біологічної системи при здійсненні екологічного моніторингу оцінюють, порівнюючи досліджуваний біогеоценоз (сукупність ролинності, тваринного стіту, мікроорганізмів певної частини земної поверхні) з еталонними зразками (природно-заповідні території). При цьому беруть до уваги:

- типовий для екологічної системи видовий склад живих організмів (визначають домінантні види, що утворюють зовнішній вид екосистеми, і субдомінантні види, котрих в екосистемі менше, які характеризують окрему місцевість);

- обсяг первинної біологічної продукції (сформованої в результаті фотосинтезу біомаси рослин) і вторинної (біомаси, акумульованої гетеротрофними організмами, що споживають готову органічну речовину інших організмів і продуктів їхньої життєдіяльності), яку продукує екологічна система за оптимальних умов;

- стабільність структури і різновидів окремих трофічних рівнів, тобто певних сукупностей організмів з різними типами живлення;

- швидкість обміну речовин і енергії в екосистемі, від чого залежить можливість її біологічного самоочищення;

- режим абіотичних умов та ресурсів, що характеризує можливість існування певних видів, популяцій.

При оцінюванні біологічної системи розрізняють функціональні (ріст, тривалість вегетації, стан) та структурні (коливання загальної чисельності, щільності зміни у віковому та статевому станах популяції, генетичні зміни) показники біоти. Завдяки безперервним щорічним спостереженням за біологічною системою вдається простежити зміни рослинних, тваринних угруповань, їх залежність від погодних умов, виявити тенденції, які характеризують трансформації видового складу і ґрунтово-рослинного покриву.

Отже, екологічний моніторинг довкілля передбачає постійні, систематичні фізичні, хімічні і біологічні спостереження і виміри певних складових природних і антропогенно змінених екологічних систем.

Фоновий моніторинг, його роль в оцінюванні і прогнозуванні глобального стану біосфери

Дослідження екологічних змін і організація екологічного моніторингу на фоновому рівні передбачає спостереження у віддалених від локальних джерел забруднення зонах, тобто фонові спостереження, сутність яких полягає у відстежуванні змін стану атмосфери, ґрунту, природних вод, структури земної поверхні на територіях, на які безпосередньо не діють антропогенні фактори.

***Фоновий моніторинг** – багаторічні комплексні спостереження за визначеними об'єктами природоохоронних зон для оцінювання і прогнозування зміни стану екосистем, віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності.*

Основним завданням фонового моніторингу є з'ясування і фіксація показників, що характеризують природний фон (стан природного середовища, який не зазнав прямого впливу людської діяльності), а також глобальні й регіональні зміни в процесі розвитку біосфери. Його організують у біосферних заповідниках, де вивчають, контролюють і прогнозують антропогенні зміни біосфери, абіотичні фактори середовища, а також внутрішні процеси і явища, що відбуваються в екосистемах.

Фоновий глобальний стан біосфери вивчають на фонових станціях, які формуються зі стаціонарного спостережувального полігону (ділянки для відбору проб, гідропости, спостережувальні свердловини) і хімічної лабораторії, розміщених на територіях біосферних заповідників, де заборонена будь-яка господарська діяльність.

***Біосферний заповідник** – територія міжнародного значення, виокремлена з метою збереження різноманітності природно-територіальних комплексів і генетичних ресурсів рослинного і тваринного світу, проведення наукових досліджень, фонового моніторингу та вивчення стану довкілля.*

Натепер у 76 країнах світу функціонує до 300 біосферних заповідників. Площа кожного з них становить від 300 до 2 млн. га. В

Україні біосферними заповідниками, де проводять фонові спостереження, є Асканія-Нова (33307,6 га), Чорноморський біосферний заповідник (100809 га), Карпатський біосферний заповідник (57880 га), Дунайський біосферний заповідник (46402,9 га).

Якісний і кількісний фоновий стан природного середовища у далекому минулому, до початку впливу людини, можна дослідити за даними *історичного моніторингу* – аналізу кілець загиблих або давніх дерев, проб льодовиків, донних відкладень тощо.

Програма фонового екологічного моніторингу на основі біосферних заповідників охоплює такі напрями:

- моніторинг забруднення природного середовища та інших факторів антропогенного впливу;
- моніторинг реакції біоти на антропогенний вплив, передусім на фонові рівні забруднення;
- спостереження за зміною функціональних і структурних характеристик еталонних (незайманих) природних екосистем і їх антропогенних модифікацій.

Програма фонового моніторингу формується з абіотичної та біотичної складових.

До *абіотичної складової фонового моніторингу* належать спостереження за кліматичними, едафічними (ґрунтовими), гідрологічними, орографічними (рельєфними), геологічними умовами та явищами навколишнього середовища, які впливають на організми екосистеми. При цьому вимірюють гідрометеорологічні величини, концентрації хімічних речовин природного й антропогенного походження у певних середовищах. Гідрометеорологічні і геофізичні характеристики навколишнього природного середовища повинні містити дані про швидкість і напрям вітру, атмосферний тиск і температуру повітря, вологість і кількість опадів, інтенсивність сонячної радіації, у т. ч. ультрафіолетового випромінювання, витрати, рівень і температуру води, вологість, тепловий баланс ґрунту. Спостереження за абіотичною частиною мають забезпечити інформацією про концентрацію хімічних речовин, їх сполук у навколишньому середовищі, про міграційні процеси, накопичення, трансформацію та кругообіг цих речовин. Визначаючи необхідність охоплення певних речовин програмою вимірювань у біосферних заповідниках, послугуються такими критеріями:

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

Деякі забруднюючі речовини, потрапивши у природне середовище, можуть змінити геохімічну рівновагу, легко мігрувати харчовими ланцюжками, накопичуватися у біоті і утворювати складні токсичні сполуки. За даними досліджень, найчастіше спричинюють порушення геохімічної рівноваги ртуть, кадмій і свинець. При оцінюванні змін природного кругообігу речовин, спричинених антропогенною діяльністю, використовують такі показники:

1) коефіцієнт технофільності – відношення щорічного видобутку певного хімічного елемента до його загального вмісту в літосфері;

2) коефіцієнт геохімічної рівноваги – відношення сумарних викидів будь-якої речовини у навколишнє природне середовище до його загального вмісту в літосфері.

Враховуючи ці коефіцієнти, для кожної речовини встановлюють перелік середовищ, які потребують вивчення на фонових станціях у біосферних заповідниках (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Хімічні речовини, які підлягають вивченню
на фонових станціях у біосферних заповідниках**

Назва хімічних речовин, які підлягають вивченню	Середовище				
	атмосфера	атмосферні опади	поверхневі і підземні води	грунт	біота
1. Завислі речовини	+				
2. Діоксид сірки	+				
3. Озон	+				
4. Оксид вуглецю	+				
5. Оксиди азоту	+				
6. Вуглеводи	+				
7. Бенз(а)пірен	+	+	+	+	+
8. Хлорорганічні сполуки (ДДТ, ін.)	+	+	+	+	+
9. Важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, миш'як)	+	+	+	+	+
10. Діоксид вуглецю	+				
11. Фреони	+				
12. Біогенні елементи (N, P)		+	+	+	+
13. Аніони і катіони		+			
14. Радіонукліди		+			

У біосферних заповідниках спостерігають, оцінюють і прогнозують забрудненість атмосферного повітря за вмістом у ньому важких металів (свинцю, кадмію, миш'яку, ртуті), забруднюючих речовин, що спричиняють глобальні зміни в атмосфері (діоксиду сірки, озону, оксиду вуглецю, оксидів азоту, вуглеводнів, бенз(а)пірену, хлорорганічних сполук (ДДТ та ін.), фреонів). На основі спостережень за фоновими рівнями забруднення атмосферного повітря цими речовинами розробляють моделі їх перенесення атмосферними фронтами з урахуванням гідрометеорологічних і техногенних факторів.

Однією з передумов аналізу і прогнозування стану забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунту та біотичної складової екологічної системи є спостереження за токсичними і небезпечними для екологічної системи забруднюючими речовинами: бенз(а)піреном, хлорорганічними сполуками (ДДТ та ін.), фреонами, біогенними елементами, важкими металами (свинцем, кадмієм, миш'яком, ртуттю).

Біотична складова фонового моніторингу охоплює оцінювання стану біоти (визначення коефіцієнта розмноження, тривалості життя), прогнозування її реакцій на незначну зміну природного середовища (встановлення залежності чутливості біоти до антропогенного забруднення в системі «доза – реакція»).

Станцію комплексного фонового моніторингу формують стаціонарна ділянка спостережень і хімічна лабораторія. Ділянка (полігон) спостереження складається з майданчика для відбору проб, гідропостів, спостережувальних свердловин. На ній відбирають проби атмосферного повітря, атмосферних опадів, води, ґрунтів, рослинності, проводять гідрометричні та геофізичні вимірювання. Важливим елементом полігона є базова ділянка фонові станції – майданчик розміром 50 × 50 м, де розміщують устаткування для відбору проб, вимірювальні прилади для визначення хімічного складу і фізичних характеристик повітря. Розташовують її на відкритій, рівній ділянці, віддаленій від будівель, лісосмуг, пагорбів. Хімічну лабораторію зводять не ближче 500 м від базової ділянки. У лабораторії обробляють і аналізують відібрані проби. На фонових станціях визначають і досліджують критерії екологічного моніторингу, уточнюють методи контролю, оцінювання та прогнозування стану об'єктів спостереження.

Міжнародні фонові моніторингові станції належать до глобальної системи моніторингу навколишнього середовища.

Глобальна система моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС)

У середині ХХ ст. у біосфері відбувалися локальні і регіональні екологічні кризи. Згубний вплив людини на біосферу досяг глобальних масштабів і проявився у тотальному забрудненні природних середовищ, інтенсивному використанні ресурсів природи, зміні геохімічних кругообігів елементів і потоків енергії в екологічних системах, що спричинило розвиток глобальної екологічної кризи. У промислово розвинутих країнах руйнувалися екологічні системи та виснажувалися природні ресурси. Загалом на планеті втрачено 20% видів живих істот. Великі річки Європи (Рейн, Одер) перетворилися на стічні канали, де через непридатну для життєдіяльності якість води повністю зникла біота, у критичному стані опинилися Дунай і Сена. Активно поширювалася деградація ґрунтів (водна ерозія охопила 56% площі земель суходолу), хімічне і фізичне ушкодження земель, опустелювання території (загальна площа пустель і ніпівпустель 48,4 млн км², щороку вона збільшується на 6 млн га), скорочення площ тропічних дощових лісів і тайги (призводить до зменшення кількості кисню, зникнення видів рослин і тварин), забруднення атмосфери (наслідком його є розвиток парникового ефекту, утворення озонової діри, кислотних дощів, смогів). Спрогнозувати можливі зміни біосфери з високою точністю у той час було неможливо, оскільки спостереження за станом довкілля держави здійснювали лише на регіональних рівнях за різними програмами. Тому в 1972 р. на Стокгольмській конференції ООН з навколишнього середовища було запропоновано створити Служби Землі, покликані здійснювати глобальний моніторинг довкілля, оцінювання, дослідження та обмін інформацією, своєчасно попереджати про природні катастрофи та антропогенні зміни стану довкілля, здатні спричинити прямі і непрямі збитки здоров'ю людини.

***Глобальний** (франц. *global* – *всесвітній, загальний*) **моніторинг** – система спостережень за планетарними процесами і явищами, які відбуваються у біосфері, з метою оцінювання та прогнозування глобальних проблем охорони навколишнього природного середовища.*

За результатами роботи Міждержавної наради з проблем моніторингу, що відбулася у Найробі (лютий 1974 р.), було сформульовано такі основні завдання глобального моніторингу:

1. Організація розширеної системи попереджень про загрозу здоров'ю людини.
2. Оцінювання глобального забруднення атмосфери та її впливу на клімат.
3. Оцінювання кількості і розподілу забруднення біологічних систем, особливо харчових ланцюгів.
4. Оцінювання критичних проблем, що виникають внаслідок сільськогосподарської діяльності й землекористування.
5. Оцінювання реакції наземних екосистем на вплив навколишнього середовища.
6. Оцінювання забруднення океану і вплив забруднень на морські екосистеми.
7. Створення міжнародної системи попереджень про стихійні лиха.

Програма глобального моніторингу передбачає систематичне вивчення навколишнього середовища за єдиними правилами та уніфікованими методиками на 8 континентальних, 77 базових і 66 біосферних регіональних станціях, розташованих у різних точках Землі. Вона охоплює спостереження, оцінювання і прогнозування змін природних процесів, контролювання енергетичного і теплового балансу Землі (відношення надходження і витрат енергії на земній поверхні і в системі «атмосфера-Земля»), спостереження за рівнями радіації, вуглекислого газу, кисню в тропосфері (частково в гідросфері), глобальним збільшенням фонового забруднення атмосфери, станом Світового океану, змінами клімату, міграційними шляхами тварин. За деякими з цих напрямів у багатьох країнах давно тривають успішні дослідження, за іншими – робота тільки розпочалася. Тому здебільшого необхідна не організація нових служб, а максимально ефективне використання і розвиток наявних систем, їх доповнення, розвиток, раціональне й ефективне послуговування інформацією.

Сучасна глобальна система моніторингу навколишнього середовища охоплює всі природні зони, а також потенційно-небезпечні щодо забруднення компонентів середовища райони, виконуючи такі завдання:

- визначення рівнів окремих критичних забруднювачів у середовищі, аналіз їх розподілу в просторі та змінюваності в часі;
- вивчення розмірів і швидкості потоків забруднюючих речовин, їх перетворень і сполук;
- порівняння використовуваних у різних країнах методів спостережень та аналізу зміни довкілля;
- забезпечення необхідною для прийняття управлінських глобальною і регіональною інформацією;

- попередження про можливі природні й антропогенні катастрофи.

Система глобального моніторингу реалізується на імпакті, регіональному, фоновому рівнях, для яких розроблені спеціальні програми.

Імпактний рівень глобального моніторингу (I) полягає у вивченні критичних забруднень на локальних територіях, спричинених одним або кількома джерелами викидів. Об'єктами спостереження можуть бути потенційно-небезпечне підприємство (група підприємств), скиди або викиди якого за певних аварійних умов і метеорологічних характеристик (особливості циркуляції повітряних потоків) можуть спричинити глобальне забруднення довкілля.

Регіональний рівень глобального моніторингу (P) охоплює вивчення міграції і трансформації забруднюючих речовин і їх сукупної дії, характерних для певних економічних регіонів чинників. Об'єктом дослідження є довкілля в межах конкретного регіону (економічного району, адміністративної області, країни).

Фоновий рівень глобального моніторингу (Ф) передбачає фіксацію фоновому стану довкілля з метою подальшого оцінювання рівня антропогенної дії. Спостереження проводять на базі біосферних заповідників, де заборонена будь-яка господарсько-виробнича діяльність і обмежений антропогенний вплив сусідніх територій.

Програми спостережень формують на основі вибору пріоритетних забруднюючих речовин та інтегральних характеристик, використовуючи певну сукупність критеріїв. Ними можуть бути величина фактичного або потенційно можливого впливу забруднювальних речовин на здоров'я людини, стан екосистеми, клімат; здатність забруднюючих речовин до деградації в довкіллі, накопичення в організмі людини і харчових ланцюгах; здатність забруднюючих речовин утворювати шкідливі і токсичні сполуки; міграційна здатність; фактичні і можливі концентрації забруднювачів у довкіллі і в організмі людини. Найпоширеніші забруднюючі речовини оцінюють в балах від 0 до 3 і розподіляють за цими критеріями на класи пріоритетності (табл. 2.4). Чим вищий клас, тим більший пріоритет забруднювача при організації спостережень у певному середовищі (повітря, питна, морська вода, біота, їжа (внутрішнє надходження забруднюючих речовин до організму людини, таварини)) на відповідному рівні (імпакті, регіональному, фоновому).

Таблиця 2.4

Класифікація забруднюючих речовин за класами пріоритетності в ГСМНС

Клас	Забруднююча речовина	Середовище	Рівень моніторингу
I	Діоксид сірки, зважені частки	Повітря	I, P, Ф
	Радіонукліди	Їжа	I, P
II	Озон	Повітря	I(тропосф.), Ф(стратосф.)
	Хлорорганічні з'єднання, діоксини	Біота, людина	I, P
	Кадмій	Вода, їжа, людина	I
III	Нітрати, нітрити	Вода, їжа	I
IV	Оксиди азоту	Повітря	I
	Ртуть	Вода, їжа	I, P
	Свинець	Повітря, їжа	I
V	Діоксид вуглецю	Повітря	Ф
	Оксид вуглецю	Повітря	I
	Вуглеводні нафти	Морська вода	P, Ф
VI	Фториди	Прісна вода	I
VII	Азбест	Повітря	I
	Миш'як	Питна вода	I
VIII	Мікробіологічне забруднення	Їжа	I, P
	Реакцієздатні забруднювачі	Повітря	I

Визначення пріоритетних об'єктів під час організації систем моніторингу залежить від його мети та завдань: на територіальному рівні перевагу надають промисловим містам, джерелам питної води, місцям нересту риб; стосовно середовища спостережень основними є атмосферне повітря та вода прісних водойм, водотоків, морських акваторій.

Глобальний моніторинг здійснюють з використанням базових (для глобального фонових моніторингу дуже низьких фонових концентрацій найважливіших складових атмосфери) і регіональних станцій за мінімальними (для моніторингу довготривалих змін складу атмосферного повітря, спричинених людською діяльністю на регіональному рівні) та розширеними програмами (для моніторингу довготривалих змін складу довкілля на імпактному рівні). Мінімальні програми передбачають вимірювання на базових станціях забруднення атмосфери, провідності повітря, вмісту CO₂ у повітрі та хімічного складу опадів; на регіональних станціях – спостереження за

мутністю атмосфери та хімією опадів. Розширені програми охоплюють додаткові спостереження за діоксидом сірки, сірководнем, вмістом загального озону, чадного газу і всіх сполук азоту, важких металів.

На основі спостереження, оцінювання і прогнозування в межах системи глобального моніторингу було здійснено:

- глобальне оцінювання стану ґрунтів, а також складено карти деградації ґрунтів сільськогосподарського призначення, придатності сільськогосподарських земель у певних агроекологічних зонах, стану пасовищ у посушливих і напівпосушливих регіонах;

- оцінювання покриву тропічного лісу Африки, Латинської Америки, Азії, районування і класифікацію рослинності;

- дослідження водного балансу, льодовиків, гідрологічних регіонів;

- прогнозування можливих змін клімату;

- оцінювання запасів морських біологічних ресурсів, забруднення Світового океану;

- виокремлення еталонних екосистем біосфери;

- аналіз даних про причини захворювань у певних екологічно забруднених районах.

Функціонування глобальної системи моніторингу довкілля особливо актуальне на етапі переходу до сталого (еколого-економіко-соціального) розвитку. Перехід до цієї моделі передбачає такий стан суспільства, за якого вплив на навколишнє середовище зберігатиметься в межах господарської ємності біосфери.

Сталий розвиток передбачає формування економічних відносин, які забезпечать можливість спільного збалансованого функціонування системи «природа – суспільство – економіка». Ідея екологічного сталого розвитку біосфери ґрунтується на таких принципах:

- принцип обмеженості (збереження сучасного стану довкілля);

- принцип збереження природного багатства на сучасному рівні (недопущення втрат або зменшення природно-ресурсного потенціалу і екологічного біорізноманіття);

- принцип балансу між ресурсом і забруднювачем (використання ресурсів у масштабах відновлювальної здатності екологічних систем) та ін.

Реалізувати комплекс принципів можна тільки на основі різнобічної і достовірної інформації (спостережень, оцінювання, прогнозування), яку здатна забезпечити глобальна система моніторингу навколишнього середовища.

Кліматичний моніторинг і його завдання

При глобальних перетвореннях довкілля визначальну роль відіграють кліматичні зміни, спричинені природними та антропогенними факторами (парниковий ефект, озонові діри, техногенне забруднення довкілля). Перебуваючи в тісному взаємозв'язку з усіма компонентами природного середовища, клімат (багаторічний режим погоди, властивий даній місцевості) відчутно впливає на них, на умови життя і самопочуття людини.

З'ясування антропогенних змін і коливань клімату неможливе без вивчення його природної динаміки, яка ґрунтується на даних про стан кліматичної системи «атмосфера – океан – поверхня суші (з річками й озерами) – літосфера – біота» і взаємодію елементів цієї системи за тривалий час. Спостереження за станом кліматичної системи, оцінювання та прогнозування її подальшого розвитку здійснюють за допомогою кліматичного моніторингу.

***Кліматичний моніторинг** – система спостережень, оцінювання і прогнозування зміни клімату.*

До кліматичного моніторингу належить збирання даних про клімат минулого. Для цього вивчають копалини, а також кільця деревини, донні відкладення, на яких позначаються коливання й зміни клімату протягом сотень і тисяч років.

На підставі виникнення певних особливостей клімату, зокрема внаслідок впливу на нього антропогенно перетвореної підстилаючої поверхні (будівництва великих гідротехнічних споруд, змін площ лісових насаджень, будівництва міст), а також можливого впливу інтенсивних теплових викидів, трансформацій складу та оптичних властивостей атмосфери (візуального сприйняття, спричиненого викидами аерозольних часток і газових домішок) роблять висновки про обсяги антропогенного втручання.

Природні й антропогенні зміни клімату впливають на стан біосфери загалом, функціонування популяцій рослин і тварин, змінюють умови життєдіяльності людини і стан її здоров'я.

Кліматичний моніторинг пов'язаний з екологічним. Він потребує спеціальної системи спостережень, спроможної забезпечити виконання наукових і практичних завдань, зокрема надати широку кліматичну інформацію. З цією метою, як правило, створюють службу збору кліматичних даних, сфера діяльності якої простягається і за межі моніторингу антропогенних змін клімату. Для пізнання сутності і антропогенної складової змін і коливань клімату необхідний великий

масив даних про параметри елементів біосфери, процеси, які характеризують її зміни. Особливо це важливо при простежуванні змінюваності клімату в просторі і часі. Прогнозування сезонних і річних коливань клімату відбувається на основі інформації, яку забезпечує глобальна система спостережень. При цьому слід мати на увазі, що спостереження, спрямовані на вивчення змінюваності клімату, повинні обов'язково враховувати інерційність кліматичної системи.

Моніторинг клімату зосереджується на реалізації таких завдань:

- збирання даних про стан кліматичної системи;
- аналізування і оцінювання природних та антропогенних змін і коливань клімату (включаючи порівняння клімату минулого з сучасним);
- виокремлення антропогенних ефектів у зафіксованих змінах клімату;
- виявлення природних і антропогенних факторів, що зумовлюють зміну клімату;
- виявлення критичних елементів біосфери, вплив на які може спричинити кліматичні зміни.

Кліматичний моніторинг охоплює геофізичний (система спостережень за абіотичною частиною біосфери, а саме: кліматом, рельєфом, температурою, сонячною радіацією тощо) та біологічний (система спостережень за станом біотичної складової біосфери та її реакцією на антропогенний вплив) моніторинги, для нього важливі як фактори дії, так і джерела забруднення. У його здійсненні важливу роль відіграють метеорологічні служби, які сформовані з наземних та супутникових підсистем, що дають змогу різнобічно відстежувати процеси і явища. Усі основні кліматичні дані та інформацію, необхідні для аналізу змін клімату, поділяють на групи:

1. Вимірювання основних метеорологічних параметрів, вивчення та аналіз атмосферних явищ і процесів, які характеризують відповідний стан погоди. До цієї групи належать дані про температуру і вологість повітря, атмосферний тиск, швидкість та напрямок вітру, інтенсивність опадів, гідрологічні дані, а також дані про сніговий покрив, вологість і глибину промерзання ґрунту та інші, які отримують на метеорологічних і гідрологічних станціях і постах. На основі цієї інформації здійснюють моніторинг атмосферних явищ і процесів, отримують їх національні метеорологічні служби з відповідних станцій за допомогою технічних засобів.

На сучасному етапі у світі функціонує 40 000 кліматологічних і 140 000 дощомірних станцій, однак розміщені вони нерівномірно. Міжнародний обмін основними погодними даними забезпечують Всесвітня служба погоди (ВСП), Всесвітня метеорологічна організація

(ВМО). ВСП формується з глобальних систем спостережень, телез'язку й оброблення даних. Метою її є збереження і надання користувачам необхідної інформації.

Глобальну систему спостережень формують наземна й супутникова підсистеми. Наземна підсистема базується на опорній синоптичній мережі. Вона отримує інформацію також з кораблів і літаків, метеорологічних радіолокаторів, різних систем зондування атмосфери. До наземної підсистеми спостережень належать станції з вимірювання сонячної радіації, фонового забруднення атмосфери та інших складників атмосфери (діоксиду вуглецю (CO_2), озону (O_3), різноманітних газових домішок). Аерозольні частки природного та антропогенного походження, електромагнітне випромінювання, теплове забруднення також становлять інтерес для служб наземної глобальної системи спостережень, оскільки помітно позначаються на кліматі.

Супутникову підсистему утворюють геостаціонарні і розташовані на навколополярних орбітах метеорологічні супутники. Вони відстежують вертикальні профілі температури і вологості, температуру поверхні моря, поверхні суші та верхнього шару хмар, сніговий покрив, радіаційний баланс.

2. Моніторинг стану кліматичної системи (реакція кліматичної системи та її елементів на природні й антропогенні зміни). Він охоплює всю біосферу, але зосереджується на ефектах (реакціях), які безпосередньо стосуються антропогенних змін клімату. Спостереження за станом клімату охоплює моніторинг кліматотворних факторів, а також величин, які характеризують реакцію кліматичної системи та її елементів на різні дії, передусім антропогенні. Важливими є дані про стан підстилаючої поверхні, які характеризують її альbedo (частину падаючої променистої енергії, яку вона відбиває), моніторинг енерго- і масообміну між атмосферою і підстилаючою поверхнею, відомості про водний баланс та його вплив на зміну клімату. Усі ці фактори є кліматотворними, а змінюються вони внаслідок реакції елементів кліматичної системи на різні чинники.

Океан відіграє визначальну роль при формуванні клімату. Тому доцільно здійснювати моніторинг стану океану, який забезпечується вимірюванням температури його верхнього шару, вмісту солі та хімічного складу води, хвилювання та течій на різних глибинах. Для отримання даних про взаємодію атмосфери і океану проводять регулярні морські кліматологічні вимірювання температури повітря і води, крапель роси, видимості, напрямку та сили вітру, атмосферного тиску.

3. Моніторинг внутрішніх та зовнішніх факторів (особливо антропогенних факторів та їх джерел), які впливають на клімат і стан кліматичної системи. До зовнішніх факторів належать вплив Сонця і космічного випромінювання. Їх інтенсивність залежить від сонячної активності, параметрів орбіти і швидкості обертання Землі. Ефекти впливу зумовлюються інтенсивністю його факторів, властивостями і складом атмосфери Землі, властивостями земної поверхні (альbedo).

До внутрішніх факторів, які впливають на клімат і кліматичну систему, відносять теплові викиди та викиди різних речовин у біосферу, їх перерозподіл між різними середовищами. Він може бути природним (виверження вулканів) та антропогенним. Внутрішні фактори зумовлюють зміну властивостей кліматичної системи (змінюється альbedo підстилаючої поверхні й атмосфери, а також тепло- та газообмін підстилаючої поверхні з атмосферою).

Спостереження за змінами температури повітря, які проводять у великих містах і їх передмістях, засвідчили підвищення температур у межах $0,5^{\circ}$ – $1,0^{\circ}$ С. Це зумовлено тепловими викидами та змінами альbedo у великих містах.

При оцінюванні коливань складу атмосфери, вивченні можливого їх впливу на клімат особлива роль належить спостереженням за вмістом і змінами концентрацій CO_2 в атмосфері, за процесами обміну його зі Світовим океаном та наземною біотою. Збільшення кількості вуглекислого газу в атмосфері пов'язане з антропогенною діяльністю – спаленням мінерального палива. На сучасному етапі цей антропогенний фактор навіччутніше впливає на клімат. Тому особливо важливим є регулярне вимірювання концентрації CO_2 в атмосфері, вивчення балансу вуглецю в біосфері, обміну CO_2 з глибинними шарами океану, впливу нафтової плівки на газообмін між океаном та атмосферою.

Зворотний ефект (можливе похолодання через відбиття частини падаючого сонячного випромінювання) спричинює підвищення вмісту стратосферних аерозолів, що залежить від природних причин (виверження вулканів, піщані бурі) і антропогенної діяльності (викиди промислових підприємств).

Моніторинг обсягів основних складових атмосфери, забруднень та змін, що відбуваються з ними, здебільшого організований на державному рівні, є важливою частиною глобальної системи моніторингу.

4. Моніторинг можливих фізичних і екологічних перетворень у довкіллі, які відбуваються внаслідок кліматичних змін і коливань. Трансформації клімату, впливаючи на стан біосфери, позначаються і на господарській діяльності людини. Найчутливішими до коливань

клімату є елементи біосфери, розташовані у полярних широтах, засушливих місцях, а також екосистеми пустельних зон, високогір'їв.

Параметри змін у біосфері називають непрямими показниками змін клімату. Цю групу показників утворюють зміни рівня морів, озер, розташування берегової лінії, річних шарів, донних відкладень озер, снігової лінії та ін. До неї також зараховують і такі екологічні ознаки, як зміна характеру рослинності, врожайності культур, морської мікрофлори і мікрофауни, популяцій комах, особливостей поширення хвороб тварин і рослин, передусім у зонах з найбільшою чутливістю до змін клімату.

Комплекс цих даних необхідний для проведення всебічного аналізу стану довкілля і моделювання клімату, на підставі яких виокремлюють критичні фактори впливу і найчутливіші елементи біосфери, що є передумовою оптимального функціонування системи кліматичного моніторингу.

2.2. Моніторинг навколишнього природного середовища України

Організація моніторингу довкілля України ґрунтувалася на основних принципах національної системи моніторингу колишнього Союзу РСР, а саме системності і комплексності спостережень, тобто одночасно з дослідженнями рівнів забруднення атмосферного повітря, вод і ґрунтів здійснювали метеорологічні і гідрологічні спостереження. Недоліками цієї системи були незгодженість систем і методик спостережень, вирішення окремих суто відомчих завдань. Їх було враховано під час розроблення і впровадження власної державної системи екологічного моніторингу України, відображеної у статті 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятому 25 червня 1991 року. Цей Закон став юридичною основою для розробки та впровадження у 1992 р. в Україні під егідою Національної Академії наук та Мінприроди єдиної державної системи екологічного моніторингу – СЕМ «Україна». 23 вересня 1993 року постановою Кабінету Міністрів України було затверджене «Положення про державний моніторинг навколишнього середовища», яке стало правовим підґрунтям впровадження та функціонування такої системи в нашій країні. Постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 року (№ 391) було затверджено «Положення про державну систему моніторингу довкілля», яке визначало загальні засади системи державного моніторингу довкілля, її структуру та рівні,

організацію роботи та порядок функціонування. Перелік об'єктів спостережень охоплював усі компоненти природного середовища: повітря, воду, землю, біоту.

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.

Моніторинг довкілля у частині державного моніторингу стану поверхневих, підземних та морських вод проводиться згідно з «Порядком здійснення державного моніторингу вод», затвердженим Кабінетом Міністрів України від 19 вересня 2018 р. N 758.

Моніторинг довкілля у частині державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря проводиться згідно з «Порядком здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. N 827.

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.

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 інформації про стан довкілля (екологічної інформації), що надходить і зберігається в системі моніторингу;
- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та оперативності її

доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, зацікавлених міжнародних установ та світового співтовариства.

Залежно від призначення ці системи здійснюють:

➤ *загальний (стандартний)* моніторинг – оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінювання та прогнозування стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях;

➤ *оперативний (кризовий)* моніторинг – спостереження за спеціальними показниками на мережі пунктів у реальному масштабі часу за об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в регіонах, які мають статус зон надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками з метою забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення безпечних умов для населення;

➤ *фоновий (науковий)* моніторинг – спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими довкілля, за характером, складом, кругообігом та міграцією забруднюючих речовин, реакцією організмів, окремих популяцій, екосистем і біосфери загалом на забруднення.

Система моніторингу спрямована на:

- підвищення рівня вивченості 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.

Моніторинг довкілля здійснюється Мінагрополітики, Міндовкіллям, ДАЗВ (крім державного моніторингу вод), Держгеонадрами, Мінрегіоном, ДКА, а також ДСНС, Держлісагентством, Держводагентством, Держгеокадастром та їх територіальними органами, підприємствами, установами та організаціями, що належать до сфери їх управління, обласними, Київською та Севастопольською міськими держадміністраціями, а також органом виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища.

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 інформацією про стан довкілля (екологічною інформацією) населення країни і міжнародних організацій.

Система державного моніторингу створюється на локальному (на території окремих об'єктів), регіональному (в межах адміністративно-територіальних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів), національному (на території країни) рівнях з дотриманням міжнародних вимог і є сумісною з аналогічними міжнародними системами. Вона базується на принципах об'єктивності та достовірності; систематичності спостережень за станом довкілля та об'єктами впливу на нього; багаторівневості; узгодженості нормативного і методичного забезпечення; технічного та програмного забезпечення; комплексності в оцінюванні екологічної інформації; оперативності проходження інформації між окремими ланками системи та вчасного інформування органів державної влади; відкритості екологічної інформації для населення.

Основними їх завданнями є спостереження за станом навколишнього природного середовища в областях (мінеральними, органічними, біологічними ресурсами, ґрунтами, підземними та поверхневими водами, атмосферним повітрям); спостереження за транскордонним перенесенням забруднюючих речовин в атмосфері та у водних об'єктах; аналіз стану та прогнозування змін довкілля та здоров'я населення, оцінювання якості життя в регіоні.

В Україні стан атмосферного повітря відстежують у 39 містах різних областей на 129 стаціонарних пунктах спостережень за забрудненням (СПЗ) і на двох станціях транскордонного моніторингу: «Світязь» (Волинська обл.) та «Рава-Руська» (Львівська обл.). В атмосферному повітрі визначається вміст 22 забруднюючих речовин, у тому числі 8 важких металів (за даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, наданих листом від 19.01.2021 № 04-674/292). Спостереження за хімічним складом опадів та снігового покриву проводять на 37 метеостанціях. Найпоширенішими забрудниками, які потрапляють в ґрунти і водні об'єкти, є йони сульфатів, хлору, амонію,

гідрокарбонатів, нітратів, кальцію, натрію, калію та магнію. Спостереження за хімічним складом та якістю поверхневих вод України проводять на 123 водних об'єктах (105 річках, 9 водосховищах, 7 озерах, 1 каналі, 1 лимані) у 196 пунктах.

На основі отриманої інформації формують банк екологічних даних, що містить оперативні та ретроспективні дані про стан навколишнього середовища і природних ресурсів, який постійно оновлюється, а також електронну екологічну карту.

В результаті проведення моніторингу довкілля отримують первинні і узагальнені дані про стан довкілля на певній території, оцінюють рівні його забруднення, ступінь придатності середовища для життєдіяльності людей, на основі чого здійснюють прогнозування і розробляють управлінські природоохоронні рішення.

Запитання. Завдання

1. Охарактеризуйте принципи класифікації систем моніторингу.
2. За якими критеріями розрізняють біоекологічний, геоєкологічний, біосферний, біогеохімічний види моніторингу?
3. Охарактеризуйте рівні спостережень, притаманні екологічному моніторингу.
4. У чому полягають особливості фонового моніторингу? З'ясуйте його роль в оцінюванні та прогнозуванні глобального стану біосфери.
5. Що таке глобальний моніторинг і на яких рівнях він здійснюється?
6. За яким принципом класифікують забруднюючі речовини в системі глобального моніторингу навколишнього середовища?
7. З'ясуйте сутність кліматичного моніторингу та охарактеризуйте його завдання.
8. Чим зумовлена необхідність здійснення кліматичного моніторингу? Проаналізуйте основні його розділи.
9. Охарактеризуйте основні кліматичні показники, за якими здійснюють спостереження.
10. Охарактеризуйте загальний, оперативний, фоновий види державного моніторингу довкілля.

3. МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Людська діяльність неминує призводити до змін атмосферного повітря. З кожним історичним періодом їх масштаби невпинно зростають, набуваючи глобального характеру. З метою обмеження шкідливих викидів у атмосферу і запровадження сучасних високоефективних методів очищення повітря необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану.

3.1. Джерела та наслідки забруднення атмосферного повітря

У життєдіяльності людини повітря є головним продуктом споживання, а його наявність – основною умовою існування. Адже без їжі вона може обходитись 5 тижнів, без води – 5 днів, а без повітря – 5 хвилин. Крім того, нормальна життєдіяльність людини потребує наявності повітря відповідної чистоти, а відхилення від норми, забруднення негативно впливають на організм. Тому охорона атмосферного повітря є важливою складовою проблеми оздоровлення зовнішнього середовища загалом.

Повітряна оболонка Землі формує атмосферу радіусом до 20 000 м. Атмосферне повітря утворене з різних газів: 78,08% азоту, 20,95% кисню, 0,93% аргону, 0,03% вуглекислого газу, 0,01% неону, гелію, метану, радону та інших газів. Усі вони по-своєму важливі для людини, біосфери, формування клімату (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Основний склад сухого чистого повітря в приземному шарі

Газ	Молекулярна маса	Відносний вміст у сухому повітрі, %		Загальний вміст в атмосфері Землі, т
		за обсягом	за масою	
Азот (N ₂)	28.02	78.08	75.53	4.0 · 10 ¹⁵
Кисень (O ₂)	32.0	20.95	23.14	1.2 · 10 ⁵
Аргон (Ar)	39.94	0.93	1.28	6.8 · 10 ¹³
Вуглекислий газ (CO ₂)	44.01	0.033	0.05	2.6 · 10 ¹²
Неон (Ne)	20.18	0.0018	0.001	5.3 · 10 ¹⁰
Гелій (He)	4.0	0.0005	0.00007	3.9 · 10 ⁹

продовження табл. 3.1

Криптон (Kr)	16.05	0.00015	0.00008	$4.4 \cdot 10^9$
Ксенон (Xe)	83.7	0.0001	0.00003	$1.6 \cdot 10^9$
N ₂ O	44.02	0.00005	0.00008	$4.2 \cdot 10^9$
Водень (H ₂)	2.02	0.00005	0.000003	$1.6 \cdot 10^8$
Озон (O ₃)	48.0	0.00004	0.00007	$3.7 \cdot 10^9$

Життя на Землі неможливе без кисню. Він є продуктом життєдіяльності зелених рослин, які виділяють його, споживаючи й розщеплюючи воду та вуглекислий газ при фотосинтезі. Усі інші живі істоти тільки споживають кисень. Вуглекислий газ надходить в атмосферу в результаті дихання живих істот, спалювання палива, гниття та розкладання органічних речовин.

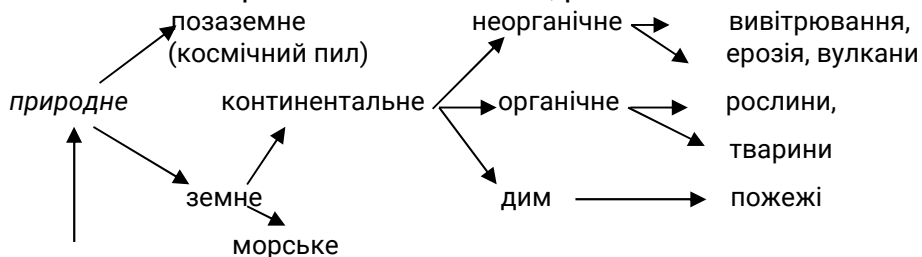
У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості й спалюванням великих обсягів палива темпи використання запасів кисню та накопичення вуглекислого газу в атмосфері різко збільшились. Унаслідок цього порушився кругообіг вуглецю в природі, що спричинило екологічну кризу – різке погіршення умов існування людини, зумовлене антропогенною дією на навколишнє середовище. Саме промислова діяльність, в результаті якої в повітря викидається велика кількість оксидів вуглецю, промислових газів, є основним джерелом забруднення повітря, що завдає великої шкоди природному середовищу і людям.

Забруднення атмосферного повітря – внесення в атмосферу або виникнення в ній нових, не характерних для неї фізичних, хімічних, біологічних речовин та перевищення природного рівня концентрацій речовин, які є складовими повітря.

Забруднення атмосфери стало глобальною проблемою, особливо гострою у промислово розвинутих країнах. Збитки, завдані людству забрудненням атмосферного повітря, дуже великі і постійно зростають. Усе це актуалізує необхідність нарощування зусиль, спрямованих на охорону повітряного басейну.

Як свідчать дослідження, запаси повітря на Землі практично безмежні, вони є невичерпним ресурсом. Однак господарська, передусім промислова, діяльність людини, шкідливо впливає на атмосферу, змінює склад повітря. Природне забруднення повітря спричинюють і виверження вулканів, вивітрювання гірських порід, пилові бурі, лісові пожежі та інші природні явища (рис. 3.1). Залежно від джерел розрізняють механічне, фізичне та хімічне забруднення. За тривалістю дії воно може бути тимчасовим або постійним; за

масштабом поширення – глобальним, регіональним і локальним.



забруднення

повітря

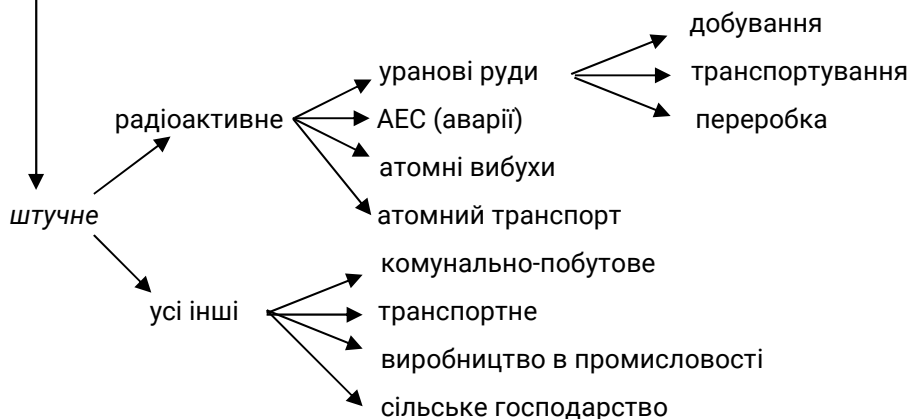


Рис. 3.1. Джерела забруднення атмосферного повітря

Отже, забруднення атмосферного повітря спричинене процесами і явищами, що відбуваються у природі, та промислово-побутовою діяльністю людини (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Маса забруднюючих речовин (т/рік), які викидаються в атмосферу

Речовина	Природні надходження	Антропогенні викиди
Оксид вуглецю (CO)	-	$3.5 \cdot 10^8$
Діоксид сірки (SO ₂)	$1.4 \cdot 10^8$	$1.45 \cdot 10^8$
Оксиди азоту (NO _x)	$1.4 \cdot 10^9$	$(1.5 - 2.0) \cdot 10^7$
Аерозолі (тверді частинки)	$(7.7 - 22.0) \cdot 10^{10}$	$(9.6 - 26.0) \cdot 10^{10}$
Поліхлорвінільні речовини, фреони	-	$2.0 \cdot 10^6$
Озон (O ₃)	$2.0 \cdot 10^9$	-
Вуглеводи	$1.0 \cdot 10^9$	$1.0 \cdot 10^6$
Свинець (Pb)	-	$2.0 \cdot 10^6$
Ртуть (Hg)	-	$5.0 \cdot 10^3$
Діоксид вуглецю (CO ₂)	$0.1 \cdot 10^{13}$	$0.18 \cdot 10^{11}$
Сірководень (H ₂ S)	$1.9 \cdot 10^7$	$0.36 \cdot 10^7$

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

- мінеральний пил (продукт вивітрювання і руйнування гірських порід, виверження вулканів, лісових, степових та торф'яних пожеж, сіль, яка потрапляє в повітря при розбризкуванні та випаровуванні морської води та ін.);

- органічний пил (рештки живих істот, які живуть або потрапляють в атмосферу, представлені аеропланктоном (бактеріями, спорами грибів, пилом рослин), продуктами гниття та розкладання рослин і тварин);

- космічний пил (рештки згорілих під час проходження крізь шари атмосфери метеоритів).

Природний пил виконує роль ядер конденсації водяної пари.

Штучне (антропогенне) забруднення. Таке забруднення зумовлене діяльністю людини, внаслідок чого відбуваються суттєві зміни в природному складі атмосфери. Основним його джерелом є промислові, транспортні та побутові викиди. За особливостями будови і впливу на атмосферу та біосферу розрізняють такі види забруднювачів:

а) механічні забруднювачі – викиди цементних заводів; дим і сажа від згоряння вугілля в котельнях, печах; гума, яка стирається з автопокришок та ін.;

б) хімічні забруднювачі – пиловаті (газоподібні) речовини, здатні взаємодіяти в хімічних реакціях.

Найпоширенішими типами штучних забруднювачів атмосферного повітря є продукти спалювання сірковмісного палива (вугілля, нафтопродуктів, газу), вихлопні гази автотранспорту, радіоактивне забруднення, пестициди та інсектициди. Хімічний склад техногенних викидів в атмосферу залежить від виду палива, способу спалювання, складу виробничої сировини, технології виробництва та ін.

Особливо небезпечні викиди, які утворюються при роботі різних видів транспорту, зокрема автомобілів, вихлопні гази яких містять шкідливі домішки. Концентрація цих домішок у вихлопних газах залежить від типу двигуна, особливостей його обслуговування, своєчасного ремонту систем живлення і запалювання, стану доріг. Від кожної тисячі автомобілів за день надходить у повітря більше 3000 кг оксиду вуглецю, інших продуктів неповного згоряння палива, які негативно впливають на здоров'я людей і тварин, зокрема токсичний чадний газ (оксид вуглецю двовалентного).

Задимленість атмосфери вокзалів та прилеглих територій спричиняють паровози та тепловози. Переведення тяги на електричну

помітно знизило отруєння повітря шкідливими газами. Локальне забруднення повітря зумовлюють також морські та річкові судна, які працюють на вугіллі та інших видах важкого палива. Забруднені шкідливими газами території аеродромів. Сучасні літаки, які літають на значній висоті, можуть зруйнувати озоновий шар, в результаті чого відкриється доступ пагубним ультрафіолетовим променям Сонця, що може призвести до небажаних наслідків.

Забруднюють атмосферне повітря промислові викиди, які залежать від видів палива (твердого, рідкого, газоподібного) і способів їх спалювання, різні за хімічним складом. Спалювання вугілля, газу, нафти з різних причин рідко буває повним. Тому промисловість викидає в атмосферу значну кількість твердих часток (сажа, зола, пил) та шкідливих газів (оксиди вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту). Такі частки палива, а також різні розпилені продукти (цемент, фосфорити) утворюють промисловий пил. Він складається з дрібних часточок і довго тримається в повітрі у зваженому стані. Забруднення повітряного басейну сірчаним газом і пилом спричиняють теплові електростанції, які працюють на вугіллі. Перехід ТЕС на газ помітно зменшує шкідливі викиди.

Підприємства хімічної, енергетичної, металургійної, нафтопереробної, цементної промисловості теж викидають у повітря велику кількість газоподібних речовин, золи та пилу. Шкідливі гази і промисловий пил накопичуються здебільшого над містами (в 1см³ міського повітря кількість пилюнок сягає 100 тис. штук).

В Україні в останні десятиліття у зв'язку зі спадом промислового виробництва обсяги промислових викидів суттєво знизилися.

Великої шкоди завдає радіоактивне забруднення атмосфери. Радіоактивні речовини потрапляють в атмосферу в результаті природної і штучної радіоактивності, пов'язаної з роботою атомних установок, використанням радіонуклідів у виробництві, внаслідок аварійних ситуацій на підприємствах ядерного циклу, атомних вибухів. Природна радіоактивність притаманна атмосфері, вона присутня постійно і не залежить від діяльності людини. Живі організми пристосувалися до неї, і вона не викликає шкідливих наслідків, на відміну від штучної. Особливо загрозливим є надходження радіоактивних речовин в атмосферу внаслідок аварій атомних установок, оскільки радіоактивне опромінення скорочує життя людини, спричиняє пухлини кісток, лейкемію, розлад нервової системи, порушення генетичної основи організму. Проблемою є утилізація радіоактивних відходів. На сьогодні найоптимальнішим вважається захоронення радіоактивних відходів у покинутих соляних

шахтах або у спеціальних сховищах у товщі соляного шару, куди не проникає вода, але це не може гарантувати повної безпеки.

Забруднення повітря часто є локальним, однак воно перебуває в постійному русі і за відповідних метеорологічних умов забруднювачі переносяться на значні відстані, навіть з одного континенту на інший.

Нераціональна промислово-побутова діяльність нерідко призводить до локальних та регіональних екологічних криз (значне забруднення атмосферного повітря Донецького і Придністровського регіонів України, смоги (димові тумани) в Лос-Анджелесі, Нью-Йорку, Чикаго, Токіо, Мілані), у ній закорінені і глобальні екологічні проблеми, які тривожать усе людство: потепління клімату, кислотні опади, руйнування озонового екрана атмосфери та запустелювання.

Потепління клімату. Зміни клімату в історичній ретроспективі вивчають методом глибинного зондування вічних льодовиків. В Антарктиді його проводили до глибини 2 км, що охоплює останні 160 тис. років. Доведено, що протягом історії Землі клімат суттєво змінювався, але до початку розвитку людської цивілізації такі процеси були поступовими. Тільки у другій половині ХХ ст. клімат почав швидко трансформуватися внаслідок дії антропогенних чинників.

Потепління клімату зумовлене тепличним ефектом, який на 46% є результатом виробництва енергії (спалювання викопного палива з викидами в атмосферу вуглекислого газу), на 24% – забруднення атмосфери іншими хімічними речовинами, зокрема метаном, на 18% – вирубкою лісів та ерозією ґрунту, від чого знижується інтенсивність біологічного зв'язування вуглекислого газу, на 9% – інтенсифікацією сільського господарства, з якою пов'язане надходження до атмосфери підвищеної кількості оксидів азоту, на 3% – спалюванням сміття.

Вуглекислий газ, як й інші тепличні гази, має здатність утримувати теплове випромінювання біля поверхні планети, що зумовлює підвищення температури. Викиди його щороку зростають. Лише протягом 1950–1990 рр. кількість цього газу в атмосфері збільшилася на 30%. Неминучим наслідком збільшення викидів в атмосферу антропогенного вуглекислого газу є потепління клімату, оскільки океан не може поглинути весь газ. У другій половині ХХ ст. середньорічна температура повітря підвищувалася кожні 10 років на 0,3° С. За даними спеціалістів ООН, до 2100 р. ця температура зросте на 3° С.

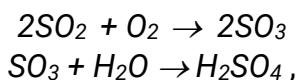
Потепління клімату може спричинити зміну режиму погоди на території великих регіонів планети, суттєво вплинути на сільськогосподарське виробництво. Внаслідок потепління почнеться танення льоду Антарктики, Арктики та високогір'їв, неминучим наслідком буде підвищення рівня Світового океану. За прогнозами, до

2100 р. його рівень підніметься приблизно на 65 см, а за деякими іншими даними – на 3,45 м, що може спричинити глобальну катастрофу.

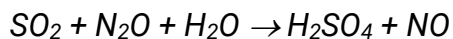
За підрахунками спеціалістів ООН, економічні збитки від майбутнього потепління клімату можуть бути оцінені в 10^{13} доларів. Людство не має таких ресурсів. Запобігти швидкому потеплінню клімату можна, передусім скоротивши викиди тепличних газів. На це орієнтує прийнята у 1988 р. Резолюція ООН «Охорона глобального клімату для сучасності та майбутніх поколінь людства».

Кислотні опади. Кислотними називають будь-які види опадів (дощ, сніг, туман), рН (від'ємний логарифм концентрації водневих іонів) яких нижче 7,0, тобто опади, які мають кислу реакцію. Реєструють динаміку кислотності атмосферної води за кислотністю льоду в Антарктиді, Гренландії та Альпах. У 20-ті роки XIX ст. рН дощової води була на рівні 7,0, тобто нейтральною. Кислотні дощі вперше зареєстровані в 1972 р. в англійському місті Манчестер. Основною причиною їх випадання було надходження до атмосфери оксидів азоту та сірки.

За наявності в повітрі оксиду азоту (IV) N_2O і водяної пари ультрафіолетове випромінювання Сонця зумовлює такі хімічні перетворення SO_2 :



а також



Натепер кислотні дощі випадають всюди. Високою кислотністю характеризуються опади в Західній Європі, на початку XXI ст. вона становила 3,8–6,8. Кислотні опади характерні і для України. У Черкаській області опади закислені азотною кислотою, в Сумській – сірчаною, в Рівненській – азотною, сірчаною. Україну забруднюють шкідливі речовини зі всіх країн Західної Європи, які надходять в Україну з масами атлантичного вологого повітря.

Кислотні дощі швидко закислюють воду в річках, озерах, ставках та інших континентальних водоймах. З бікарбонатної вона стає сульфатною, в ній збільшується кількість алюмінію та марганцю. У таких водоймах підвищена рухомість ртуті, міді та цинку. У водоймах із закисленою водою знижується видова різноманітність.

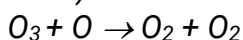
Від кислотних опадів передусім потерпають закриті водойми (озера та ставки), підвищується кислотність ґрунтів (у багатьох регіонах вона досягає рН 4,1–4,5). У таких ґрунтах зростає міграція свинцю, цинку, нікелю та міді. Це завдає збитків сільському господарству та природній рослинності. Кислі ґрунти потребують

вапнування, що впливає на вартість продукції. В Україні за останні 30 років площа кислих ґрунтів зростає на 30%.

Внаслідок кислотних опадів хвойні ліси в Європі висихають, потерпають культурні й архітектурні пам'ятки, швидко руйнується мармур, активно відбувається корозія металів.

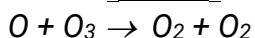
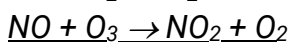
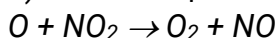
Руйнування озонового екрана атмосфери. Озоновий шар, який знаходиться в атмосфері на висоті 12–23 км, захищає поверхню планети від жорсткої ультрафіолетової радіації з довжиною хвилі 320–400 нм. Процес руйнування озону в атмосфері ініціюється різними речовинами. Як стверджують американські вчені, такими речовинами є хлор, бромпохідні (фреон), тетрахлорид вуглецю, метилхлороформ та ін.

Озон атмосфери руйнується в результаті природного розпаду (кисневий цикл, або цикл Чепмена):

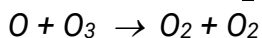
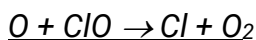
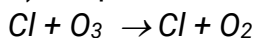


Ця реакція відбувається дуже повільно, але може прискорюватись за наявності з'єднань азоту, водню та хлору, які діють як каталізатори. Реакції азотного, водневого та хлорного циклів є такими:

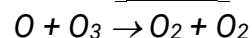
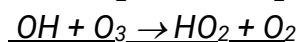
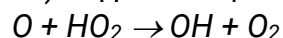
а) азотний цикл:



в) хлорний цикл:

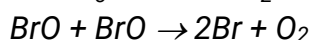
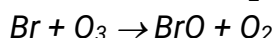
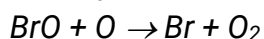
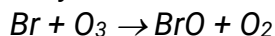


б) водневий цикл:

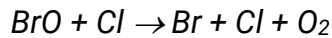
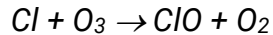
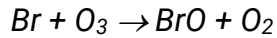


Найімовірніші вони на висоті 20–40 км. Концентрації каталізаторів в 1000 разів менші від концентрації озону, кількість циклів руйнування на одну молекулу каталізатора становить від 10^2 до 10^7 . Дія різних каталітичних циклів залежить від висоти (вище 35 км – хлорний цикл, нижче – азотний).

Ще ефективнішим каталізатором руйнування озону є бром, за участю якого можуть відбуватися такі цикли реакцій:



Один атом броду може зруйнувати десятки тисяч молекул озону. За наявності броду і хлору цикли мають такий характер:



На руйнування озону стратосфери певною мірою впливають викиди продуктів згорання палива космічної і ракетної техніки. Забруднюють високі шари атмосфери оксиди азоту сучасні надзвукові літаки.

Дослідження озонового шару почалися у 1930 р. Згодом вони були розширені, а для ведення спостережень була створена спеціальна мережа станцій ("мережа Добсона"). Вимірювання кількості стратосферного озону протягом 1980–1991 рр. з канадського супутника «Німбус-7» засвідчили, що швидкість руйнування озону становить 0,224% на рік. За оцінками НАСА (США), з 1978 по 1990 рік його кількість в озоновому екрані скоротилася на 45%. Через зменшення товщі озонового екрана та розриви в ньому зростає кількість ультрафіолетового випромінювання, що досягає поверхні Землі (за останні 10 років – на 10%, а в Антарктиді, де стійко зберігається озонова «діра», – на 40%). Невелику озонову діру виявлено у Північній півкулі над Шпіцбергенем. Її поява спричинила зростання ультрафіолетового фону на територіях, розташованих поблизу.

За даними «Грінпіс», зменшення товщі озонового шару на кожні 10% спричинює збільшення кількості випадків захворювання раком шкіри на 300 тис. випадків, є однією з причин захворювання катарактою очей. Підвищене ультрафіолетове опромінення знижує імунітет, через що стають частішими і важчими інфекційні захворювання людей та сільськогосподарських тварин.

В Україні стан озонового екрана над її територією контролюють 6 спеціальних станцій (у Києві, Одесі, Бориспіль, Богуславі, Львові та Феодосії). За їх даними, з 1980 р. озоновий екран над Україною стає менш потужним. Тому Україна приєдналася до Конвенції 1985 р. з охорони озонового екрана, зменшення кількості викидів і виробництва фреонів, інших речовин, що руйнують озон.

Запустелювання. Сутність цього явища полягає у виснаженні аридних та напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух. Запустелювання відбувається здебільшого в посушливих зонах. Воно проявляється в деградації природних біомів (сукупностей біоценозів, видів рослин і тварин однієї природної зони, для яких характерні певні типи структур угруповання, що є наслідком адаптації виду до умов середовища) і зниженні родючості ґрунтів. Території, які зазнали запустелювання, не здатні самовідновлюватися. Натепер

пустелі займають вже 4 млрд 616 млн га. Щорічно площа пустель зростає на 60 тис. кв. км.

Людство вперше зіткнулося з цим явищем на великих територіях в 1968–1973 рр., коли запустелювання південного району Сахари спричинило голод серед місцевого населення. Аналогічний процес відбувався і в районі Аральського моря. Аральська катастрофа завершилася аридизацією клімату на великій території. Наслідки її поширилися на південь від Аралу на 100–400 км. На віддалі до 250 км від Аралу рівень ґрунтової води знизився на 5 м. Ці масштабні регіональні катастрофи, як і немало інших, спричинені господарською діяльністю людини.

Отже, антропогенне забруднення атмосферного повітря порушує безпечну життєдіяльність людини, призводить до погіршення здоров'я людей, негативно впливає на стан біоценозів, зменшуючи їх продуктивність та породжуючи процеси деградації екологічних систем. Людство повинно докладати максимальних зусиль, щоб зупинити ці негативні процеси і не допустити виникнення нових.

3.2. Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря

Зростання антропогенного впливу на навколишнє середовище вимагає наявності різнопланової і детальної інформації про нього. Це дає змогу не тільки оцінити реальну ситуацію, а й спрогнозувати стан середовища у перспективі і налагодити раціональну систему природоохоронної діяльності, контролювання за станом екосистем.

Державний моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря (далі – моніторинг атмосферного повітря) здійснюється з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та проведення аналізу інформації про якість атмосферного повітря, оцінювання та прогнозування його змін і ступеня небезпечності, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря, у сфері охорони навколишнього природного середовища, а також інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення.

Організація спостережень передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як в самій атмосфері, так і між елементами системи «атмосфера—гідросфера—літосфера—біосфера». Для цієї діяльності необхідні:

- відомості про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням розвитку економічних районів);
- характеристика забруднюючих речовин (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до самоочищення);
- гідрометеорологічні дані;
- результати попередніх спостережень за забрудненням атмосфери (експедиційні дослідження);
- дані про рівні забруднення навколишнього природного середовища в сусідніх країнах;
- відомості про транскордонне перенесення шкідливих домішок.

Моніторинг атмосферного повітря є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища і здійснюється за показниками якості:

- атмосферного повітря;
- атмосферних опадів.

Суб'єктами моніторингу атмосферного повітря є: Міндовкілля, МОЗ, ДСНС, ДАЗВ, орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища, обласні, Київська міська держадміністрація, виконавчі органи міських рад.

– *Міндовкілля* здійснює загальну організацію та координацію суб'єктів моніторингу атмосферного повітря;

– *МОЗ* встановлює пункти спостережень та веде спостереження за рівнями забруднюючих речовин в:

– **атмосферному повітрі:**

1. Діоксидом сірки;
2. Діоксидом азоту та оксидом азоту;
3. Бензолом;
4. Оксидом вуглецю;
5. Свинцем;
6. Твердими частками (ТЧ₁₀) (тверді частки, що проходять через розмірно-селективний пробовідбірник з ефективністю затримання, що становить 50% при аеродинамічному діаметрі 10 мкм);
7. Твердими частками (ТЧ_{2,5}) (тверді частки, що проходять через розмірно-селективний пробовідбірник з ефективністю затримання, що становить 50% при аеродинамічному діаметрі 2,5 мкм);
8. Арсенієм;

9. Кадмієм;
10. Ртуттю;
11. Нікелем;
12. Бенз(а)піреном (для оцінки концентрації бенз(а)пірену на деяких пунктах спостережень, визначених у програмі державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря для кожної зони та агломерації проводиться оцінювання щодо інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів, перелік яких включає бенз(а)трацен, бензо(б)флуорантен, індено(1,2,3-сd)пірен, дибенз(а, h)антрацен);

13. Озоном.

– **атмосферних опадах:**

1. Йонами амонію;
2. Гідрокарбонат-йонами;
3. Йонами калію;
4. Йонами кальцію;
5. Загальною кислотністю;
6. Йонами магнію;
7. Йонами натрію;
8. Нітрат-йонами;
9. Сульфат-йонами;
10. Хлорид-йонами;
11. рН.

А також визначає можливі впливи забруднення атмосферного повітря на здоров'я та життєдіяльність населення на основі спостережень за рівнями забруднюючих речовин та результатів моніторингу атмосферного повітря, отриманих іншими суб'єктами моніторингу атмосферного повітря;

- *ДСНС* встановлює пункти спостережень та веде спостереження за рівнями забруднюючих речовин, показниками та складовими атмосферних опадів, наведених вище, на мережі спостережень національної гідрометеорологічної служби та забезпечує суб'єктів моніторингу атмосферного повітря гідрометеорологічними прогнозами;

- *ДАЗВ* встановлює пункти спостережень та веде спостереження за рівнями забруднюючих речовин, наведених вище, у зоні відчуження та зоні безумовного (обов'язкового) відселення території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи (у межах об'ємної активності радіонуклідів);

- *орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища* встановлює пункти спостережень та веде спостереження за рівнями забруднюючих

речовин, наведених вище, в межах території Автономної Республіки Крим;

- *обласні, Київська міська держадміністрація, виконавчі органи міських рад* встановлюють пункти спостережень та ведуть спостереження за рівнями забруднюючих речовин, наведених вище, в межах території відповідної зони або агломерації.

Відповідно до змін, внесених згідно з Постановою КМ № 1073 від 04.11.2020 до постанови Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 про Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря на території України, для цілей здійснення моніторингу атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря встановлюються такі зони:

1) Автономна Республіка Крим;

2) Вінницька;

3) Волинська;

4) Дніпропетровська;

5) Донецька;

6) Житомирська;

7) Закарпатська;

8) Запорізька;

9) Івано-Франківська;

10) Київська;

11) Кіровоградська;

12) Луганська;

13) Львівська;

14) Миколаївська;

15) Одеська;

16) Полтавська;

17) Рівненська;

18) Сумська;

19) Тернопільська;

20) Харківська;

21) Херсонська;

22) Хмельницька;

23) Черкаська;

24) Чернівецька;

25) Чернігівська.

Межі зон збігаються з межами відповідних адміністративно-територіальних одиниць. До складу зон не входять агломерації, що розташовані на їх території.

Агломерація – територія з населенням понад 250 тис. осіб, визначена для цілей моніторингу та управління якістю атмосферного повітря.

На території України для цілей здійснення моніторингу атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря встановлюються такі агломерації:

- 1) Вінниця;
- 2) Горлівка;
- 3) Дніпро;
- 4) Донецьк;
- 5) Житомир;
- 6) Запоріжжя;
- 7) Івано-Франківськ;
- 8) Київ;
- 9) Кривий Ріг;
- 10) Луганськ;
- 11) Львів;
- 12) Макіївка;
- 13) Маріуполь;
- 14) Миколаїв;
- 15) Одеса;
- 16) Полтава;
- 17) Севастополь;
- 18) Сімферополь;
- 19) Суми;
- 20) Харків;
- 21) Херсон;
- 22) Хмельницький;
- 23) Черкаси;
- 24) Чернівці;
- 25) Чернігів.

Межі агломерацій збігаються з межами відповідних міст.

Залежно від рівня забруднюючих речовин для всіх зон і агломерацій встановлюється режим оцінювання для кожної забруднюючої речовини, а саме для: 1) діоксиду сірки; 2) діоксиду азоту та оксиду азоту; 3) твердих часток (ТЧ₁₀/ТЧ_{2,5}); 4) свинцю; 5) бензолу; 6) оксиду вуглецю; 7) арсену; 8) кадмію; 9) нікелю; 10) бенз(а)пірену відповідно до таких критеріїв:

- режим фіксованих вимірювань застосовується, якщо рівень забруднюючої речовини перевищує верхній поріг оцінювання або довгострокові цілі для озону;

- режим комбінованого оцінювання застосовується, якщо рівень забруднюючих речовин є нижчим за верхній поріг оцінювання;
- режим моделювання або об'єктивного оцінювання застосовується, якщо рівень забруднюючих речовин є нижчим нижнього порогу оцінювання.

Фіксовані вимірювання – вимірювання, які проводяться на фіксованих пунктах спостережень за забрудненням атмосферного повітря на постійній основі або шляхом випадкової вибірки, для визначення рівнів забруднюючих речовин.

Індикативні вимірювання – вимірювання, які відповідають вимогам щодо якості даних, які є менш суворими, ніж вимоги до фіксованих вимірювань.

Верхній поріг оцінювання – рівень забруднюючої речовини, нижче якого для оцінювання якості атмосферного повітря використовується комбінація фіксованих вимірювань і методів моделювання або індикативних вимірювань.

Нижній поріг оцінювання – рівень забруднюючої речовини, нижче якого для оцінювання якості атмосферного повітря використовуються методи моделювання чи об'єктивної оцінки.

Довгострокова ціль – рівень озону (забруднюючої речовини), який повинен бути досягнутий у довгостроковій перспективі, з метою забезпечення ефективного захисту здоров'я людини та навколишнього природного середовища.

У зонах та агломераціях, в яких рівень забруднюючої речовини перевищує верхній поріг оцінювання або довгострокові цілі щодо озону, для оцінки якості атмосферного повітря застосовується режим фіксованих вимірювань. З метою отримання інформації щодо територіального розподілу рівнів забруднення атмосферного повітря фіксовані вимірювання доповнюють методами моделювання або індикативними вимірюваннями.

Якщо рівень забруднюючої речовини нижчий верхнього порогу оцінювання, для оцінки якості атмосферного повітря застосовується режим комбінації фіксованих вимірювань та методів моделювання або індикативних вимірювань.

У випадках, коли рівень забруднюючої речовини нижчий нижнього порогу оцінювання, для оцінки якості атмосферного повітря застосовується режим *моделювання або об'єктивного оцінювання*.

У зонах і агломераціях із різними режимами оцінювання забруднюючих речовин додатково проводяться вимірювання на ділянках сільської місцевості, що віддалені від значних джерел забруднення атмосферного повітря.

Порядок проведення оцінювання за кожним режимом встановлюється Міндовкіллям, який переглядається кожні п'ять років та визначається у програмі державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Перевищення верхнього та нижнього порогів оцінювання визначається на основі даних про рівні забруднюючих речовин за попередні п'ять років. Поріг оцінювання вважається перевищеним, якщо його було перевищено щонайменше протягом трьох років з п'яти.

У разі наявності даних менш як за п'ять років для визначення перевищення нижнього та верхнього порогів оцінювання можна комбінувати результати короткострокових вимірювальних заходів протягом одного року на ділянках, рівень забруднення яких зазвичай є найвищим, з даними з реєстру викидів та перенесення забруднюючих речовин відповідно до «Протоколу про реєстри викидів і перенесення забруднювачів», та застосовувати метод моделювання.

Комплекс завдань, пов'язаних зі збором інформації про рівні забруднення атмосферного повітря, виконує спеціальна служба моніторингу, яку формують система спостережень і система контролю.

Система спостережень забезпечує спостереження за якістю атмосферного повітря в містах, населених пунктах і територіях, розміщених поза зоною впливу конкретних джерел забруднення.

Система контролю здійснює спостереження і контроль за джерелами забруднення, викидами шкідливих речовин в атмосферу. З цією метою Міндовкілля організовує спостереження за джерелами промислових викидів в атмосферу та дотриманням норм граничнодопустимих викидів, контролює реалізацію заходів з охорони атмосферного повітря, дотримання відповідних вимог при розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в експлуатацію нових підприємств.

При організації спостережень за станом повітря використовують попередні дослідження, які передбачають обстеження території (метеорологічні умови, вміст забруднювачів) за допомогою пересувних лабораторій, що здійснюють відбір та аналіз проб з метою вивчення розміщення діючих джерел забруднення та перспектив розвитку промисловості. Після з'ясування наявного та перспективного

рівнів забруднення атмосферного повітря оцінюють зміни концентрації домішок у просторі й часі, розробляють схему розміщення постійних (стаціонарних) пунктів спостереження на території міста, програми їх роботи. Пункт спостережень може надавати інформацію про загальний стан повітряного басейну (якщо він знаходиться поза зоною впливу окремих джерел викидів) і контролювати джерела викидів (якщо він перебуває в зоні впливу джерел викидів). При їх розміщенні пріоритетними є житлові райони з найбільшою щільністю населення, де можливе перевищення встановлених порогових значень гігієнічних показників (ГДК). Робота пунктів спостережень повинна відповідати таким умовам:

1) обов'язковість відображення загального стану повітряного басейну і контроль за джерелами викиду;

2) необхідність здійснення спостережень за всіма домішками, концентрації яких перевищують ГДК;

3) обов'язковість визначення діоксиду сірки; діоксиду азоту та оксиду азоту; твердих часток ($ТЧ_{10}/ТЧ_{2,5}$); свинцю; бензолу; оксиду вуглецю; арсену; кадмію; нікелю; бенз(а)пірену.

Контроль за радіоактивним забрудненням атмосферного повітря здійснюється на фоновому рівні, а також у зонах впливу атомних електростанцій та інших джерел можливих викидів радіоактивних речовин. Під час контролю за радіоактивним забрудненням на фоновому рівні використовують фонові станції або спеціальні станції, встановлені на відстані 50–100 км від можливого джерела радіоактивного забруднення. Для моніторингу в радіусі до 25 км використовують мережу контролю і спеціальні пункти спостережень, де встановлюють датчики гама-випромінювання та пристрої для відбору проб і аналізу повітря. У межах санітарно-захисної зони (СЗЗ) утворюють пункти дистанційного контролю радіоактивного забруднення атмосферного повітря.

Моніторинг забруднення території на основі снігомірної зйомки (спостереження за забрудненням снігового покриву) забезпечує контроль за рівнем забруднення атмосферного повітря в чистих (фонових) районах, містах та інших населених пунктах.

Важливими методами контролювання транскордонного перенесення глобальних потоків домішок на великі відстані від місця викиду є система наземних та авіаційних станцій, а також математичні моделі поширення забруднюючих речовин в повітрі. Мережа станцій транскордонного перенесення обладнана системами відбору газу та аерозолів, збору сухих осідань і опадів, аналізу вмісту домішок у відібраних пробах. Інформація надходить у Західно- та Східноєвропейський метеорологічні синтезуючі центри. За ступенем

оперативності її поділяють на такі види:

- *екстрена інформація* (містить відомості про різкі зміни рівнів забруднення атмосферного повітря, негайно передається в контролюючі та господарські організації);

- *оперативна інформація* (містить узагальнені результати спостережень за місяць);

- *режимна інформація* (містить дані про середній та найбільший рівні забруднення повітря протягом тривалого часу (як правило, за рік), використовується при плануванні заходів, оцінюванні збитків від забруднення атмосферного повітря).

Для забезпечення ефективності заходів з охорони повітря інформація повинна бути повною і достовірною. Повноту інформації забезпечують достатня кількість контрольованих інгредієнтів, тривалий термін спостережень, раціональне розміщення мережі; достовірність інформації досягається неухильним дотриманням нормативних вимог. Значною мірою достовірність залежить від однорідності інформації.

Отже, результатом здійснення моніторингу атмосферного повітря повинні бути:

- дані спостережень, які одержують суб'єкти моніторингу атмосферного повітря;

- узагальнені дані про якість атмосферного повітря, що стосуються певного проміжку часу та/або певної території;

- оцінка стану атмосферного повітря та атмосферних опадів;

- прогнози стану атмосферного повітря і його змін;

- інформація про вплив рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на життя та здоров'я населення.

Суб'єкти моніторингу атмосферного повітря зобов'язані безстроково зберігати дані спостережень, отримані у результаті здійснення моніторингу атмосферного повітря, забезпечувати обмін результатами на безоплатній основі, а також надавати ретроспективні данні за результатами раніше проведених моніторингових робіт. Інформація, отримана та оброблена суб'єктами моніторингу атмосферного повітря, є офіційною.

3.3. Пункти спостережень за забрудненням атмосферного повітря, умови їх розміщення, програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря

Світові міжнародні і регіональні системи спостережень і контролю за забрудненням атмосферного повітря розвинутих країн організовані відповідно до рекомендацій ООН, які були розроблені при створенні програм моніторингу. Спостереження за станом атмосферного повітря проводять з 70-х років ХХ ст. Системи моніторингу атмосферного повітря різних країн, як правило, відстежують якість повітря та його зміни в критичних аварійних ситуаціях. Перелік забруднюючих речовин, за якими варто здійснювати спостереження, кожна країна визначає самостійно.

Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (1992 р.) значно розширив функції служб спостереження та контролю за забрудненням атмосфери, які в своїй практиці використовують розрахункові і експериментальні (регулярні спостереження за концентраціями забруднюючих речовин) методи. На основі теоретичних та експериментальних досліджень поширення домішок в атмосфері вироблено основні принципи організації мережі спостережень, лабораторного (хімічного) аналізу проб повітря, збирання, оброблення та узагальнення інформації про забруднення.

Інформацію про вміст забруднюючих речовин у повітрі надає мережа служби моніторингу. Діюча в Україні мережа охоплює пункти ручного відбору проб повітря й автоматизовані системи спостережень та контролю оточуючого середовища. Пункти спостережень за забрудненнями можуть бути стаціонарними, маршрутними та пересувними (підфакельними). З пунктів ручного відбору проби для аналізу передають в хімічні лабораторії. Стаціонарні – обладнані пристроями для безперервного відбору та аналізу проб повітря в заданому режимі і передавання інформації каналами зв'язку в центр управління.

Раціонально організована система спостережень та контролю за станом атмосферного повітря дає змогу отримати необхідну інформацію про якісний склад повітря в населених пунктах і зонах впливу джерел викидів, про транскордонні перенесення забруднюючих речовин, виявити території, для яких характерні перевищення ГДК забруднюючих речовин. Наявність достовірних і

комплексних даних спостережень є необхідною передумовою для розроблення рекомендацій щодо поліпшення його стану.

Якість повітря в населених пунктах контролюють пункти спостереження. Відповідно до наказу № 300 МВС України від 21.04.2021 р. (набрав чинності 28.05.2021 р.) «Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях»:

Пункт спостережень за забрудненням атмосферного повітря (далі – пункт спостережень) – комплекс, що включає фіксовану ділянку з встановленими засобами вимірювальної техніки та обладнанням, яке забезпечує автоматичну реєстрацію рівня забруднюючих речовин та метеорологічних параметрів або регулярний відбір проб атмосферного повітря для їх подальшого аналізу.

Під час вибору ділянок під пункти спостережень необхідно враховувати:

- інформацію про джерела забруднення та їх викиди;
- топографічні та метеорологічні дані, що можуть впливати на особливості розсіювання забруднюючих речовин;
- статистичні відомості про щільність населення, інтенсивність найближчих транспортних потоків.

У разі відсутності на території зони/агломерації даних попереднього моніторингу для визначення місця розміщення пункту спостережень проводяться скринінгові дослідження для отримання інформації про стан забруднення оточуючого середовища на даній території за допомогою пересувних лабораторій моніторингу та за результатами розрахунків полів розсіювання максимальних концентрацій забруднюючих речовин (метод моделювання).

Пункти спостережень розміщуються на відкритій, провітрюваній з усіх боків ділянці та поділяються на:

- **міський фоновий** – розміщений на території міста, де існує вплив забруднюючих речовин на загальну частину міського населення, наприклад, міські житлові райони;
- **промисловий** – розміщений у зоні впливу промислового об'єкта або підприємства;
- **транспортно-орієнтований** – розміщений поблизу автомобільних магістралей для визначення рівня забрудненості повітря від викидів автотранспорту;
- **приміський** – розміщений у передмістях агломерацій або промислових міст;

➤ *сільський* – розміщений у сільській місцевості (неурбанізовані території) не ближче ніж за 5 км від агломерації або промислових міст.

Пункти спостережень, призначені для отримання інформації про вплив забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на життя та здоров'я населення і повинні характеризувати якість атмосферного повітря:

- на відрізку вулиці довжиною не менше ніж 100 м (на вміст діоксиду сірки, діоксиду азоту та оксидів азоту, твердих часток (ТЧ₁₀ і ТЧ_{2,5}), свинцю, бензолу і оксиду вуглецю) та прилеглих територіях площею не менше 200 м² (на вміст арсену, кадмію, ртуті, нікелю, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (бенз(а)пірену) на транспортно-орієнтованих ділянках;

- промислових ділянок розміром не менше 250×250 м;

- території міської забудови площею декілька км².

Для оцінювання фонового рівня забруднення атмосферного повітря пункт спостережень розміщується в сільській місцевості не ближче ніж за 5 км від агломерації або промислових ділянок.

Для отримання інформації про вплив рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на природні екосистеми, зокрема рослинність, пункти спостережень розміщуються на відстані:

- більше ніж 20 км від агломерацій;

- більше ніж 5 км від зон забудови, промислових підприємств, автострад або головних доріг з рухом більше ніж 50 000 транспортних засобів на день.

Пункт спостережень розміщується таким чином, щоб відібрана проба повітря була репрезентативною щодо якості повітря на прилеглій території площею 1000 км².

Для вимірювання концентрації озону пункти спостережень розміщуються відповідно до таких умов:

- міський пункт спостережень для отримання інформації про вплив озону на міське населення розміщується в житлових районах, парках (на відстані від дерев), на великих вулицях або майданах, де рух транспорту незначний або відсутній;

- приміський пункт спостережень для отримання інформації про вплив озону на населення та природні екосистеми, які знаходяться в передмістях агломерацій, розміщується на відстані від району максимальних викидів, за вітром відносно головного напрямку вітру під час умов, які сприяють формуванню озону, та де населення або природні екосистеми знаходяться під впливом агломерації;

- сільський пункт спостережень для отримання інформації про вплив озону на населення та природні екосистеми розміщується в невеликих населених пунктах із природними екосистемами, лісами або

насадженнями, на відкритих ділянках місцевості якнайдалі від впливу таких безпосередніх місцевих викидів, як промислові об'єкти та дороги.

Місця розміщення пунктів спостережень повинні бути репрезентативні для подібних ділянок, які не знаходяться безпосередньо поблизу них. Конкретне місце взяття проб на транспортно-орієнтованій ділянці вважається репрезентативним для інших місць, які мають схоже планування, інтенсивність руху тощо.

Для відбору проб повітря на досліджуваній території розміщують стаціонарні, маршрутні (індикативні), пересувні (підфакельні) пункти спостережень.

Стаціонарний пункт спостереження призначений для регулярного відбору проб повітря з метою подальшого лабораторного аналізу, безперервного реєстрування вмісту забруднюючих речовин автоматичними газоаналізаторами. Мережа стаціонарних пунктів обладнана комплектом приладів та обладнання для відбору проб повітря і вимірювання метеорологічних параметрів: температури, вологості, атмосферного тиску повітря, швидкості та напрямку вітру.

Серед стаціонарних пунктів виокремлюють *опорні* стаціонарні пункти (призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних або найбільш поширених забруднюючих речовин) та *неопорні* стаціонарні пункти (призначені для спостережень за спеціальними шкідливими речовинами, що характерні для контрольованої місцевості).

Кількість стаціонарних пунктів визначають залежно від чисельності населення, рельєфу місцевості, особливостей промисловості, змін концентрацій забруднюючих речовин. Мінімальну кількість пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях, де фіксовані вимірювання вмісту забруднюючих речовин є єдиним джерелом інформації для оцінювання якості атмосферного повітря, наведено у табл. 3.3.

Стаціонарні пункти спостережень можуть встановлюватись в житловій, промисловій, змішаній зонах та біля автомагістралей.

Таблиця 3.3

Мінімальна кількість пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях, де фіксовані вимірювання вмісту забруднюючих речовин є єдиним джерелом інформації для оцінювання якості атмосферного повітря

Населення агломерації чи зони (тисяч чоловік)	Якщо максимальні концентрації перевищують верхній поріг оцінювання				Якщо рівень максимальних концентрацій знаходиться між верхнім та нижнім порогами оцінювання				Мінімальна кількість пунктів спостережень для фіксованого вимірювання концентрацій озону		
	Забруднююча речовина, за винятком ТЧ	ТЧ (ТЧ ₁₀ + ТЧ _{2,5})	As, Cd, Ni	бенз(а) пірен	Забруднююча речовина, за винятком ТЧ	ТЧ (ТЧ ₁₀ + ТЧ _{2,5})	As, Cd, Ni	бенз(а) пірен	агломерації (міські та приміські)	інші зони (приміські та сільські)	сільські околиці
0–249	1	2	1	1	1	1	1	1		1	1 пункт на 50000 км ² як середня щільність по всіх зонах та 1 пункт на 25000 км ² для умов складного рельєфу
250–499	2	3			1	2					
500–749	2	3			1	2					
750–999	3	4	2	2	1	2	1	1	2	2	
1000–1499	4	6			2	3					
1500–1999	5	7			2	3					
2000–2749	6	8	2	3	3	4	1	1	4	5	
2750–3749	7	10			3	4			5	6	
3750–4749	8	11	3	4	3	6	2	2	один додатковий пункт на 2 млн мешканців	один додатковий пункт на 2 млн мешканців	
4750–5999	9	13	4	5	4	6	2	2			
>6000	10	15	5	5	4	7	2	2			

Маршрутний пункт спостереження призначений для регулярного відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості за допомогою спеціально обладнаної автолабораторії. Маршрут щомісячно змінюється з таким розрахунком, щоб відбір проб повітря проводився в різний час доби. Розміщення маршрутних пунктів повинно бути таким, щоб виявляти максимальні концентрації забруднюючих речовин, які формуються джерелом викиду. Визначаючи місця відбору проб, беруть до уваги висоту джерела викиду (H) і максимально можливу зону забруднення ним атмосферного повітря (R), яка дорівнює $20H$. Складають схему, центром якої є джерело викиду, навколо котрого будують кола з радіусами $0,5 R$; $1 R$; $1,5 R$ ($R=20H$, H – висота джерела викиду). У точках перетину кіл з проведеними з центра лініями, що позначають сторони світу, відбирають проби повітря.

Пересувний (підфакельний) пункт використовують для відбору проб під димовим факелом з метою виявлення зони його впливу. Ці місця обирають з урахуванням закономірностей поширення забруднюючих речовин в атмосфері. Проби відбирають за переважаючим напрямком вітру на відстанях: $0,2$; $0,5$; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 15 ; 20 км від джерела забруднення. Допоміжні точки встановлюють: у зоні формування максимальної концентрації, на межі санітарної захисної зони ($C33$), на відстані $C33+200$ м. На кожному колі по обидві сторони від осі факелу на відстані $1/25 R$ встановлюють ще по дві точки відбору проб. У зоні максимального забруднення відбирають не менше 60 проб повітря, а в інших зонах – до 25 на висоті $1,5$ м від поверхні землі протягом $20-30$ хв, не менше як у трьох точках одночасно.

Залежно від виду пунктів спостережень та їх завдань визначають програми і терміни спостережень. На стаціонарних пунктах спостереження за забрудненням атмосферного повітря та метеорологічними параметрами проводять 4 рази на добу (о 01.00 , 07.00 , 13.00 та 19.00 год) протягом року, незалежно від погодних умов. За несприятливих погодних умов відбір проб повітря на всіх пунктах повинен проводитись через кожні 3 години.

Під час відбору проб атмосферного повітря дотримуються таких вимог щодо розміщення пунктів спостережень:

- потік атмосферного повітря навколо вхідного отвору зонду для відбору проб необмежений, будь-які перешкоди, що впливають на нього під час відбору проби, відсутні;
- вхідний отвір зонду розміщується на відстані декількох метрів від будинків, балконів, дерев та інших перешкод і на відстані не менше $0,5$ м від найближчої будівлі в разі відбору проб, що характеризують якість повітря на лінії забудови;

➤ вхідний отвір зонду для відбору проб знаходиться на висоті від 1,5 м (зона дихання) до 4 м від землі. Для отримання інформації щодо якості повітря на території більшої площі висота розміщення зонду збільшується;

➤ вхідний отвір зонду для відбору проб не розміщується біля джерела викидів забруднюючих речовин з метою уникнення прямого попадання викидів, не змішаних з атмосферним повітрям;

➤ випускний отвір зонду для відбору проб розміщується так, щоб уникнути рециркуляції відпрацьованого повітря до вхідного отвору зонду;

➤ транспортно-орієнтовані пункти спостережень розміщуються на відстані не менше ніж 25 м від перехрестя головних автомагістралей і не менше ніж 4 м від центру найближчої смуги руху транспортних засобів;

➤ пункти для вимірювання концентрацій озону розміщуються якнайдалі від джерел викидів та на відстані не ближче ніж 10 м від найближчої смуги руху транспортних засобів.

Під час розміщення пунктів спостережень дотримуються таких вимог, як: доступність та відкритість ділянки, територіальне планування, наявність електроенергії і телефонних комунікацій, безпека населення, захист обладнання від пошкодження.

Кожному пункту спостережень орган управління якістю атмосферного повітря відповідної зони або агломерації присвоює позначення (код). Позначення пункту спостережень складається з аббревіатури назви України (UA) та семи символів – серійного номера:

- 1 (позначення зони) або 2 (позначення агломерації);

- номер зони/агломерації згідно постанови Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» (два знаки 01...99);

- порядковий номер пункту зони / агломерації (два знаки 01...99);

- тип пункту спостережень:

1 – промисловий;

2 – міський фоновий;

3 – транспортно-орієнтований;

4 – приміський;

5 – сільський;

- тип мережі спостережень:

1 – державна (МОЗ, ДСНС, ДАЗВ);

2 – муніципальна (орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища, обласні, міські держадміністрації, виконавчі органи міських рад);

3 – відомча (підприємства, установи, організації).

У разі закриття, перенесення пункту спостережень в інше місце йому присвоюється новий код, який не співпадає з попереднім. Обов'язковою умовою є збереження відповідних кодів кожного пункту.

Назвою пункту спостережень, яка використовується для підготовки звітності та інформації на місцевому, обласному, регіональному та національному рівнях, є його орієнтовна адреса.

Мережа спостережень за станом атмосферного повітря дає змогу контролювати забруднення повітря в населених пунктах, виявляти вплив джерел забруднення на певні території та викиди стаціонарних джерел забруднення. За допомогою системи пунктів спостереження встановлюють динаміку забруднення атмосфери, виявляють території, де зростає вміст забруднюючих речовин у повітрі, визначають небезпечні джерела викидів.

Для забезпечення інформаційної взаємодії між суб'єктами моніторингу атмосферного повітря та оперативного оприлюднення результатів моніторингу атмосферного повітря створюється інформаційно-аналітична система даних про якість атмосферного повітря у порядку, що встановлюється Міндовкіллям. Створення та функціонування такої системи даних забезпечують: Міндовкілля – на загальнодержавному рівні, органи управління якістю атмосферного повітря – на рівні зон та агломерацій.

Суб'єкти моніторингу атмосферного повітря оприлюднюють дані про якість атмосферного повітря з такою періодичністю:

- інформацію про концентрації в атмосферному повітрі діоксиду сірки, діоксиду азоту, твердих часток (ТЧ₁₀, ТЧ_{2,5}), озону і оксиду вуглецю – щодня, а за можливості – щогодини;

- аналітичні дані щодо стану та оцінки якості атмосферного повітря, прогнози стану атмосферного повітря і його змін – щодня;

- у разі перевищення будь-якого з порогів небезпеки – про місцевість, в якій зафіксовано перевищення, час початку і тривалість перевищення, найвищу концентрацію за одну годину, найвищу середню концентрацію озону за вісім годин – в найкоротший строк з моменту отримання такої інформації;

- у випадку виявлення концентрацій ртуті в атмосферному повітрі – в найкоротший термін з моменту отримання такої інформації;

- інформацію про рівні в атмосферному повітрі свинцю і бензолу – щомісяця;

- інформацію про рівні в атмосферному повітрі миш'яку, кадмію, нікелю, бенз(а)пірену – щороку;

- інформацію про вплив рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на життя та здоров'я населення, зокрема

інформацію щодо впливу на здоров'я населення перевищень граничних величин, цільових показників, інформаційного порогу, порогів небезпеки і рекомендованої для населення поведінки – щороку.

Органи управління якістю атмосферного повітря та Міндовкілля забезпечують доступ до результатів моніторингу атмосферного повітря органам виконавчої влади, що здійснюють державний контроль у галузі охорони атмосферного повітря та контроль за дотриманням гігієнічних вимог до атмосферного повітря.

Для здійснення моніторингу атмосферного повітря для кожної зони та агломерації затверджується програма державного моніторингу за формою, що встановлює Міндовкілля.

Програми для зон та агломерацій розробляють органи управління якістю атмосферного повітря і подають їх для розгляду та надання висновків комісіям з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря у відповідних зонах та агломераціях. До 1 жовтня останнього року дії чинних програм органи управління якістю атмосферного повітря подають для погодження Міндовкіллю розроблені програми разом з висновком комісії з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря відповідної зони або агломерації.

Міндовкілля у тижневий строк подає програми Міжвідомчій комісії з питань здійснення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря для розгляду та надання висновку щодо їх відповідності законодавству про охорону атмосферного повітря та єдиним методичним вимогам у сфері державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. У тримісячний строк погоджує програми або надає рекомендації щодо приведення їх у відповідність із законодавством про охорону атмосферного повітря та єдиними методичними вимогами у сфері державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Після опрацювання рекомендацій Міндовкілля органи управління якістю атмосферного повітря подають програми Міндовкіллю на повторне погодження. Після отримання погодження Міндовкілля програми подаються на затвердження.

Програма розробляється строком на п'ять років і повинна включати:

- інформацію про органи управління якістю атмосферного повітря, що розробили програму;
- інформацію про мережу спостережень за якістю атмосферного повітря та лабораторії, що наявні у відповідній зоні або агломерації,

зокрема: перелік пунктів спостережень, їх адреси та географічні координати, карти із схемою розміщення пунктів спостережень, адреси наявних лабораторій спостереження за станом атмосферного повітря, інформацію про показники, аналіз яких проводиться лабораторіями та застосовувані методи аналізу, інформацію про суб'єктів моніторингу атмосферного повітря, що здійснюють спостереження за якістю атмосферного повітря на відповідних пунктах спостережень;

- перелік забруднюючих речовин, оцінювання яких здійснюється на пунктах спостережень у відповідній зоні або агломерації, методи, що застосовується для вимірювання, обчислення, прогнозування чи оцінки рівня забруднюючих речовин на пунктах спостережень та встановлений режим оцінювання (дані, на основі яких було встановлено режим оцінювання);

- інформацію про заплановані заходи щодо встановлення пунктів спостережень та/або вдосконалення наявних мереж спостереження за якістю атмосферного повітря, створення та/або вдосконалення лабораторій спостереження за станом атмосферного повітря, зокрема перелік пунктів спостережень, запланованих до встановлення, їх адреси та координати, карти із схемою розміщення пунктів спостережень, інформацію про суб'єктів моніторингу атмосферного повітря, що планують встановлення пунктів спостережень та/або створення лабораторій спостереження за станом атмосферного повітря;

- етапи, механізм та строки виконання запланованих заходів.

Орган управління якістю атмосферного повітря відповідної зони або агломерації забезпечує оприлюднення програми на офіційному веб-сайті міської ради, обласної, Київської міської держадміністрацій та органу виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища протягом п'яти робочих днів з моменту її затвердження.

Якщо суб'єктами моніторингу атмосферного повітря заплановано додаткові заходи щодо встановлення пунктів спостережень та/або вдосконалення наявних мереж спостереження за якістю атмосферного повітря, створення та/або вдосконалення лабораторій спостереження за станом атмосферного повітря після затвердження програми, органи управління якістю атмосферного повітря вносять зміни до програми за поданням таких суб'єктів. Органи управління якістю атмосферного повітря затверджують зміни до програми щодо запланованих заходів після їх погодження з Міндовкіллям.

Фінансування моніторингу атмосферного повітря здійснюється за рахунок коштів державного і місцевих бюджетів, підприємств, установ,

організацій, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря, що здійснюють спостереження за станом атмосферного повітря, а також інших джерел, не заборонених законодавством.

Загальна координація та організація моніторингу атмосферного повітря здійснюється Міндовкіллям.

У 2016 році Україна ратифікувала Київський протокол Орхуської Конвенції, який зобов'язує вести відкриту екологічну політику, взаємодіяти з громадянами та залучати їх до вирішення екологічних питань. З жовтня 2021 р. в Україні запрацював Національний реєстр викидів і перенесення забруднювачів (НРВПЗ), створення якого було однією з висунутих міжнародним документом умов. Ознайомитися з даними реєстру можна на сайті <https://map.mepr.gov.ua/>. «ЕкоСистема» – національна платформа, де зібрано всі адміністративні екопослуги для бізнесу і вся екологічна інформація для громадян. На карту України нанесено всі 4000 підприємств-забруднювачів, інформація щодо яких міститься в НРВПЗ (рис. 3.2). На базі сервісу оприлюднено 63 набори відкритих екологічних даних. З кожним роком ця кідбкість буде збільшуватися.

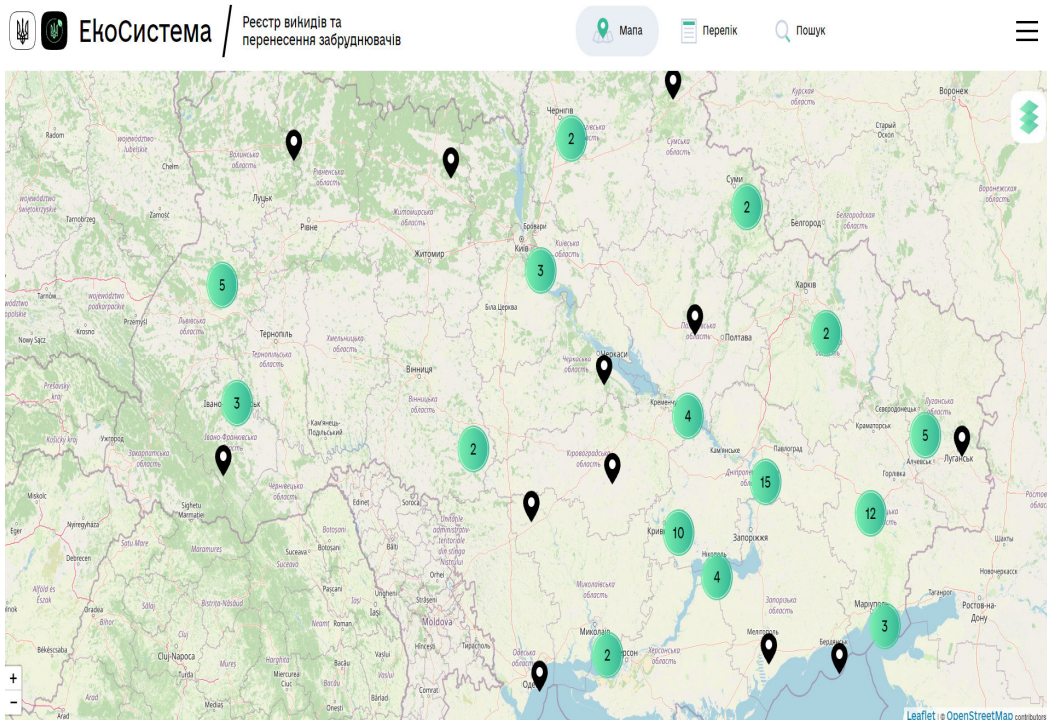


Рис. 3.2. Реєстр викидів та перенесення забруднювачів

3.4. Методи оцінювання забруднення атмосферного повітря, прилади і способи відбору проб

Головною метою аналізу забруднення повітря є отримання інформації про якісний та кількісний його склад, необхідної для прогнозування рівнів забруднення, оцінювання фактичного стану, реалізації заходів щодо охорони повітряного басейну.

Методи оцінювання забруднення атмосферного повітря

Аналіз забруднення повітряного середовища є чи не найскладнішим завданням аналітичної хімії, оскільки повітря є рухомою системою, склад якої постійно змінюється, а одна проба може одночасно містити десятки, сотні органічних та неорганічних сполук. Крім того, концентрація токсичних речовин в атмосфері може бути мізерно малою (10^{-4} – $10^{-7}\%$ і нижче).

Для оцінювання забруднення повітря використовують лабораторні (характеризуються високою точністю і є незамінними для поглиблених досліджень); експресні (передбачають використання універсальних газоаналізаторів); автоматичні (забезпечують безперервний контроль забруднення атмосферного повітря) методи.

Лабораторні дослідження проводять з використанням хроматографічних, мас-спектрального, спектрального, електрохімічного методів аналізу забруднення атмосферного повітря.

Хроматографічні методи аналізу забруднення атмосферного повітря. Їх сутність полягає в розподілі, якісному виявленні та кількісному визначенні компонентів повітряної суміші за допомогою спеціальних пристроїв – хроматографів. Найефективніші вони за необхідності визначення складних домішок у повітряних пробах. Цю групу методів (залежно від мети визначення певних домішок) утворюють:

- *газова хроматографія* (метод дослідження мікродомішок летких органічних сполук);

- *рідинна хроматографія* (метод, ефективний при аналізуванні проб повітря, забрудненого домішками токсичних органічних сполук (поліциклічних ароматичних вуглеводів, пестицидів та ін.) різних концентрацій);

- *йонно-рідинна хроматографія* (метод визначення мікродомішок, здатних до вступу в реакції органічних та неорганічних сполук);

- *полуменево-йонізаційний метод*, (за його допомогою визначають сумарну кількість вуглеводнів).

Мас-спектральний метод аналізу забруднення атмосферного повітря дозволяє проводити кількісний та якісний аналіз усіх сполук, які є в пробі. Цей метод полягає в йонізації газоадібної проби шляхом електронного бомбардування, після чого йони піддають дії магнітного поля. Залежно від маси і заряду йона відхилення проходить з різною швидкістю і за різними траєкторіями, що дає змогу визначити всі наявні сполуки та їх концентрації в пробі.

Спектральні методи аналізу забруднення атмосферного повітря є найефективнішими при дослідженні якісного та кількісного складу забрудненого повітря. Їх сутність полягає у визначенні складу та будови речовини за її спектром, який впорядкований за довжиною хвилі електромагнітним випромінюванням. Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини, її будову (атомно-емісійний спектральний аналіз), визначити концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання (атомно-абсорбційний спектральний аналіз).

Одним з найдоступніших спектральних методів аналізу повітря є *колориметрія*, яка полягає у вимірюванні послаблення світлового потоку внаслідок вибіркового поглинання світла речовиною у видимій ділянці спектру. Інгрєдєнт, що визначається, переводять у зафарбовану сполуку за допомогою специфічної хімічної реакції, потім визначають інтенсивність кольору розчину. Якщо речовина поглинає у видимій ділянці спектра, термін аналізу зменшується, оскільки зникає необхідність отримання зафарбованого розчину.

Активно використовуються і стрічкові фотоколориметричні газоаналізатори, в яких взаємодія речовини, що визначається, і реагенту відбувається на паперових, тканинних або полімерних стрічках. Стрічкові аналізатори, порівняно з рідинними, чутливіші, простіші в роботі, не вимагають часу на попереднє приготування розчину.

До спектральних методів відноситься також ультрафіолетова (УФ) та інфрачервона (ІЧ) спектроскопія. В УФ-ділянці найчастіше аналізують ароматичні сполуки, неорганічні речовини (SO₂, NO₂, Hg). Порівняно з колориметрією цей метод чутливіший, але недостатньо селективний, оскільки багато органічних з'єднань мають в УФ-ділянці спектра широкі смуги поглинання, які можуть перериватися. Це знижує точність вимірювань, а іноді унеможлиблює аналіз багатоконпонентних сумішей. Метод ІЧ-спектроскопії забезпечує

ідентифікацію і кількісне визначення промислових забруднень органічного та неорганічного походження.

Особливо чутливим щодо визначення невеликих слідів органічних і неорганічних домішок у повітрі є *люмінесцентний метод* аналізу, який ґрунтується на принципі збудження молекул SO_2 , NO_2 , Cl_2 випроміненням з довжиною хвилі, характерною для поглинання цих сполук у видимій та УФ-ділянках спектра. Збуджують флюоресценцію лазерами та високоінтенсивними газорозрядними лампами, а довжину хвилі вимірюють світлофільтрами.

З появою ядерних джерел випромінювання, наділених монохроматичністю, високою спектральною потужністю та напрямком випромінення, поширилися активні методи зондування атмосфери у горизонтальному напрямку – до декількох десятків кілометрів у видимому, УФ- та ІЧ-діапазоні електромагнітного спектра.

Електрохімічні методи аналізу забруднення атмосферного повітря. Ці методи широко застосовують при систематичному контролюванні стану забруднення атмосферного повітря і повітря робочих зон, в лабораторіях АЕС та лабораторіях мережі спостережень ДСНС України.

Найпоширеніші в аналізі атмосферних забруднень кондуктометричні та кулонометричні методи. Сутність *кондуктометричного методу* полягає у вимірюванні електропровідності аналізованого розчину, яка забезпечується йонами речовин, здатними дисоціювати в певних умовах, і залежить від концентрації йонів у розчині та їх рухомості. Кондуктометричний метод не вимагає використання складної апаратури, є високочутливим, швидкодіючим, виконується компактною апаратурою.

Кулонометрія є безеталонним електрохімічним методом порівняно високої точності і чутливості. Вона полягає у визначенні електричного заряду, необхідного для здійснення електрохімічного процесу виділення на електроді або створення в електроліті речовини, за якою аналізують досліджувану пробу.

Широкий спектр методів оцінювання забруднень атмосфери є запорукою того, що можна з високою точністю з'ясувати якісні та кількісні характеристики речовин і сумішей, наявних у повітрі.

Методи відбору проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу

Одним з основних елементів аналізу якості атмосферного повітря є відбір проб. Важливість його зумовлюється тим, що за неправильного відбору проб результати найретельнішого аналізу

втрачають сенс. Проби повітря відбирають аспіраційним способом (пропускаючи повітря через поглинальний прилад з визначеною швидкістю) і способом заповнення посудин обмеженого об'єму. Для дослідження газоподібних домішок придатні обидва способи, а для дослідження аерозольних домішок і пилу – лише аспіраційний.

Аспіраційний спосіб відбору проб повітря. У результаті пропускання повітря через поглинальний прилад відбувається концентрування аналізованої речовини в поглинальному середовищі. Для визначення концентрації речовини витрата повітря повинна становити десятки і сотні літрів за хвилину. Проби поділяють на разові (період відбору 20–30 хв) та середньодобові (не менше 4 разових проб, через однакові проміжки часу протягом доби о 01, 07, 13 та 19 год). Найкращим способом отримання середньодобових значень є безперервний відбір проб повітря протягом 24 годин. Для їх відбору використовують електроаспіратори, пилососи та інші прилади і пристрої, які пропускають повітря, а також прилади, які реєструють його об'єм (реометри, ротаметри та ін.).

На стаціонарних пунктах системи відбору проб повітря забезпечують їх разовий відбір для дослідження газових домішок, сажі, пилу та аерозолів. Система відбору проб повітря для аналізу газових домішок і сажі складається з повітропроводу, обладнаного нагрівальним пристроєм з терморегулятором, поглинальних приладів та електроаспіраторів.

Система відбору проб повітря для дослідження пилу утворюється з трубки, яка обладнана фільтрами, та гнучкого шланга, котрий підключають до повітряпроводу. За нестаціонарних умов використовують аспірацію повітря за допомогою двигуна внутрішнього згорання або пилососа, підключеного до стаціонарного джерела зі струмом.

Важливим елементом системи пробовідбору є поглинальні пристрої, призначені для вбирання газоподібних речовин, аерозолів і пилу.

Відбір проб повітря способом заповнення посудин обмеженого об'єму. Використання цього способу зумовлено значною агресивністю хімічних речовин, які вловлюють з повітря поглинальні пристрої. Звичайні скляні ємкості найчастіше використовують при відборі проб повітря для визначення оксиду вуглецю та інших газових домішок. Скляний посуд заповнюють аналізованим повітрям шляхом продування через посудину його 10-кратного об'єму, після чого посудину закривають; за допомогою вакуумного заповнення (з герметично закритих посудин повітря відкачується, їх відкривають у місці відбору проби і потім знов закривають); способом заміщення

попередньо залитої в посудину інертної рідини повітрям (після того, як рідина вилася, посудину закривають).

При відборі разових проб повітря для визначення діоксиду сірки використовують прилад Ріхтера і сорбційну трубку; при відборі діоксиду азоту – U-подібну трубку і сорбційну трубку. Під час відбору проб необхідно уникати потрапляння світла на поглинальний прилад. Термін збереження проб, відібраних в U-подібну трубку, становить не більше 3 діб, а в сорбційні трубки – тиждень. За необхідності отримання інформації про наявність у повітрі окремо діоксиду і оксиду азоту між двома поглиначами (U-подібні або сорбційні трубки) встановлюють U-подібну трубку з окислювачем.

Оксид вуглецю (CO) відбирають у газові піпетки або гумові камери. Через газову піпетку прокачують 10-кратний об'єм повітря, потім її щільно закривають. У гумові камери повітря відбирають кілька разів протягом 20 хв. Заповнена гумова камера герметизується затискачем.

Разові проби пилу відбирають на фільтруючі матеріали. Швидкість його руху в ротаметрі не повинна бути меншою від швидкості вітру в місці відбору проби.

Відбір проб аерозолів проводять за допомогою фільтруючих пристроїв.

Певні особливості має методика відбору проб для визначення вмісту радіоактивних домішок. Проби доводять до необхідного об'єму і на γ -спектрометрі визначають J^{131} та інші летючі радіонукліди. Потім проби озолують (спалюють до золотодібного стану) і визначають сумарну β -активність, після чого кожен добу пробу зберігають у спеціальних пакетах. Іноді комплектують *пентадні проби* – проби, що вміщують 5 добових проб. Місячні проби формують зсипанням усіх добових проб в окремий пакет. Їх супроводжують відповідною запискою, яка передбачає такі пункти: назва проби; назва пункту відбору; місяць, рік; дні, в які проби не відбиралися; кількість добових проб; об'єм повітря; загальна маса проби.

Охарактеризовані методи відбору проб дають змогу відібрати повітря для лабораторного аналізу за різноманітних умов. Вибір конуретного методу залежить від мети дослідження і якісного складу проби повітря. Правильний відбір проби впливає на достовірність лабораторних визначень концентрації забруднюючої речовини в повітрі.

Метеорологічні спостереження при відборі проб повітря

У зв'язку з тим, що метеорологічні чинники зумовлюють

перенесення і розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі, відбір проб повітря повинен супроводжуватися спостереженнями за димовими факелами джерел викидів і такими метеорологічними параметрами, як швидкість і напрям вітру, температура і вологість повітря, атмосферні явища, стан погоди і підстилаючої поверхні. Результати спостережень записують у робочий журнал гідрометеоспостерігача, а оброблені результати – у книгу запису спостережень за забрудненням атмосферного повітря і метеорологічними елементами (КЗА-1).

Спостереження за димовим факелом і станом погоди. Їх здійснюють, беручи під контроль найпотужніше джерело. При цьому фіксують колір і форму факела в місці виходу з джерела. Форму факела фіксують візуально і записують його шифр (1, 2, 3), відповідно до табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Шифр і характеристика факела

Шифр	Характеристика факела
1	Факел має нестійкі контури, клуби диму то високо піднімаються, то різко опускаються; спостерігається вдень при позитивному градієнті температури і помірній швидкості вітру
2	Факел піднімається вгору і рівномірно розтікається у всі сторони; частіше спостерігається в літній період; в денний час може спостерігатися при слабкій швидкості вітру
3	Г-подібна форма факела: дим при виході з труби набуває горизонтального напрямку або спочатку підіймається вертикально, а потім зміщується по вітру; спостерігається при нульовому або негативному градієнті температури і при штилі

Стан погоди оцінюють візуально за характерними ознаками, вказаними в табл. 3.5. У КЗА-1 вносять відповідні записи і шифри.

Таблиця 3.5

Характерні ознаки стану погоди

Шифр	Стан погоди, атмосферні явища	Характерні ознаки
0	Ясно	Немає хмар або окремі хмари закривають не більше 2/10 неба; сонце не закрите
1	Змінна хмарність	Хмари закривають менше 8/10 неба; сонце час від часу закривається хмарами
2	Імла	Помутніння повітря за рахунок зважених часток пилу, диму, гару. Повітря має синюватий відтінок

3	Серпанок	Слабке помутніння атмосфери за рахунок перенасичення повітря вологою. Повітря має сіруватий відтінок; горизонтальна видимість більша за 1 км
4 5	Дощ Мряка	Опади у вигляді дрібних крапель; їх падіння на землю непомітне для ока
6	Пилова буря	Погіршення видимості на великій території через пил, який був піднятий сильним вітром
7	Сніг	Опади у вигляді крижаних кристалів
8	Туман	Помутніння атмосфери при горизонтальній видимості меншій за 1 км
9	Похмуро	Небо вкрите хмарами на 8/10 і більше. Сонце не просвічує

Підстилаючу поверхню в радіусі до 100 м від місця спостереження визначають як суха запилена, суха не запилена, волога, мокра, зелена трава, пожовкла трава, сніг.

Вимірювання швидкості і напрямку вітру. Повітряні маси в атмосфері весь час перебувають у русі, створюючи *вітер* – рух потоку повітря в горизонтальному напрямку. Виникає він унаслідок нерівномірного розподілу температури і тиску на земній поверхні. Вітер характеризується швидкістю і напрямком, які більшою або меншою мірою коливаються. Ці коливання називають поривчастістю вітру. При швидкостях 5–8 м/с вітер вважають помірним; понад 14 м/с – сильним; 20–30 м/с – штормом; понад 30 м/с – ураганом; різке короткочасне посилення вітру до 20 м/с – шквалом; повне безвітря – штилем.

Зміни швидкості і напрямку вітру фіксують за допомогою спеціальних метеорологічних приладів (вітромірів, анемометрів, флюгерів, вимпелів та ін.). Найпростіше метеорологічні параметри вимірювати за допомогою станції (наприклад, М-49), яка дає змогу визначати також температуру і вологість повітря.

Швидкість (м/с) і напрямок (градуси, румби) вітру вимірюють на початку, в середині і наприкінці терміну спостережень. Щоразу реєструють по десять значень показів приладу через 10 с, затративши на кожний відлік параметра, що вимірюється, 100 с. Потім визначається середнє значення відліку (10 вимірювань кожного відліку підсумовують і ділять на 10). Після цього підсумовують середні значення трьох відліків і ділять на 3. Отриманий показник засвідчує середню швидкість вітру і його середній напрямок у період проведення спостережень (тривалістю 20 хв).

За відсутності вітру в журналі спостережень у графі «напрямок» пишуть «штиль», а «швидкість» – «0».

Швидкість вітру вимірюють вітроміром або ручним анемометром. Їх та інші метеорологічні і пробовідбірні прилади, пристрої закріплюють на висоті 2 м від землі. Для визначення швидкості вітру анемометри включають на 10 хв. Початкові і кінцеві значення приладу записують у журнал спостережень КЗА-1. Різницю відліків ділять на 600 і за графіком або таблицею, що додається до приладу, визначають швидкість вітру з точністю до 0,1 м/с (при використанні таблиць така точність досягається за допомогою методу інтерполяції). Напрямок вітру визначають протягом 2 хв по 16 румбах – напрямках до точок видимого горизонту.

Результати вимірювань вносять в журнал КЗА-1 з точністю щодо швидкості вітру 0,5 м/с, а щодо напрямку – 1°.

Вимірювання вологості і температури повітря. Вологість повітря (вміст в повітрі водяної пари) є важливою характеристикою погоди і клімату. Її вимірюють гігрометрами і психрометрами, температуру – термометрами.

Суму трьох вимірювань вологості ділять на три і вносять поправку на температуру, взяту з паспорту станції. Результати вимірювань записують в журнал спостережень КЗА-1.

За відсутності станції або несправності блоку температури і вологості можна використати аспіраційний психрометр. Вимірювання за психрометром проводять протягом 20 хв тричі: на 10-й, на 12-й і на 14-й хвилини. За показниками сухого термометра визначають температуру повітря. За даними психрометричних таблиць розраховують значення абсолютної і відносної вологості повітря.

Вимірювання атмосферного тиску. Вимірюють атмосферний гідростатичний тиск (тиск, що діє на предмети, які знаходяться в атмосфері, та на земну поверхню) за допомогою барометра в паскалях (Па). За нормальний атмосферний тиск прийнято 1013,25 гПа (760 мм рт.ст.). Приземний атмосферний тиск змінюється у просторі та у часі. Особливо сильні зміни спостерігаються при виникненні *антициклонів* – розвитку і руйнуванні повільно рухомих областей високого тиску і *циклонів* – відносно величезних вихорів зі зниженим тиском, що швидко переміщуються. Сезонні і добові зміни атмосферного тиску пов'язані з добовими змінами температури.

Тиск атмосферного повітря на мережі спостережень і контролю забруднення атмосферного повітря вимірюють за допомогою, наприклад, спеціального барометра моделі МД-49-А. Точність відліку становить до ± 270 гПа. У кожний відлік за барометром повинні бути введені додаткові (шкалова і температурна) поправки з паспорта приладу. Дані про тиск на момент спостережень можна отримати також на найближчій метеостанції.

Послідовність основних операцій, рекомендованих при відборі разових проб повітря, наведена у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Послідовність операцій при відборі разових проб повітря

Послідовність операцій	Час, що планується і строки, хв.		
	До початку відбору проб, хв	Під час відбору проб, хв	Після відбору проб, хв
Встановити штатив з необхідними приладами (для метеорологічних спостережень і відбору проб повітря поза лабораторією типу «ПОСТ»)	За 30–15		
Витягнути штанг з приладами для визначення вологості і температури повітря за межі «ПОСТу»	За 10		
Оцінити стан погоди і дати характеристику факелу	За 5–10		
Провести попереднє визначення швидкості і напрямку вітру	За 5		
Вибрати насадку до труби; встановити фільтри, інші поглинальні приприлади	За 1–5		
Перевірити і включити пилососи, аспіратори	За 1		
Провести відбір проб повітря		1–20	
Виміряти температуру повітря перед аспіратором	За 1–2	На 10-й	Через 1–2
Провести вимірювання: Швидкості і напряму вітру Вологості і температури по М-49 За психрометром тиску		На 1–2-й На 11-й На 18-й На 10-й На 12-й На 14-й На 18–20-й На 5-й	
Виключити пилосос і аспіратори			На 1-й
Відключити поглинальні прилади, герметизувати їх, перекласти в ящик для транспортування в хімлабораторію			На 5-й
Закрити штуцери гребінок заглушками			На 2-й
Прибрати всі прилади і підготуватися до спостережень в наступний термін			На 5–40-й
Оформити записи спостережень і заповнити книгу КЗА-1			На 40–70-й

Результати спостережень записують у робочий журнал гідрометеоспостерігача, в якому повинні фіксуватися всі відхилення від нормативних і інструктивних вимог (не вмикається підігрівання повітря в зимовий час, нестійка робота ротаметра (сильно тремтить поплавки) і т.ін.). Про несправності повідомляють керівництво, але до їх усунення записи ведуть при кожному спостереженні. У робочому журналі гідрометеоспостерігача перед кожним новим спостереженням роблять відмітки «відвезені» або «не відвезені» щодо поглинаючих приладів (в лабораторію для хімічного аналізу).

Записи в робочих журналах гідрометеоспостерігача дають змогу підвищити ефективність контролювання якості результатів спостережень стану атмосферного повітря через відбраковування сумнівних результатів з низки даних; сприяють підвищенню відповідальності служб експлуатації і ремонту обладнання, наявного на пунктах спостережень.

3.5. Оцінювання стану атмосферного повітря за результатами спостережень

До атмосферного повітря надходить значна кількість забруднюючих речовин. Повсюдно викидаються такі речовини як пил (зважені речовини), діоксид сірки, діоксид та оксид азоту, оксид вуглецю, які прийнято називати *основними*, а також інші *специфічні* речовини, що містяться у викидах окремих підприємств, виробництв, цехів.

Перелік речовин для вимірювань на пунктах спостереження встановлюється на підставі відомостей про склад і характер викидів від джерел забруднення в місті та метеорологічних умов розсіювання домішок. Визначають речовини, які викидаються підприємствами міста, і оцінюють можливість перевищення ГДК цих речовин. У підсумку складають перелік речовин, що підлягає контролю першочергово.

Принцип вибору шкідливих речовин і складання переліку пріоритетних речовин засновано на використанні параметра споживання повітря (СП):

реального

$$СП_i = \frac{M_i}{q_i} \quad (3.1)$$

необхідного

$$СП_{ні} = \frac{M_i}{ГДК_i}, \quad (3.2)$$

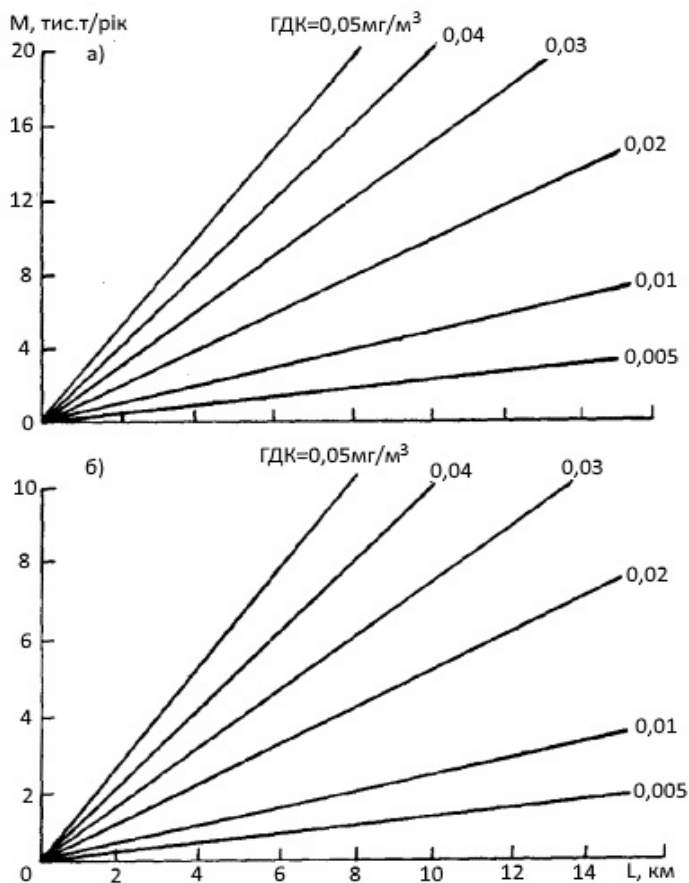
де M_i – сумарна кількість викидів i -тої домішки від усіх джерел, розташованих на території міста, тис. т/рік; q_i – концентрація, встановлена за даними розрахунків або спостережень, мг/м³.

Встановлюється, чи буде середня або максимальна концентрація домішки перевищувати при даних викидах, відповідно середньодобову ГДК_{с.д.} або максимально разову ГДК_{м.р.}. Якщо $СП_{ні} > СП_i$, тоді очікувана концентрація домішки у повітрі може дорівнювати ГДК або перевищити її і, відповідно, i -та домішка повинна контролюватися. Перелік речовин для організації спостережень встановлюється шляхом порівняння $СП_i$ з $СП_{ні}$ для середніх та максимальних концентрацій домішок.

Для з'ясування необхідності проведення спостережень за i -тою домішкою з використанням $СП_{с.д.}$ пропонується графічний метод. На рис. 3.3 наведено ряд ліній, що відповідають $q = ГДК_{с.д.}$ за значеннями M_i , потенціалу забруднення атмосфери (ПЗА) і характерного розміру міста L_j , який визначається умовно як радіус кола площею S_j , що відповідає площі міста, а саме:

$$L_j = \sqrt{\frac{S_j}{\pi}}. \quad (3.3)$$

Якщо одне або група джерел розташовані за межею міста на одному промисловому майданчику, то необхідно враховувати повторюваність P_j напрямків вітру зі сторони проммайданчика. У такому випадку замість M_i беруть $M_i' = M_i P_j$ (в середньому для України $\Sigma P_j = 0,5$), а замість L_j беруть $L_j' = 2$ км, що відповідає відстані на якій середня концентрація домішки має найбільше значення.



а) – для міст з ПЗА=2,5 – 3,0; б) – для міст з ПЗА>3,0

Рис. 3.3. Залежність між сумарними викидами M , типовим розміром міста L та середньою концентрацією домішки $q = \text{ГДК}$

На рис. 3.3 для i -тої домішки за значеннями M_i (M_i') L_j (L_j') визначають місце розташування точки відносно розрахункової прямої $\bar{q}_i = \text{ГДК}_{\text{с.д.}i}$. Якщо точка потрапляє вище прямої або на неї, тоді це означає, що очікувана середня концентрація i -тої домішки буде перевищувати санітарно-гігієнічну норму ($\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$) або буде їй дорівнювати і, відповідно, i -ту домішку необхідно контролювати. Якщо ж точка лягає нижче прямої, тоді контролювати i -ту домішку не потрібно, але при умові, що очікувана концентрація не буде перевищувати ГДК.

При застосуванні графічного методу слід враховувати, що прямі на рис. 3.3 відповідають значенням $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$ від 0,005 до 0,05 мг/м^3 . Якщо значення ГДК i -тої домішки більше за 0,05 (або менше за 0,005) тоді використовують пряму лінію, яка відповідає значенню $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$ у 10 разів

меншому (або більшому), ніж ГДК, а значення M_i , нанесене на вісі координат, множаться (або діляться) на 10. Наприклад, для SO_2 $ГДК_{с.д.}=0,1$ мг/м³ використовують лінію $ГДК_{с.д.}=0,01$ мг/м³, а значення M на вісі координат множаться на 10.

Після вибору домішок, які будуть підлягати контролю, визначають почерговість організації контролю за специфічними домішками, що викидаються різними джерелами. Для цього розраховують параметр необхідного споживання повітря ($СП_{н1}$) за формулою:

$$СП_{н1i} = \frac{M_i}{ГДК_{с.д.i}} \quad (3.4)$$

Якщо $СП_{н11} > СП_{н12} > СП_{н13} > \dots$, то першою до переліку контрольованих домішок увійде та, що має найбільше значення $СП_{н1}$, другою – домішка з наступним значенням $СП_{н1}$ і т.д. Якщо декілька домішок мають однакове значення $СП_{н1}$, то тоді враховують клас небезпечності речовини.

У випадку оцінки очікуваної максимальної концентрації домішок, при виборі речовин для контролювання їх вмісту у повітрі встановлюється співвідношення ($СП_2$) між очікуваною при фіксованих викидах максимально разовою концентрацією i -тої домішки та її $ГДК_{м.р.}$ Значення $СП_2$ для несприятливих умов розсіювання окремо для холодних та гарячих викидів на відповідних висотах та різних швидкостях виходу газоповітряної суміші з труб, тобто для різних $A, \Delta T, H, u$ наведено у табл. 3.7. Окремо розглядають викиди з різницею значень температур суміші викиду та температурою повітря $\Delta T < 50^\circ C$ та $\Delta T \geq 50^\circ C$.

Таблиця 3.7

A	u, м ³ /с	H, м			u, м ³ /с	H, м		
		20	50	100		50	100	250
Низькі та холодні викиди ($\Delta T < 50^\circ C$)					Високі та гарячі викиди ($\Delta T \geq 50^\circ C$)			
120	1	0,3	1,6	6,6	50	3,5	14,0	87,4
120	10	0,6	3,6	14,2	1200	10,1	40,3	252,1
160	1	0,2	1,2	5,0	50	2,6	10,5	65,6
160	10	0,4	2,7	10,7	1200	7,6	30,3	189,1
200	1	0,2	1,0	4,0	50	2,1	8,4	52,4
200	10	0,3	2,1	8,5	1200	6,0	24,2	151,3
240	1	0,1	0,8	3,3	50	1,8	7,0	43,7
240	10	0,3	1,8	7,1	1200	5,0	20,2	126,1

Значення H встановлюється з урахуванням наступних умов:

1) якщо домішка надходить до атмосфери від декількох дрібних джерел та автотранспорту, приймається $H \leq 20$ м;

2) якщо домішки викидаються з декількох промислових джерел різної висоти, то приймається умовно $H=50$ м, що приблизно відповідає середній висоті труб;

3) якщо в місті основні домішки викидаються переважно промисловими підприємствами з високими трубами, то для них приймається $H=100\div 250$ м.

За значеннями M_i і $\text{ГДК}_{\text{м.р.}i}$ визначають параметр реального споживання повітря, який потім порівнюється з $\text{СП}_{\text{н}2}$. Якщо $\text{СП}_{\text{н}2i} > \text{СП}_{\text{н}2}$, тоді i -та домішка включається до другого попереднього переліку домішок, рекомендованих для контролю.

Остаточний пріоритетний перелік домішок, рекомендованих для спостережень у містах, складається з декількох етапів. Спочатку розподіляються місця у списку домішок за значеннями $\text{СП}_{\text{н}1}$. Першою у списку повинна бути домішка з найбільшим значенням $\text{СП}_{\text{н}1}$, інші місця у переліку розподіляються у порядку зменшення значень $\text{СП}_{\text{н}1}$. Та сама процедура проводиться і з другим списком за значеннями $\text{СП}_{\text{н}2}$. При цьому домішки, у яких відсутні значення $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$, включаються до переліку за подвійним номером місця, отриманим за значенням $\text{СП}_{\text{н}1}$. Якщо декілька домішок мають однакові порядкові номери у списку, тоді їх почерговість визначається класом небезпечності речовини.

Систематизація, опрацювання і узагальнення результатів спостережень дає змогу визначити статистичні характеристики забруднення атмосфери, за допомогою яких виявляють динамічні зміни в забрудненні атмосфери певною речовиною. До таких характеристик належать:

1. *Середнє арифметичне значення* концентрації домішки (забруднюючої речовини) ($\overline{q_c}$) – середньодобові, середньомісячні, середньорічні, середні багаторічні концентрації забруднюючих речовин (q_i), обчислені за даними з пунктів спостережень. Цей показник визначають за формулою:

$$\overline{q_c} = \sum_{i=1}^n q_i / n, \text{ мг/м}^3,$$

де n – кількість разових концентрацій, які були визначені за відповідний період.

2. *Середнє квадратичне відхилення* σ результатів вимірювань від середнього арифметичного: середньорічних концентрацій у пунктах від середньорічної і середньої багаторічної концентрації по місту; разових концентрацій від середньорічної концентрації по місту (району); середньорічних концентрацій для міста від середньорічної концентрації для групи міст; максимальних концентрацій домішки для

міста за рік від середньої з максимальних концентрацій домішки за рік; разових (середньодобових) концентрацій від середньомісячної та середньорічної, середньомісячної – від середньорічної та середньої багаторічної; середньорічної – від середньої багаторічної:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 / (n - 1)}, \text{ мг/м}^3.$$

Коефіцієнт варіації вказує на ступінь змінності концентрації домішки і обчислюється за формулою:

$$V = \sigma / q, \quad (3.7)$$

де q – середня концентрація.

3. Максимальне значення концентрації домішки обчислюють, вибираючи максимальну концентрацію (найбільше значення) домішки з разових, середньомісячних, середньодобових, середньорічних концентрацій з невеликої кількості спостережень, а також максимальну з разових концентрацій за даними пересувних спостережень та обчислюють середню з максимальних концентрацій за рік по групі міст за формулою:

$$\bar{q}_M = \frac{1}{L} \sum_1^L q_M,$$

де L – кількість міст, що розглядаються.

4. Максимальну концентрацію домішки із заданою вірогідністю її перевищення визначають з припущення логарифмічно нормального розподілення концентрацій домішок в атмосфері для заданої вірогідності її перевищення:

$$q_M^P = \bar{q} \exp z \sqrt{\ln(1 + V^2)} / \sqrt{1 + V^2}, \quad (3.9)$$

де \bar{q} – середня концентрація; при $P=0,1\%$ $z=3,08$; $P=1\%$ $z=2,33$; $P=5\%$ $z=1,65$.

5. Індекс забруднення атмосфери (ІЗА) – кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери окремою домішкою, що враховує різницю в швидкості зростання ступеню шкідливості речовин, приведеної до шкідливості діоксиду сірки, по мірі зростання перевищення ГДК:

$$I_i = (q_i / \text{ГДК}_i)^{c_i}, \quad (3.10)$$

де I_i – індекс забруднення атмосфери (ІЗА) окремо взятою речовиною; q_i – середня концентрація речовини, мг/м³; ГДК_i – середньодобова

гранично допустима концентрація речовини, мг/м^3 C_j – константа, що набуває значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9, відповідно, для 1, 2, 3 та 4-го класів небезпечності речовин і дає змогу привести ступінь шкідливості i -тої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

6. *Комплексний індекс забрудненості атмосфери міста* (КІЗА) є кількісною характеристикою рівня забрудненості атмосфери, що створюється n -речовинами, які присутні в атмосфері міста (чи району міста):

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (3.11)$$

де I_n – комплексний індекс забруднення атмосфери; i – домішка; n – кількість речовин, присутніх у повітрі міста.

За значенням I_n виділяють такі рівні забрудненості атмосфери:

- < 2,5 – чиста атмосфера;
- 2,5 – 7,5 – слабо забруднена;
- 7,5 – 12,5 – забруднена;
- 12,5 – 22,5 – сильно забруднена атмосфера;
- 22,5 – 52,5 – високо забруднена;
- > 52,5 – екстремально забруднена атмосфера.

7. Для порівняння рівнів забрудненості атмосфери у різних містах або регіонах і встановлення пріоритетних переліків міст з найвищим рівнем забруднення використовують комплексний *індекс забруднення атмосфери пріоритетними речовинами* – КІЗА – кількісну характеристику рівня забрудненості атмосфери пріоритетними речовинами (як правило, їх п'ять), що формують стан атмосферного повітря в місті:

$$I_L = \sum_{i=1}^L I_i, \quad (3.12)$$

де I_L – комплексний індекс забруднення атмосфери; i – домішка; L – п'ять пріоритетних речовин, присутніх у повітрі міста.

За значенням I_L виділяють такі рівні забрудненості атмосфери:

- ✓ <5 – низький;
- ✓ 5-6 – підвищений;
- ✓ 7-13 – високий;
- ✓ >14 – дуже високий.

Для оцінювання змін стану атмосферного повітря отримані середні концентрації забруднюючих речовин порівнюють з фоновими концентраціями.

Фонова концентрація – статистично вірогідна максимальна концентрація (C_{ϕ} , мг/м^3), яка характеризує забруднення атмосфери.

Її визначають як значення концентрації, перевищене не більше ніж у 5% випадків від загальної кількості спостережень. Фонова концентрація характеризує сумарну концентрацію, утворену всіма джерелами, розташованими на даній території. За відсутності необхідних даних спостережень фонова концентрація може бути обчислена. Визначення C_{ϕ} для кожного пункту спостережень здійснюють за даними, отриманими протягом періоду від 2 до 5 років. З метою підвищення вірогідності розрахунку C_{ϕ} необхідно вибрати такий період спостережень, протягом якого суттєво не змінювався характер забудови в районі пункту спостережень, характеристики промислових викидів у радіусі 5 км від пункту, не змінювалось розташування самого пункту, а відбір та аналіз проб здійснювалися за однаковими методиками. При цьому кількість спостережень повинна бути не меншою 200 на рік щодо кожної речовини, а загальна кількість спостережень за певний період – не менше 800.

Для визначення C_{ϕ} можуть бути використані дані як стаціонарних, так і пересувних пунктів спостережень. В результаті обробки даних для кожного пункту з усіх результатів спостережень знаходять значення $C_{\phi i}$, де $i = 0; 1; 2; 3; 4$, які відповідають різним градаціям напрямку α та швидкості вітру w (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Значення i в залежності від швидкості та напрямку вітру

α	Румби	Будь-який	Пн	Сх	Пд	Зх
	десятки градусов	Будь-які	32-4	5-13	14-22	23-31
	$w, \text{ м/с}$	0-2	3- w^*			
	i	0	1	2	3	4

Верхню межу швидкості вітру w^* визначають за умови, що швидкість вітру у підконтрольній місцевості $w > w^*$ переважає в 5% випадків. При визначенні її для кожної з 5 градацій швидкості та напрямку вітру значення концентрацій q_k (k – номер концентрації в i -тій градації) вписуються в таблицю, після чого з'ясовують кількість спостережень в кожній градації n_i , яка при подальшій обробці повинна бути не менше 100. Якщо $n_i < 100$, значення $C_{\phi i}$ вважається орієнтовним.

Дані пересувних спостережень групують зони за критерієм відстані від джерела викидів. Кількість спостережень в кожній зоні повинна бути не менше 200. Дані для кожної зони поділяють на дві градації за швидкістю вітру. При швидкості вітру 0-2 м/с i становить 0; при швидкостях вітру від 3 до w^* м/с – від 1 до 4.

Віддають перевагу C_{ϕ} , отриманим за пересувними вимірами для

тих районів міста, де їхні значення більші ніж C_{ϕ} , розраховані за даними спостережень на стаціонарних пунктах.

Фонову концентрацію $C_{\phi i}$ можна визначити одним із статистичних розрахункових методів або графічно.

При оцінюванні величини різниць C_{ϕ} для п'яти градацій розраховують значення \bar{C} і \tilde{C} – відповідно середнє за всіма градаціям та середнє за всіма градаціями значення фоновї концентрації, крім $i=0$:

$$\bar{C} = \sum_{i=0}^4 C_{\phi i} n_i / \sum_{i=0}^4 n_i, \quad (3.13)$$

де $\bar{C} = \sum_{i=0}^4 C_{\phi i} n_i$ – сума п'яти добутків $C_{\phi i}$ для кожної градації на кількість вимірювань у даній градації n_i ;

$$\tilde{C} = \sum_{i=1}^4 C_{\phi i} n_i / \sum_{i=1}^4 n_i. \quad (3.14)$$

Якщо максимальне та мінімальне значення C_{ϕ} при $i = 0; 1; 2; 3; 4$ задовольняють нерівність:

$$|C_{\phi i} - \bar{C}| \leq 0,25\bar{C}, \quad (3.15 \text{ а})$$

то для такого пункту за C_{ϕ} приймають значення \bar{C} незалежно від напрямку та швидкості вітру.

Якщо умови (а) не виконуються, але мінімальне і максимальне значення $C_{\phi i}$ при $i = 0; 1; 2; 3; 4$ задовольняють нерівність:

$$|C_{\phi i} - \tilde{C}| \leq 0,25\tilde{C}, \quad (3.15 \text{ б})$$

то для даного пункту деталізація C_{ϕ} за напрямком вітру не виконується і за $C_{\phi i}$ в градації швидкості вітру 0–2 м/с приймають значення $C_{\phi 0}$, а в градації швидкості вітру від 3 м/с до w^* значення \tilde{C} .

Коли умови (а) та (б) не виконуються, C_{ϕ} представляють п'ятьма значеннями.

Для врахування шкідливої дії кількох забруднюючих речовин дозволяють визначення величини C_{ϕ} за цими речовинами. При цьому для кожного пункту спостережень та моменту часу концентрація n речовин приводиться до концентрації найпоширенішої з них.

Наприклад, при сумації впливу SO_2 і NO_2

$$q_{SO_2 + NO_2} = q_{SO_2} + q_{NO_2} \text{ГДК}_{SO_2 \text{ м.р.}} / \text{ГДК}_{NO_2 \text{ м.р.}} \quad (3.16)$$

Отримані результати обробляють так само, як і щодо однієї речовини.

При проектуванні промислових підприємств і встановленні гранично допустимих викидів (ГДВ) дані про розподіл фонові концентрації по території населеного пункту представляють в табличній формі.

В окремих випадках можна обмежитись середнім значенням \bar{C}_ϕ по місту. Для цього розраховується середнє значення $\bar{C}_{\phi i}$ по місту для кожної градації швидкості і напрямку вітру. Для тих пунктів, де у градації, що розглядається, $C_{\phi i}$ відрізняється від середнього по місту менш, ніж на 25%, воно замінюється на середнє по місту значення $\bar{C}_{\phi i}$.

При встановленні ГДВ для реконструйованих або діючих підприємств, їх частка виключається із C_ϕ за формулою:

$$C'_\phi = C_\phi(1 - 0,4C/C_\phi) \quad \text{при } C \leq C_\phi; \quad (3.17)$$

$$C'_\phi = 0,2 C_\phi \quad \text{при } > C_\phi, \quad (3.18)$$

де C'_ϕ – фонові концентрації без урахування підприємства, що розглядається; C – максимальна концентрація, яка створюється підприємством в точці розміщення пункту.

8. *Індекс якості повітря (ІЯП)* дозволяє показати, яким чином міжнародний досвід моніторингу екологічних показників може бути адаптований до українських реалій, включно зі всіма перешкодами, які стають цьому на заваді. По своїй природі, Індекс якості повітря є комунікаційним інструментом, який використовується урядовими інституціями для того, щоб донести до громадськості поточний стан забруднення повітря. Потреба в такому Індексі полягає в тому, що самі по собі показники моніторингу атмосферного повітря (концентрація сірководню, фенолу і т.п.) є незрозумілими для широкої громадськості і, відповідно, потрібно конвертувати їх в такий показник, який би показував зв'язок між даними спостережень і наслідками для здоров'я населення. Оскільки можливі наслідки для здоров'я встановлюють епідеміологічними дослідженнями на базі національних науково-дослідних установ, а показники якості повітря варіюють від географічного положення, різні країни керуються різними національними стандартами при визначенні ІЯП. Але при цьому, всі індекси мають схожі структурні елементи:

- розрахунок ІЯП проводиться на основі середніх значень концентрації забруднюючих речовин за окремий період, які отримані з моніторингу атмосферного повітря або моделювання атмосферної

дисперсії;

- в якості рівня забруднюючих речовин у повітрі приймається концентрація та час фіксації цієї концентрації;

- ІАП об'єднується в діапазони, кожному з яких присвоюється ідентифікатор, код кольору і рекомендації для населення щодо охорони власного здоров'я;

- Індекс будується в порядку, за якого передбачається, що збільшення індексу буде показувати, що значна частина населення зіткнеться з серйозними наслідками для здоров'я.

Індекс якості повітря є кусково-лінійною функцією від концентрації забруднення. Для перетворення концентрації індексу використовується таке рівняння:

$$I = \frac{I_{high}-I_{low}}{C_{high}-C_{low}}(C - C_{low}) + I_{low} , \quad (3.19)$$

де I – індекс якості повітря; C – концентрація забруднюючої речовини; C_{low} – найменша концентрація проміжку, \leq , C_{high} – найбільша концентрація проміжку, \geq , I_{low} – значення індексу, що відповідає \leq , I_{high} – значення індексу, що відповідає \geq .

Припустимо, що монітор записує 24-годинне середнє значення частинок (PM_{2.5}) з концентрацією 12,0 мкг/м³. Підставивши в рівняння наші дані отримаємо:

$$I = \frac{50-0}{12,0-0}(12,0 - 0) + 0 = 50$$

цей результат знаходиться в діапазоні з назвою «добрий».

Таблиця 3.9

Таблиця значень концентрацій і індексів

O ₃ (ppb)	O ₃ (ppb)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	AQI	AQI
$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$C_{low} - C_{high}$ (avg)	$I_{low} - I_{high}$	Категорія
0-54 (8-hr)	-	0,0-12,0 (24-hr)	0-54 (24-hr)	0,0-4,4 (8-hr)	0-35 (1-hr)	0-53 (1-hr)	0-50	Добрий
55-70 (8-hr)	-	12,1-35,4 (24-hr)	55-154 (24-hr)	4,5-9,4 (8-hr)	36-75 (1-hr)	54-100 (1-hr)	51-100	Задовільний
71-85 (8-hr)	125-164 (1-hr)	35,5-55,4 (24-hr)	155-254 (24-hr)	9,5-12,4 (8-hr)	76-185 (1-hr)	101-360 (1-hr)	101-150	Шкідливий для групи ризику

продовження табл. 3.9

86–105 (8–hr)	165– 204 (1–hr)	55,5– 150,4 (24–hr)	255– 354 (24–hr)	12,5– 15,4 (8–hr)	186– 304 (1–hr)	361– 649 (1–hr)	151– 200	Шкідли- вий
106– 200 (8–hr)	205– 404 (1–hr)	150,5– 250,4 (24–hr)	355– 424 (24–hr)	15,5– 30,4 (8–hr)	305– 604 (24–hr)	650– 1249 (1–hr)	201– 300	Дуже шкідли- вий
–	405– 504 (1–hr)	250,5– 350,4 (24–hr)	425–504 (24–hr)	30,5– 40,4 (8–hr)	605– 804 (24–hr)	1250– 1649 (1–hr)	301– 400	Небез- печний
–	505– 604 (1–hr)	350,5– 500,4 (24–hr)	505– 604 (24–hr)	40,5– 50,4 (8–hr)	805– 1004 (24–hr)	1650– 2049 (1–hr)	401– 500	

Європейські інституції використовують ІЯП як дослідницький та комунікаційний. При цьому європейськими агенціями також використовується Загальний ІЯП (Common Air Quality Index, CAQI), який дозволяє відображати якість повітря в європейських містах і поділяється на три різні індекси, які відрізняються часовими проміжками: *погодинний індекс* описує якість повітря, виходячи з погодинних значень та оновлюється кожен годину; *щоденний індекс* відповідає за загальні якості повітря попереднього дня, базується на основі щоденних значень і оновлюється раз в день; *щорічний індекс* демонструє ІЯП протягом всього року і порівнюється з європейськими нормами якості повітря. Цей показник базується на середньому рівні за рік відповідно до річних граничних значень, і оновлюється один раз на рік.

Окремі європейські країни мають власні індекси. Зокрема, британський щоденний індекс якості повітря (Daily Air Quality Index), яким послуговуються урядові інституції Великобританії, має 10-значну шкалу, яка поділена на 4 частини, в якій «1» приймається як найнижче значення з найменшою небезпекою для здоров'я, а «10» як найвище, і найбільш загрозливе для здоров'я (табл. 3.10). Індекс ґрунтується на концентрації 5 забруднюючих речовин: озону, діоксиду азоту, діоксиду сірки, PM_{2.5} і PM₁₀.

Таблиця 3.10

Таблиця значень концентрацій і індексів

Індекс	Озон, за 8 год (мкг/м ³)	Діоксид азоту, за 1 год (мкг/м ³)	Діоксид сірки, за 15 хв (мкг/м ³)	PM _{2.5} , 24 год (мкг/м ³)	PM ₁₀ , 24 год (мкг/м ³)
1	0–33	0–67	0–88	0–11	0–16
2	34–66	68–134	89–177	12–23	17–33

продовження табл. 3.10

3	67–100	135–200	178–266	24–35	34–50
4	101–120	201–267	267–354	36–41	51–58
5	121–140	268–334	355–443	42–47	59–66
6	141–160	335–400	444–532	48–53	67–75
7	161–187	401–467	533–710	54–58	76–83
8	188–213	468–534	711–887	59–64	84–91
9	214–240	535–600	888–1064	65–70	92–100
10	≥ 241	≥ 601	≥ 1065	≥ 71	≥ 101

Межі між показниками індексу і рекомендаціями встановлюють наступне співвідношення (табл. 3.11):

Таблиця 3.11

Забруднення повітря	Значення	Повідомлення для осіб з групи ризику	Повідомлення про здоров'я для населення
Низький	1–3	Можна вести звичайну активну діяльність на відкритому повітрі.	Можна вести звичайну активну діяльність на відкритому повітрі.
Помірний	4–6	Особам з вадами легенів і з серцевими проблемами, які відчувають симптоми, слід знизити фізичну активність, особливо на свіжому повітрі.	Можна вести звичайну активну діяльність на відкритому повітрі.
Високий	7–9	Особи з вадами легенів і проблемами серця, повинні мінімізувати інтенсивні фізичні навантаження, особливо на свіжому повітрі, а особливо, якщо вони відчувають симптоми. Люди з астмою змушені використовувати їхній інгалятор частіше. Літні люди повинні також знизити фізичні навантаження.	Особи, які мають неприємні відчуття, такі як біль в очах, кашель або біль у горлі, слід зменшити активності, особливо на свіжому повітрі.
Дуже Високий	10	Особи з вадами легенів, з серцевими проблемами і літні люди, повинні уникати напруженої фізичної активності. Люди з астмою повинні використовувати їхній інгалятор частіше.	Знизити фізичні навантаження на свіжому повітрі, особливо якщо ви відчуваєте такі симптоми, як кашель або біль у горлі.

3.6. Екологічне нормування якості атмосферного повітря

З метою обмеження і контролювання антропогенних впливів на навколишнє середовище запроваджують екологічне нормування – комплекс заходів для встановлення граничних меж, в яких можуть коливатися параметри показників, які характеризують стан природного середовища. Екологічному нормуванню підлягають усі небезпечні речовини. До них належать речовини, що надходять до навколишнього середовища як продукти чи супутні утворення людської діяльності і становлять пряму чи опосередковану загрозу суспільству або довкіллю загалом, знешкодження яких у поточний момент часу може бути здійснено тільки завдяки значним техніко-економічним та організаційним витратам.

Кількісну оцінку вмісту речовин в атмосфері позначають поняттям «концентрація» – кількість речовини, яка міститься в одиниці об'єму повітря, приведеного до нормальних умов.

Якість атмосферного повітря – це сукупність його властивостей, яка визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних факторів на людей, рослинний та тваринний світ, а також на матеріали, конструкції і довкілля загалом.

Оцінюють рівень забруднення середовища та його якість, використовуючи показники гранично допустимих концентрацій.

За прямої дії забрудника людина відчуває загальне погіршення стану, яке виражається різними симптомами; накопичення в організмі шкідливих речовин понад визначену дозу може спричинити патологічні зміни окремих органів або організму в цілому. Опосередковано впливають такі зміни на довкілля: вони не діють на живі організми, але погіршують звичні умови життєдіяльності (пошкоджують зелені насадження, збільшують кількість туманних днів і т.д.).

Отже, основним критерієм встановлення нормативів ГДК для оцінювання якості атмосферного повітря є обсяг і особливості дії наявних у повітрі забруднюючих речовин на організм людини. Для визначення якості атмосферного повітря послуговуються двома ГДК – максимально розовою (ГДК_{м.р.}) і середньодобовою (ГДК_{с.д.}).

Максимально разова гранично допустима концентрація (ГДК_{м.р.}) – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, яка

встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткотривалому впливі атмосферних домішок.

Максимально разові ГДК застосовують, оцінюючи умови праці у забруднених приміщеннях.

Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДКс.д.) – характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини.

Речовини, які оцінюють за цим нормативом, здатні тимчасово або постійно накопичуватися в організмі людини.

ГДКм.р. встановлюють для промислових підприємств, а ГДКс.д. – для зон житлової забудови. Різниця між цими показниками зумовлена тим, що на підприємствах до роботи допускають, як правило, здорових людей, які пройшли медичний огляд і стійкіші до дії на організм шкідливих речовин. Отже, ГДКм.р. більші, ніж ГДКс.д. На основі ГДК інженерні служби розраховують розміри гранично допустимих викидів (ГДВ) речовин в атмосферу. Зазвичай у різних країнах використовують два показники: ГДК та гранично допустиме екологічне навантаження (ГДЕН) на природні об'єкти.

Санітарно-гігієнічне оцінювання якості атмосферного повітря здійснюють, дотримуючись таких необхідних вимог:

1. Допустимою може бути тільки така концентрація, яка не спричиняє прямої, побічної шкідливої або неприємної дії на людський організм, не знижує працездатності, не впливає на настрій, забезпечує фізіологічний оптимум життя.

2. Звикання до шкідливих речовин є неприйнятним, і концентрація, яка може його викликати, не допускається.

3. Недопустимі такі концентрації шкідливих речовин, які негативно впливають на рослини, клімат, прозорість атмосфери.

В Україні запроваджуються заходи, спрямовані на попередження забруднення атмосферного повітря та зниження вмісту шкідливих домішок:

- поліпшення наявних та впровадження нових технологічних процесів, які виключають поширення шкідливих речовин;

- поліпшення складу палива, апаратів карбюрації та зменшення надходження викидів в атмосферу за допомогою очисних споруд;

- запобігання забрудненню атмосфери за допомогою раціонального розміщення ймовірних джерел шкідливих викидів та розширення площ зелених насаджень.

Комплексне застосування цих заходів сприяє поліпшенню стану атмосферного повітря над містами.

Запитання. Завдання

1. У який спосіб відбувається забруднення атмосферного повітря? Які джерела забруднення є основними?

2. Наведіть приклади прояву екологічної кризи у XXI ст., які глобально впливають на біосферу планети, вкажіть їх причини.

3. Проаналізуйте основні вимоги до організації спостережень за забрудненням атмосферного повітря. Назвіть основне призначення пунктів спостережень.

4. Охарактеризуйте методи оцінювання забруднення атмосферного повітря.

5. Які методи відбору проб атмосферного повітря для лабораторного аналізу використовують найчастіше?

6. З якою метою проводять метеорологічні спостереження при відборі проб повітря?

7. Які статистичні характеристики використовують для оцінки забруднення атмосфери?

8. Які методики застосовують для оцінювання стану атмосферного повітря? З якою метою здійснюють екологічне нормування якості атмосферного повітря?

4. МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Вода є однією з найпоширеніших речовин у природі. Вона входить до складу всіх мінералів, живих організмів. Складні процеси у тваринних або рослинних організмах можуть відбуватися тільки за наявності води. Хоча запаси води на планеті загалом залишаються незмінними, проте в окремих регіонах внаслідок діяльності людини вони можуть зазнавати значних кількісних і якісних змін, що призводить до істотних порушень у природних процесах, негативно впливає на живу природу та людину. Тому водні ресурси потребують суворої охорони як в якісному, так і в кількісному аспектах.

4.1. Сучасний стан поверхневих вод. Джерела і види їх забруднення

Вода відіграє вирішальну роль у підтриманні життя людини. Її наявність і способи використання нерідко визначають долі народів і країн. Особливої гостроти набуває ця проблема на сучасному етапі, оскільки лише невелика частина загальних запасів води – це прісні, придатні для використання в господарстві води. Саме вони, зокрема поверхневі води, зазнають найбільшого антропогенного впливу.

Поверхневі води – води суходолу, що постійно або тимчасово перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів у рідкому (водотоки, водойми) і твердому (льодовики, сніговий покрив) станах.

Найважливішими шляхами переміщення води є загальна циркуляція в атмосфері, морські течії і річковий стік. Її безперервний обіг утворює замкнену систему: океан – атмосфера – суходіл – океан. Циркуляція охоплює усі водні ресурси – придатні для використання води Землі (річкові, озерні, морські, підземні, вологість ґрунту, водяні пари атмосфери та ін.).

Забезпеченість країни водними ресурсами, наявність суднохідних рік, виходу до морів тощо значною мірою зумовлюють темпи її соціального і економічного розвитку. З цієї точки зору Україна

розташована у досить сприятливих умовах: її омивають Чорне та Азовське моря, на території України зареєстровано понад 70 тис. річок, але тільки 117 з них мають довжину понад 100 км. Більшість із них належить до басейнів Чорного та Азовського морів. В Україні є понад 20 тисяч озер із загальною площею водного дзеркала 2 тис. км², 23 тис. ставків та водосховищ, особливо багато їх в районі середнього та нижнього Дніпра. Однак їх наявність не означає, що водні ресурси невичерпні.

Раціональне використання й охорона природних ресурсів – запорука виживання людей. Натепер особливу занепокоєність викликають проблеми водокористування. Загроза полягає не тільки в кількісному зменшенні природних вод, а і в погіршенні їх якості. Тому ця проблема стає загальнодержавною у більшості країн світу, зокрема в Україні.

Якість води обумовлена як природними, так і антропогенними факторами. Внаслідок інтенсивного використання водних ресурсів змінюються якість і кількість води, складові водного балансу, гідрологічний режим водних об'єктів. Це відбувається тому, що більшість річок і озер є одночасно джерелами водопостачання й приймачами господарсько-побутових, промислових і сільськогосподарських скидів. На якісні та кількісні зміни водних ресурсів впливають такі основні види господарської діяльності: водокористування для промислових і комунальних потреб, скидання відпрацьованих вод, урбанізація, утворення водосховищ, зрошування і осушування земель, агро меліоративні заходи тощо. При цьому кожний водозбір може одночасно використовуватись для більшості із вказаних видів діяльності. У зв'язку з цим при водогосподарському плануванні і регулюванні якості води необхідно брати до уваги вплив кожного з цих факторів окремо і всіх разом.

Вода скидна – вода, що відводиться від зрошуваних сільгоспугідь, забудованих територій, які поливають, а також від ділянок, на яких застосовується гідромеханізація.

Господарсько-побутові, промислові, сільськогосподарські скиди зумовлюють хімічне, фізичне, біологічне і теплове забруднення гідросфери.

Хімічне забруднення води відбувається внаслідок надходження у водні екосистеми зі стічними водами шкідливих домішок неорганічного та органічного походження: сполук миш'яку, свинцю, ртуті, міді, кадмію, хрому, фтору тощо. Вони поглинаються фітопланктоном і передаються далі харчовим ланцюжком більш

високоорганізованим організмам, що супроводжується кумулятивним (лат. *situlo* – нагромаджую) ефектом, який полягає в прогресуючому збільшенні вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці харчового ланцюжка. Більшість цих домішок є токсичними для мешканців водойм.

Згубно впливають на стан водойм стічні води, що містять розчинені органічні речовини або суспензії органічного походження, оскільки сприяють зниженню вмісту кисню у воді.

Вода стічна – вода, що утворюється у процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім дренажної і скидної вод), а також при відведенні із забудованої території стоку атмосферних опадів.

Особливої шкоди завдають нафта та нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає газообміну між водою і атмосферою та зменшує вміст кисню у воді. Осідаючи на дно водойм, органічні суспензії замулюють його і затримують або повністю припиняють життєдіяльність донних мікроорганізмів, які беруть участь у самоочищенні води. Основними постачальниками органічних речовин у стічних водах є підприємства целюлозно-паперової промисловості, нафтопереробні заводи, великі тваринницькі комплекси тощо.

Велику кількість органічних сполук, яких раніше не було в природі, містять стоки хімічних підприємств. Більшість з цих речовин біологічно активні, дуже стійкі й важко видаляються зі стоків. Останнім часом особливо згубно діють синтетичні миючі засоби – *детергенти*, які часто містять фосфор. Зростання кількості фосфатів у річках, озерах і морях спричинює інтенсивний розвиток синьо-зелених водоростей, «цвітіння» водойм, що супроводжується різким зниженням вмісту у воді кисню, загибеллю риб та інших водних тварин. Детергенти ускладнюють роботу каналізаційних споруд, уповільнюють процеси коагуляції під час очищення стічних вод.

Кількість хімічних забруднювачів постійно зростає. Про шкідливу дію деяких з них ще мало відомо, оскільки вони мають пролонгований вплив, тобто шкідливі мутації, генетичні розлади тощо виявляються в наступних поколіннях живих істот.

Фізичне забруднення води зумовлює зміни фізичних властивостей – прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивності і температури тощо. Суспензії (пісок, намул, глинисті частки) потрапляють у водні екосистеми здебільшого внаслідок поверхневого змиву дощовими водами із

сільськогосподарських полів, особливо тоді, коли розорюються водозахисні смуги вздовж річок і орні ділянки наближаються до самої межі води. Багато суспензій з діючих підприємств гірничодобувної промисловості заносять у водні екосистеми сильні вітри (пил). Тверді частки знижують прозорість води, пригнічуючи процеси фотосинтезу водяних рослин, забиваючи зябра риб, органи дихання водних тварин, погіршують смакові якості води. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, які потрапляють у водні екосистеми внаслідок викидів з АЕС, з частками золи від працюючих ТЕС тощо. Саме вони найбільше загрожують природним водам і живим організмам. Тому при оцінюванні впливу господарської діяльності на водні ресурси необхідно враховувати не тільки їх кількісні, а й якісні зміни.

Теплове забруднення є окремим видом забруднення гідросфери, яке спричинене спусканням у водні екосистеми теплих вод з різних енергетичних установок. Тепло, що надходить з такими водами в ріки й озера, істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Основними тепловими забруднювачами є АЕС. Як свідчать спостереження, у річках, розташованих нижче діючих ТЕС та АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються хворобами і паразитами.

Біологічне забруднення водного середовища полягає у надходженні до водойм із стічними водами різних видів мікроорганізмів, рослин і тварин (віруси, бактерії, грибки, черви), невластивих водній екосистемі, яка забруднюється. Більшість з них хвороботворні для людей, рослин і тварин. Найшкідливішими є комунально-побутові стоки, особливо коли вони надходять у водні екосистеми без очищення. Проте навіть за наявності очисних споруд певна кількість бактерій, вірусів тощо не затримується фільтрами і потрапляє у водні об'єкти. Промисловими біологічними забруднювачами є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати, цукрові заводи.

Найчастіше для типізації забруднень водних екосистем застосовується класифікація за природою діючих агентів (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Основні типи забруднення водних екосистем за природою діючих агентів

Органічне забруднення (сапробізація) – надлишкове надходження і накопичення у водних екосистемах продуктів життєдіяльності та відмерлих решток рослинних і тваринних організмів.

Біогенне забруднення (евтрофікація) – надлишкове надходження у водні екосистеми біогенних елементів (N, P, K, Ca і т.д.), які не мають прямої токсичної дії на гідробіонтів, але викликають посилений розвиток окремих їх екологічних груп, у результаті чого відбувається розбалансування продукційно-деструкційних процесів, порушується екологічна рівновага і розвивається вторинне забруднення водного середовища продуктами життєдіяльності гідробіонтів та їх відмерлими рештками.

Токсичне забруднення (токсифікація) – набуття водним середовищем токсичних властивостей по відношенню до гідробіонтів внаслідок скидання стічних вод різних галузей промисловості, енергетики, сільського та комунального господарства, або у результаті надходження у водну товщу значної кількості природних токсинів.

Кислотне забруднення (ацидофікація) – надходження у водні екосистеми токсичних агентів, які здатні змінювати активну реакцію середовища у бік підкиснення (кислотні стоки хімічної промисловості,

кислотні дощі за рахунок конденсації шкідливих викидів в атмосферу). Кислотне забруднення є різновидом токсичного забруднення.

Радіаційне забруднення (нуклідизація) – надходження у водні екосистеми радіонуклідів при скиданні технологічних вод атомних електростанцій, видобувних уранових підприємств чи аварій на них, або при проведенні випробовування атомної зброї.

Теплове забруднення (термофікація) – скидання підігрітих вод систем охолодження енергетичних об'єктів, що порушує термічний режим водних екосистем і здатне стимулювати чи інгібувати внутрішньоводоймні процеси.

В Україні з 1998 р. спостерігається тенденція до зменшення об'ємів забору та використання води, основна причина якої полягає у спаді виробничої діяльності. Вплинуло на їх зменшення також запровадження в країні плати за спеціальне використання прісних водних ресурсів. Найбільше води забирають з басейну Дніпра. Зменшуються об'єми використання води і в системах оборотного та повторно-послідовного водопостачання. Основними водокористувачами залишаються промисловість, сільське та житлово-комунальне господарства. Починаючи з 1995 р., щорічно зменшується скид забруднювальних речовин у поверхневі водні об'єкти України, що дещо поліпшило їх якість.

Науково-технічний прогрес, розвиток промисловості вимагають залучення у виробничі цикли усе більшої кількості водних ресурсів у глобальному планетарному масштабі.

4.2. Основні завдання і організація моніторингу поверхневих вод

Зростаючі темпи розвитку промисловості зумовлюють не лише збільшення об'ємів використання води, а й її забруднення. Якість і кількість загальних запасів води на планеті, особливо прісної, уже зараз є важливою проблемою, а в деяких регіонах ситуація переростає у екологічну катастрофу. Тому контролювання стану водних об'єктів є необхідною складовою моніторингу довкілля.

Моніторинг поверхневих вод – система послідовних спостережень, збирання, оброблення даних про стан водних об'єктів, прогнозування їх змін та розроблення науково

обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень, які можуть позначитися на стані вод.

До основних завдань моніторингу поверхневих вод належать контролювання, спостереження, оцінювання та прогнозування стану якості води. Система моніторингу виконує інформаційну роль і не охоплює елементів управління, оскільки є складовою системи управління навколишнім середовищем і регулювання його якості.

Спостереження за водними об'єктами тісно пов'язані з прогнозуванням їх стану. У процесі моніторингу необхідно отримати дані про джерела забруднення, склад і характер забруднень, реакції гідробіонтів (організмів, які живуть у водному середовищі) і зміни стану водних об'єктів. Інформацію, отриману внаслідок спостережень, порівнюють з даними про природний стан водних об'єктів до початку помітного антропогенного впливу, тобто з фоновими характеристиками якості і кількості водних об'єктів.

Державний моніторинг вод здійснюється з метою забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Державний моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля і розв'язує такі завдання:

- спостереження та контролювання рівня забруднення водного середовища за хімічними, фізичними та гідробіологічними показниками;
- вивчення динаміки вмісту забруднюючих речовин і виявлення умов, за яких відбуваються коливання рівня забруднення;
- вивчення закономірностей процесів самоочищення та накопичення забруднюючих речовин у донних відкладеннях;
- вивчення закономірностей виносу речовин через гирлові створи річок у водойми.

Перші оцінки ступеня забрудненості вод були зроблені ще на початку ХХ ст. Вони ґрунтувалися на дослідженні гідробіологічних показників, – так званій *системі сапробності Кольквитця і Марсона* (1909 р.) – встановленні вмісту у воді органічних речовин, що розкладаються, і фізико-хімічних (класифікація водних об'єктів розроблена Королівською комісією зі стічних вод в Англії у 1912 р.). Спостереження здійснювались тільки за впливом на водні об'єкти основного на той час джерела забруднення – господарсько-побутових стічних вод. Необхідність проведення систематичних спостережень за станом поверхневих вод, їх зміною внаслідок природних і особливо

антропогенних факторів була усвідомлена тільки наприкінці 60-х років минулого століття. З цією метою почали створюватись національні системи моніторингу довкілля, складовою яких є система моніторингу поверхневих вод.

За головними структурними ознаками національні системи моніторингу вод в різних країнах належать до трьох типів: до першого – якщо у країні діє єдина загальнонаціональна мережа гідрологічних і гідрохімічних станцій та постів; до другого – коли паралельно діють декілька рівноцінних мереж збору інформації; до третього – у разі, коли пріоритетними є одна-дві мережі контролю якості води, а їх доповнюють регіональні структури. Країнами з першим видом моніторингу вод є Велика Британія, Канада, Нідерланди, Японія; з другим – Швеція; з третім – США, Україна та деякі інші пострадянські країни.

За кордоном у 1977 р. розпочалися роботи за міжнародною програмою UNEP/Water (United Nation Environment Protection) щодо спостережень за станом прісних вод, яка входить до системи глобального моніторингу навколишнього середовища (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Мережа пунктів контролю поверхневих вод
у різних країнах світу**

Країна	Площа, тис. км²	Кількість пунктів (станцій, постів)	Густота мережі, км² на один пункт
Австрія	84	700	120
Білорусь	208	130	1600
Велика Британія	244	250	877
Індія	3288	302	10889
Італія	301	489	615
Канада	9976	1116	8939
Китай	9597	3189	3009
Нідерланди	41,2	260	158
Німеччина	357	1122	318
Норвегія	324	607	534
Польща	313	690	453
Росія	17075	3470	4920
США	9363	60000	156
Фінляндія	337	595	566
Франція	551	1005	548
Швейцарія	41,3	332	124
Швеція	450	590	763
Японія	372	4200	89

Систему моніторингу прісних вод формують на 344 станціях (з них 240 – на річках, 43 – на озерах, 61 – на джерелах підземних вод). Станції розташовані у такий спосіб, щоб вести спостереження як на незабруднених, так і на забруднених територіях. Усі дані спостережень акумулюються в Канадському центрі континентальних вод (м. Барлінгтон, провінція Онтаріо) з метою вивчення стану забруднення прісних вод та розроблення світових стандартів чистої води.

На основі моніторингових досліджень зроблено загальні висновки щодо забруднення прісних вод світу:

- у слаборозвинутих країнах забруднення води здійснюється в основному побутовими водами;

- країни, що розвиваються, максимально забруднюють води стоками усіх видів;

- у розвинутих країнах кількість забруднених вод починає зменшуватися, а пік забруднення припадає на 30–50-ті роки ХХ ст.

Функції і завдання моніторингу в СРСР поклалися на Загальнодержавну службу спостережень і контролю за рівнем забруднення навколишнього природного середовища, організовану наприкінці 1972 р., проте єдиного управлінського центру національного моніторингу, як і єдиної методичної бази з організації і проведення цих спостережень, створено не було. Саме тому, з отриманням Україною статусу незалежної держави постало завдання розробки та впровадження власної державної системи екологічного моніторингу.

Згідно з «Порядком здійснення державного моніторингу вод» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 815 від 20.07.1996р.) та «Положенням про державну систему моніторингу навколишнього середовища» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 р.) державний моніторинг вод є невід'ємною складовою державної системи моніторингу навколишнього середовища. На основі цих двох урядових документів була розроблена «Єдина міжвідомча інструкція по організації та здійсненню державного моніторингу вод» (ЄМІ), затверджена наказом Міністерства екології та природних ресурсів природного середовища України № 485 від 24.12.2001 р. Цей документ встановлював єдині вимоги до організації та проведення спостережень за станом поверхневих вод, прибережних зон водосховищ, підземних вод, джерел забруднення вод; за гідрологічними, фізико-хімічними, біологічними, радіологічними показниками якості вод. Виконання вимог ЄМІ було обов'язковим для всіх підрозділів суб'єктів державного моніторингу вод, а також відповідальних водокористувачів, які здійснювали спостереження за кількісним та

якісним станом вод. До провідних суб'єктів державного моніторингу належали: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, у тому числі Головдержекоінспекція та Держуправління охорони навколишнього природного середовища в областях; організації гідрометеорологічної служби; геологічні територіальні організації; Міністерство з питань надзвичайних ситуацій; Міністерство охорони здоров'я; Міністерство аграрної політики; Державний комітет України з водного господарства; Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України.

З 2014 року національна екологічна політика України у галузі водного забезпечення сталого розвитку спрямована на впровадження принципів Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС, метою якої є захист і відновлення стану водних ресурсів та сприяння сталому і збалансованому їх використанню. Вона встановлює основні положення для досягнення країнами ЄС доброго стану поверхневих, підземних, перехідних і прибережних вод у межах кожного річкового басейну. Головним принципом, викладеним у Водній Рамковій Директиві ЄС, є інтегрована басейнова модель управління, а головним документом для управління водними ресурсами виступає план управління річковим басейном (ПУРБ).

З 1 січня 2019 р. набрав чинності «Порядок здійснення державного моніторингу вод» (затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 758 від 19.09.2018 р.), який визначає основні вимоги до організації здійснення державного моніторингу вод, взаємодії центральних органів виконавчої влади у процесі його здійснення та забезпечення органів державної влади і органів місцевого самоврядування інформацією для прийняття рішень щодо стану вод.

Згідно цього документа об'єктами державного моніторингу вод є:

- масиви поверхневих вод (поверхневі водні об'єкти або їх частини), у тому числі прибережні води та зони (території), які підлягають охороні;
- масиви підземних вод (підземні водні об'єкти або їх частини), у тому числі зони (території), які підлягають охороні;
- морські води в межах територіального моря та виключної морської економічної зони України, у тому числі зони (території), які підлягають охороні.

У Водній рамковій директиві ЄС під **масивом поверхневих (підземних) вод (МПВ)** розуміється окремий та значний елемент поверхневих (підземних) вод, на який спрямована головна стратегічна мета – досягнення доброго екологічного стану.

Суб'єктами державного моніторингу вод є Міндовкілля, Держводагентство, Держгеонадра та ДСНС.

Для встановлення стану масивів поверхневих та підземних вод, а також стану морських вод можуть використовуватися дані звітності (включаючи державну статистичну звітність), передбаченої законодавством.

Суб'єкти, що здійснюють державний соціально-гігієнічний моніторинг, державний нагляд (контроль) за додержанням законодавства про охорону навколишнього природного середовища, санітарного законодавства, законодавства про охорону, використання і відтворення риби та інших водних живих ресурсів (водних біоресурсів), державний контроль за провадженням рибогосподарської діяльності та в галузі охорони, використання та відтворення водних біоресурсів, безоплатно подають суб'єктам державного моніторингу вод дані, одержані за результатами такого моніторингу або нагляду (контролю), щомісяця до 5 числа.

Держрибагентство надає суб'єктам державного моніторингу вод інформацію про державний моніторинг водних біоресурсів у рибогосподарських водних об'єктах (їх частинах).

Держгеокадастр подає топографо-геодезичну і картографічну інформацію та геопросторові дані в порядку, визначеному законодавством.

Державне космічне агентство (ДКА) подає архівну та оперативну аерокосмічну інформацію дистанційного зондування Землі на території України.

Загальна координація та організація державного моніторингу вод здійснюються Міндовкіллям.

Основний обсяг робіт з моніторингу річок виконують пункти спостережень ДСНС, де проводяться дослідження гідрометричних і гідрологічних характеристик водотоків та водойм, а також визначаються гідрохімічні і гідробіологічні показники якості поверхневих вод. Ці пункти розподілені по 10 річкових басейнах України. Найбільше пунктів спостережень за кількісними і якісними показниками розташовано в басейні Дніпра, розвинута мережа спостережень в басейнах Дунаю та Дністра.

Знання багаторічних характеристик елементів гідрометеорологічного режиму і даних поточних спостережень дають змогу розв'язувати конкретні завдання, пов'язані з інформуванням і прогнозуванням, а також з гідрологічними розрахунками.

4.3. Визначення масивів поверхневих вод

Перед налагодженням системи спостережень і контролювання якості поверхневих вод необхідно визначитись з об'єктом досліджень, тобто масивом поверхневих вод.

Встановлення масивів поверхневих вод здійснюється суб'єктами державного моніторингу вод, визначеними Порядком здійснення державного моніторингу вод, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року № 758, з метою деталізації гідрографічного районування території України, розроблення програми державного моніторингу вод, а також розроблення та оцінки ефективності виконання планів управління річковими басейнами (ПУРБ).

Визначення МПВ є складовою аналізу характеристик району річкового басейну (РРБ), здійснюється для точного опису стану поверхневих вод, ґрунтується на географічних та гідрологічних показниках, а також інформації щодо основних антропогенних впливів на кількісний та якісний їх стан, економічному аналізу водокористування та результатах виконання програми державного моніторингу вод.

Згідно «Методики визначення масивів поверхневих і підземних вод», затвердженої наказом Міністерства екології та природних ресурсів України 14.01.2019 року № 4.

Масиви поверхневих вод є поверхневими водними об'єктами або їх частинами, для яких встановлюються екологічні цілі та які використовуються для оцінки досягнення цих екологічних цілей.

Екологічний стан МПВ визначається за біологічними показниками з використанням гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників і на основі екологічного нормативу якості води класифікується як «відмінний», «добрий», «задовільний», «поганий» або «дуже поганий».

Хімічний стан масиву поверхневих вод визначається за окремими групами забруднюючих речовин і на основі екологічного нормативу якості води класифікується як «добрий» або «недосягнення доброго».

Стратегічною екологічною ціллю для всіх РРБ є досягнення або підтримання «доброго» екологічного та хімічного станів масивів поверхневих вод.

Добрий екологічний стан поверхневих вод – екологічний стан водних об'єктів, який свідчить, що хоча вони й зазнають впливу людської діяльності, проте мають багату, збалансовану, благополучну екосистему і воду задовільної споживної цінності.

Екологічний потенціал штучного (ШМПВ) або істотно зміненого масиву поверхневих вод (ІЗМПВ) визначається за біологічними показниками з використанням гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників і на основі екологічного нормативу якості води класифікується як «добрий», «задовільний», «поганий» або «дуже поганий».

Для ШМПВ та ІЗМПВ масивів поверхневих вод стратегічною екологічною ціллю є досягнення та підтримання «доброго» екологічного потенціалу і «доброго» хімічного стану.

Масив поверхневих вод має бути окремою та значущою частиною водного об'єкта. Він не повинен перекриватися іншим або накладатися на інший масив поверхневих вод, не може бути складовим елементом несуміжних з ним поверхневих вод. Потрібно уникати зайвого поділу водних об'єктів на менші масиви, проте допускається їх об'єднання. Вони визначаються принаймні 1 раз на 6 років до розроблення програми державного моніторингу вод та ПУРБ. За потреби масиви вод переглядаються та уточнюються.

МПВ повинен відрізнятися від суміжних масивів за певними ознаками (наприклад, бути іншої категорії, мати інший екологічний або хімічний стан, зазнавати специфічного антропогенного впливу).

До основних критеріїв, за якими визначається масив поверхневих вод, належать:

- категорія поверхневих вод;
- екорегіон;
- типологія;
- географічні та гідроморфологічні відмінності;
- зміна екологічного стану;
- зони (території), які підлягають охороні.

Критерієм для визначення масивів поверхневих вод є віднесення всіх поверхневих вод до однієї з п'яти **категорій**:

- річки;
- озера;
- перехідні води;
- прибережні води;
- штучні або істотно змінені масиви поверхневих вод.

Масив поверхневих вод не може складатися з різних категорій поверхневих вод. Його відносять до однієї або іншої категорії, межею

масиви поверхневих вод є точка переходу від однієї категорії до іншої.

Перехідні води – поверхневі води, що належать до систем естуаріїв. Характеризуються частковою солоністю внаслідок зв'язку з прибережними морськими водами, але на них суттєво впливає надходження прісної води.

Естуарії – ділянки гідросфери, які є перехідними зонами між поверхневими водами суші та морями. В екологічному відношенні естуарії є екотонами, тобто перехідними зонами мешкання прісноводних і морських угруповань гідробіонтів.

Прибережні води – поверхневі води, що простягаються у бік до берега від лінії, кожна точка якої розташована на відстані однієї морської милі у бік до моря від найближчої точки базової лінії, від якої вимірюється ширина територіальних вод. Крім того, там, де це доцільно, ця лінія простягається до зовнішньої межі перехідних (проміжних) вод.

МПВ категорій «річки» та «озера» мають належати до одного з таких екорегіонів: Карпати, Понтійська провінція, Східні рівнини, Угорська низовина (рис. 4.2).

Масиви поверхневих вод категорій «перехідні води» та «прибережні води» розташовані в екорегіоні Середземне море і мають належати до одного з таких субекорегіонів: Чорне море, Азовське море. Межа екорегіонів є лінією поділу водного об'єкта на окремі масиви поверхневих вод. Розміщення районів річкових басейнів у межах екорегіонів наведено у табл. 4.2.



Рис. 4.2. Схематичне зображення екорегіонів для категорій поверхневих вод «річки» та «озера»

Таблиця 4.2

Розміщення районів річкових басейнів у межах екорегіонів

Район річкового басейну (РРБ)	Екорегіони	
	кількість екорегіонів у межах РРБ	назва екорегіону
Район басейну р. Дніпро	Для категорій «річки» та «озера» – 2 Для категорій «перехідні води» та «прибережні води» – 1	Східні рівнини, Понтійська провінція; Середземне море (субекорегіон: Чорне море)
Район басейну р. Дністер	Для категорій «річки» та «озера» – 3 Для категорій «перехідні води» та «прибережні води» – 1	Карпати, Східні рівнини, Понтійська провінція; Середземне море (субекорегіон: Чорне море)
Район басейну р. Дунай	Для категорій «річки» та «озера» – 3 Для категорій «перехідні води» та «прибережні води» – 1	Угорська низовина, Карпати, Понтійська провінція; Середземне море (субекорегіон: Чорне море)
Район басейну р. Південний Буг	Для категорій «річки» та «озера» – 2	Східні рівнини, Понтійська провінція
Район басейну р. Дон	Для категорій «річки» та «озера» – 1	Східні рівнини
Район басейну р. Вісла	Для категорій «річки» та «озера» – 2	Східні рівнини, Карпати
Район басейну річок Криму	Для категорій «річки» та «озера» – 1 Для категорій «перехідні води» та «прибережні води» – 2	Понтійська провінція; Середземне море (субекорегіони: Чорне море, Азовське море)
Район басейну річок Причорномор'я	Для категорій «річки» та «озера» – 1 Для категорій «перехідні води» та «прибережні води» – 1	Понтійська провінція; Середземне море (субекорегіон: Чорне море)
Район басейну річок Приазов'я	Для категорій «річки» та «озера» – 2 Для категорій «перехідні води» та «прибережні води» – 1	Східні рівнини, Понтійська провінція; Середземне море (субекорегіон: Азовське море)

За масштабних, відчутних (не менше, ніж протягом року) змін природних характеристик водного об'єкта та таких, що мають негативний вплив на водну екосистему масив поверхневих вод відносять до істотно змінених (ІЗМПВ). *Попередньо* масив поверхневих вод можна віднести до категорії ІЗМПВ у разі:

- перешкод у руслі (наприклад, греблі), що призвели до порушення вільної течії води, транспорту наносів та зважених речовин і вільної міграції водних організмів, коливання рівнів води;

- змін характеристик водного режиму (зменшення або збільшення природних витрат води на 30% і більше за рахунок перерозподілу стоку; якщо існують технічні можливості коливання рівнів води (наприклад, на гідровузлах) понад 1 м на добу;

- якщо щонайменше 70% довжини масиву поверхневих вод зазнало впливу на гідрологічний режим та змін морфології русла, берега або прилеглої частини заплави;

- змін фізико-хімічних показників води (наприклад, температура, вміст кисню), пов'язаних з антропогенним впливом, які призводять до загибелі або зміни домінуючих видів гідробіонтів.

Остаточо – за результатами моніторингу біологічних показників якості.

Масив поверхневих вод можна віднести до категорії ШМПВ, якщо його створено на тому місці, де раніше не було поверхневих вод природного походження та, якщо він не є результатом зміни, перенесення або реконструкції поверхневого водного об'єкта. ШМПВ вважаються магістральні канали, наливні водосховища, ставки, наливні водойми-охолоджувачі, канали, створені для територіального або міжбасейнового перерозподілу стоку, зрошувальні системи, осушувальні системи, кар'єрні озера тощо.

МПВ різних категорій у межах певного екорегіону поділяються залежно від їх типу. При цьому масив не може складатися з масивів різних типів. Показники для поділу за типами категорій «річки» та «озера» наведено у табл. 4.3. При цьому для показника «висота водозбору» застосовується детальна розбивка з огляду на відмінність деяких біологічних показників залежно від висоти водозбору. Ізолінія висоти рельєфу (200, 500, 800 метрів) у місці перетину нею річки або озера є межею масиву поверхневих вод. Точка зміни площі водозбору річки (100, 1000, 10 000 км²) також є межею масиву поверхневих вод.

Поділ за типами категорій «річки» і «озера» згідно з показником «геологічні породи» здійснюється за переважаючим типом геологічних порід згідно з типами геологічних порід (рис. 4.3).

Таблиця 4.3

Показники для поділу за типами категорій «річки» та «озера»

	Категорія поверхневих вод	
	річки	озера
Екорегіон	Карпати Угорська низовина Понтійська провінція Східні рівнини	
	Показники	
Тип	1. Висота водозбору, м: середньогір'я: понад 800 низькогір'я: від 500 до 800 височина: від 200 до 500 низовина: менше ніж 200	1. Висота водозбору, м: середньогір'я: понад 800 низькогір'я: від 500 до 800 височина: від 200 до 500 низовина: менше ніж 200
		2. Середня глибина, м: мілке: менше ніж 3 середнє за глибиною: від 3 до 15 глибоке: понад 15
	2. Площа водозбору, км²: мала: від 10 до 100 середня: від 100 до 1 тис. велика: від 1 тис. до 10 тис. дуже велика: понад 10 тис.	3. Площа водного дзеркала, км²: мале: від 0,5 до 1 середнє: від 1 до 10 велике: від 10 до 100 дуже велике: понад 100
	3. Геологічні породи: вапнякові силікатні органічні	4. Геологічні породи: вапнякові силікатні органічні



Рис. 4.3. Типи геологічних порід

Для поділу масивів поверхневих вод за типами категорій «перехідні води» та «прибережні води» використовують показники наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Показники для поділу за типами категорій «перехідні води» та «прибережні води»

	Категорія поверхневих вод	
	перехідні води	прибережні води
Екорегіон	Середземне море	
Суб-екорегіони	Чорне море Азовське море	
	Показники	
Тип	1. Середньорічна солоність, ‰: опріснені: менше ніж 0,5 олігогалінні: від 0,5 до 5 мезогалінні: від 5 до 18 полігалінні: від 18 до 30 еврігалінні: від 30 до 45 гіпергалінні: понад 45	1. Середньорічна солоність, ‰: мезогалінні: від 5 до 18
	2. Походження: лимани закриті лимани відкриті узмор'я	2. Експозиція (захищеність від хвиль та вітрів): захищені (затоки, бухти); відкриті (мисові зони, пряме узбережжя)
		3. Середня глибина, м: мілкі: менше ніж 15 середні за глибиною: від 15 до 50 глибокі: понад 50
		4. Донні відклади: глинисто-мулисті мулисто-піщані піщані

Для перехідних вод, крім показників «екорегіон», «середньорічна солоність» використовується показник «походження». За цим показником перехідні води поділяються на:

- лимани закриті – ті, що постійно від'єднані від моря;
- лимани відкриті – ті, що мають постійне пряме гідравлічне з'єднання з морем (деякі з них мають водообмін з морськими водами через штучно побудовані протоки або ворота);
- узмор'я – частина акваторії моря, яка знаходиться під впливом притоку річкової прісної води.

Для прибережних вод використовуються ще і показники:

- «експозиція (захищеність від хвиль та вітрів)» – з урахуванням дії переважаючих вітрів та хвиль;

- «донні відклади» – з урахуванням переважаючого субстрату у межах прибережних вод;

- граничні значення показника «середня глибина» враховує специфіку (прозорість води) Чорного та Азовського морів – з урахуванням переважаючих глибин прибережних вод.

Поділ за типами штучних та істотно змінених масивів поверхневих вод виконується із застосуванням показників тих природних категорій вод, які найбільшою мірою їм відповідають (наприклад, водосховище – озеру, канал – річці).

Місце впадіння притоки, яка є подібною за гідрологічними характеристиками (розмір басейну, об'єм стоку) або злиття річок є підставою для розмежування масивів поверхневих вод, або визначення масиву у річці притоки, що відчутно збільшує її водність (рис. 4.4).

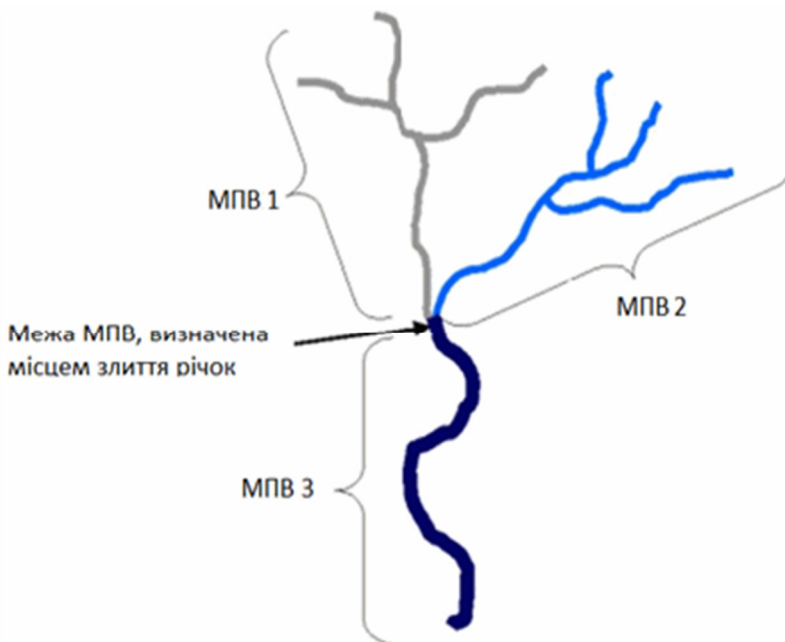


Рис. 4.4. Схема визначення масивів поверхневих вод у місці злиття двох річок

Зміни гідрологічних та/або морфологічних характеристик поверхневих вод у результаті діяльності людини також є підставою для виділення масиву поверхневих вод (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Схема визначення масивів поверхневих вод з урахуванням гідроморфологічних змін

Зміна екологічного стану поверхневих вод є окремим критерієм для визначення масиву поверхневих вод (рис. 4.6). Встановлення екологічного стану здійснюється за даними моніторингу та/або оцінки основних антропогенних впливів.

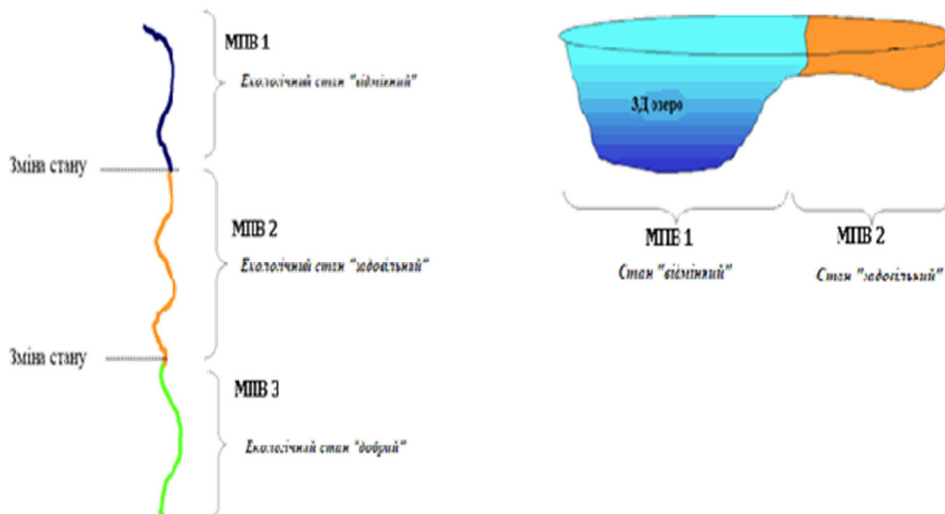


Рис. 4.6. Схема визначення масивів поверхневих вод відповідно до зміни екологічного стану

Під час визначення меж масиву поверхневих вод обов'язково враховуються і різні види використання поверхневих вод (наприклад,

для питних потреб), а також зони (території), які підлягають охороні (наприклад, об'єкти Смарагдової мережі, зони санітарної охорони, зони охорони цінних видів водних біоресурсів). У разі якщо зона (територія), яка підлягає охороні, не повністю розташована у межах масиву поверхневих вод, можливим є поділ масиву поверхневих вод на різні масиви поверхневих вод.

4.4. Принципи організації спостереження і контролювання стану масивів поверхневих вод

Залежно від цілей та завдань державного моніторингу вод встановлюються такі процедури:

- процедура *діагностичного* моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура *операційного* моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура *дослідницького* моніторингу масивів поверхневих вод;
- процедура моніторингу морських вод.

Діагностичний, операційний та дослідницький моніторинги здійснюються за басейновим принципом.

Діагностичний моніторинг здійснюється для масивів поверхневих вод з метою:

- ✓ доповнення та підтвердження результатів визначення основних антропогенних впливів на кількісний і якісний стан поверхневих вод, у тому числі від точкових і дифузних джерел;
- ✓ розроблення програми державного моніторингу вод;
- ✓ встановлення референційних умов та оцінки їх довгострокових змін;
- ✓ оцінки довгострокових змін, спричинених антропогенним впливом на кількісний і якісний стан поверхневих вод, у тому числі від точкових і дифузних джерел.

Операційний моніторинг здійснюється для масивів поверхневих вод, у яких існує ризик недосягнення екологічних цілей, а також масивів поверхневих вод, забір води з яких для задоволення питних і побутових потреб населення в середньому протягом року становить більше ніж 100 куб. метрів на добу, з метою:

- ✓ визначення екологічного і хімічного стану масивів поверхневих вод;

✓ оцінки змін в екологічному і хімічному стані масивів поверхневих вод (в екологічному потенціалі штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод), що є результатом виконання плану управління річковим басейном.

Дослідницький моніторинг здійснюється для масивів поверхневих вод з метою:

- ✓ встановлення причин відхилення від екологічних цілей;
- ✓ з'ясування масштабу та наслідків аварійного забруднення вод;
- ✓ встановлення причин наявності ризику недосягнення екологічних цілей, виявленого в процесі здійснення діагностичного моніторингу, до початку виконання операційного моніторингу.

Моніторинг масивів поверхневих вод передбачає організацію мережі пунктів спостережень за природним складом і забрудненням поверхневих вод. Мережі спостережень створюють з дотриманням певних вимог:

- надання переваги вивченню і контролюванню антропогенної дії на поверхневій воді;
- систематичність і комплексність спостережень за біологічними, фізико-хімічними, хімічними та гідроморфологічними показниками та проведення відповідних гідрологічних вимірів;
- узгодження строків спостережень з характерними гідрологічними ситуаціями;
- визначення показників якості води єдиними методами;
- оперативність одержання інформації про якість води.

Основним принципом організації спостережень є їх комплексність, яка передбачає узгоджену програму робіт з гідрохімії, гідрології, гідробіології та забезпечує спостереження якості води за біологічними, фізико-хімічними, хімічними та гідроморфологічними показниками.

Найважливішим етапом організації робіт є вибір місця розташування пункту спостереження. Моніторинг масивів поверхневих вод проводиться на постійних та тимчасових пунктах спостереження, які розміщують у місцях, де наявний або відсутній вплив господарської діяльності.

Пункт спостереження за якістю поверхневих вод – місце на водоймищі або водотоці, де проводять комплекс робіт для одержання даних про якісні й кількісні характеристики води.

Основними об'єктами, які потребують моніторингу є: місця скиду стічних і дощових вод міст, селищ, сільськогосподарських комплексів; місця скиду стічних вод окремих підприємств, ТЕС, АЕС; місця скиду

колекторно-дренажних вод, які відводяться зі зрошувальних або осушуваних земель; кінцеві створи великих та середніх річок, які впадають в моря, внутрішні водоймища; на границях економічних районів, республік, країн, що перетинають транзитні річки; кінцеві гідрологічні створи річкових басейнів, за якими складають водогосподарські баланси; гирлові зони забруднених приток головної річки.

Пункти спостереження розташовують з урахуванням стану та перспектив використання водних об'єктів на підставі попередніх досліджень, які передбачають:

- збирання та аналізування відомостей про водокористувачів, джерела забруднення вод, аварійні скиди, що відбувалися раніше, даних про режимні, фізико-географічні морфометричні ознаки масивів поверхневих вод;

- обстеження МПВ та прибережних водоохоронних смуг з метою визначення їх стану, виявлення додаткових джерел забруднення, визначення зон забрудненості та переліку специфічних забруднюючих речовин, виокремлення характерних біотопів.

На пунктах спостереження досліджують один або кілька створів.

Створ пункту спостереження – умовний поперечний переріз водоймища або водотоку, де проводиться комплекс робіт для одержання інформації про якість води.

Створи спостережень розміщують з урахуванням гідрометричних умов та морфологічних особливостей МПВ, наявності джерел забруднення, об'єму та складу стічних вод.

На водотоках у разі відсутності організованого скиду зворотних вод, у гирлах забруднених приток, на незабруднених ділянках водотоків, на передгреблевих ділянках річок, на кінцевих ділянках річок і в місцях перетину державного кордону України встановлюють **один створ**.

Вода зворотна – вода, яка повертається за допомогою технічних споруд і засобів господарської ланки кругообігу води до його природних ланок (річкової, озерної, морської, літогенної) у вигляді стічної, скидної або дренажної води.

На водотоках при наявності організованого скиду зворотних вод встановлюють **два і більше створів**.

При спостереженнях за водоймою загалом встановлюють не менше трьох створів, по можливості рівномірно розподілених її

акваторією з урахуванням конфігурації берегової лінії.

Кожний створ має кілька вертикалей та горизонталей. Їх розташування в кожному створі визначається характером скидів, особливостями течії водоймища або водотоку, рельєфом дна.

Вертикаль створу – умовна вертикальна лінія від поверхні води до дна водоймища або водотоку, на якій здійснюють дослідження для отримання інформації про якість води.

Кількість вертикалей в створі на водотоці визначають з урахуванням умов змішування вод водотоку із зворотними водами, а також з водами приток. При неоднорідному хімічному складі води в створі встановлюють не менше трьох вертикалей: на стрижні (лінія найбільших поверхневих швидкостей течії річки, на прямих ділянках розташована, зазвичай, на середині водотоку, на вигині – ближче до увігнутого берега) та на віддалі 3–5 м від берегів, а при однорідному хімічному складі – одну вертикаль на стрижні водотоку.

Кількість вертикалей у створі на водоймах зумовлена шириною зони забруднення. Першу вертикаль розміщують на відстані не більше 0,5 км від берега або від місця скиду зворотних вод, останню – безпосередньо за межею зони забруднення.

Горизонт створу – зона на вертикалі (в глибину), де виконують комплекс досліджень для одержання інформації про якість води.

Кількість горизонтів на вертикалі визначають з урахуванням глибини водного об'єкта. За глибини до 5 м встановлюють один горизонт біля поверхні води (влітку – 0,3 м нижче поверхні, взимку – біля нижньої поверхні льоду). Якщо глибина становить від 5 до 10 м виокремлюють два горизонти: біля поверхні і поблизу дна (на відстані 0,5 м від дна). У разі, коли глибина більша 10 м, встановлюють три горизонти: біля поверхні, посередині і поблизу дна. При глибині більше 100 м встановлюються горизонти біля поверхні, на глибинах 10, 20, 50, 100 м та біля дна. Крім цього, необхідно виокремити додаткові горизонти в кожному шарі зміни густини води.

Раціональне розміщення пунктів спостережень, систематичність, комплексність і точність при здійсненні моніторингу масивів поверхневих вод дають змогу отримати достовірну інформацію, яка може бути використана як з практичною, так і з теоретичною метою.

Програма та терміни проведення моніторингових робіт у пунктах спостереження

З 2019 року в Україні запроваджено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви. Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 затверджено новий «Порядок здійснення державного моніторингу вод», яким визначено чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу без дублювання повноважень. Для його здійснення Міндовкілля, з урахуванням пропозицій суб'єктів державного моніторингу вод, розробляє та затверджує програму державного моніторингу вод.

Програма державного моніторингу вод повинна містити:

- інформацію про об'єкт державного моніторингу вод (код, найменування об'єкта, місце розташування та інші характеристики);
- біологічні, фізико-хімічні, хімічні та гідроморфологічні показники, періодичність здійснення моніторингу, інформацію про суб'єкта та виконавця моніторингу вод.

Програма спостережень – оптимальна кількість показників, що характеризують якість води у певному місці та у певний час.

Програма розробляється з урахуванням законодавства у сфері рибного господарства та рибної промисловості, охорони, використання та відтворення водних біоресурсів. На виконання міжнародних зобов'язань можуть розроблятися спільні з прибережними державами програми моніторингу вод.

Для цілей здійснення державного моніторингу вод визначаються масиви поверхневих вод, основні антропогенні впливи на кількісний і якісний стан поверхневих вод, у тому числі від точкових і дифузних джерел.

Діагностичний моніторинг здійснюється протягом першого року проведення державного моніторингу вод. Для масивів поверхневих вод, у яких відсутній ризик недосягнення екологічних цілей, діагностичний моніторинг здійснюється додатково протягом четвертого року виконання державного моніторингу вод.

Операційний моніторинг здійснюється щороку в період між роками проведення діагностичного моніторингу. Показники, за якими проводиться операційний моніторинг, та періодичність їх вимірювання встановлюються з урахуванням результатів діагностичного та дослідницького моніторингу, даних, одержаних в результаті здійснення заходів державного нагляду (контролю) та державного

соціально-гігієнічного моніторингу, даних передбаченої законодавством звітності (включаючи державну статистичну звітність), а також даних та інформації щодо об'єктів та видів діяльності, що підлягають оцінці впливу на довкілля згідно із Законом України «Про оцінку впливу на довкілля».

Дослідницький моніторинг здійснюється суб'єктами державного моніторингу вод, які самостійно визначають пункти моніторингу, перелік показників та періодичність їх вимірювання з урахуванням особливостей, зазначених у табл. 4.5. Складовими державного моніторингу масивів поверхневих вод є моніторинг біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників.

Біологічні спостереження. У водному середовищі зосереджені складні комплекси різноманітних хімічних сполук, вплив яких на живі організми відрізняється від дії їх складових. У результаті перетворення забруднювальних речовин, а також їх взаємодії у водному середовищі утворюються хімічні з'єднання, які важко піддаються аналізу. Багатьом з них притаманні молекулярна стійкість і висока токсичність з вираженим мутагенним ефектом, тому контроль за забрудненням водного об'єкту лише за фізичними та хімічними чинниками недостатній. З 1974 р. здійснюється систематичний моніторинг поверхневих вод за біологічними показниками.

Біологічні показники – кількісні і якісні характеристики різних груп водного населення, що використовуються для оцінки еколого-санітарного стану водних екосистем.

Спостереження за якістю поверхневих вод за біологічними показниками виконують з метою одержання об'єктивних даних, накопичення яких необхідне для виявлення довготривалих змін у водних екосистемах.

Біологічні показники дають змогу:

- визначати екологічний стан водних об'єктів;
- оцінювати якість поверхневих вод як середовища життя організмів, що населяють МПВ;
- визначати сумарний ефект дії забруднювальних речовин;
- визначати специфічний хімічний склад води та його походження;
- перевіряти наявність або відсутність повторного забруднення вод;
- виявляти довгострокові зміни, що відбуваються у водних об'єктах.

Вони також є допоміжною інформацією при визначенні умов скиду, характеру та меж поширення стічних вод; при дослідженні біотрансформації забруднюючих речовин; при боротьбі з

евтрофікацією та заростанням вищими рослинами; при проектуванні гідротехнічних споруд тощо.

Усереднюючого біологічного показника не існує. Якість води визначають, оцінюючи реакцію гідробіонтів на забруднення. Індикаторами-гідробіонтами є зообентос, перифітон, зоопланктон і фітопланктон.

Зообентос – сукупність донних тварин, що живуть на дні або в ґрунті морських і прісних водойм.

Таблиця 4.5

Програма державного моніторингу масивів поверхневих вод

Найменування суб'єкта моніторингу	Найменування показника	Періодичність	Примітки
Діагностичний моніторинг			
<i>Річки</i>			
<i>ДСНС</i>	<i>Біологічні:</i>		
	фітопланктон: - біомаса об'ємна - біомаса за хлорофілом <i>a</i> - кількість видів - кількість родин	не менше ніж двічі на рік	тільки для великих і дуже великих річок на низовині
	мікрофітобентос (діатомові): - кількість видів - кількість родин - чисельність	не менше ніж один раз на рік	тільки для річок на низовині
	судинні рослини: - кількість видів - кількість родин - кількість поясів	не менше ніж один раз на рік	
	- проективне покриття водного дзеркала - частота зустрічальності інвазивних видів - частка проективного покриття за рахунок інвазивних видів		
	донні макробезхребетні: - кількість видів - кількість індикаторних груп - чисельність - біомаса - домінуючі види - види, що підлягають особливій охороні - види, що перебувають під загрозою зникнення - інвазивні види	не менше ніж один раз на рік	

продовження табл. 4.5

	риби: - кількість видів - кількість видів, що підлягають особливій охороні - частота прилову інвазивних видів - розмірно-вікова та статева структура популяцій - кількість молоді «на скаті»	не менше ніж один раз на рік	
ДСНС	<i>хімічні та фізико-хімічні:</i>		
	температура	щомісяця	
	розчинений кисень		
	мінералізація		
	питома провідність, електропровідність		
	водневий показник		
	біологічне споживання кисню		
	хімічне споживання кисню		
	нітроген загальний		
	нітроген амонійний		
	нітроген нітритний		
	нітроген нітратний		
	фосфор загальний		
фосфор ортофосфатів			
Держводагентство	специфічні синтетичні забруднюючі речовини (пестициди, фармацевтичні препарати та інші речовини)	щомісяця	
	специфічні несинтетичні забруднюючі речовини (арсен, купрум, цинк, хром та інші речовини)		
	забруднюючі речовини згідно з переліком забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, що затверджується Міндовкілля		

продовження табл. 4.5

	хімічні та фізико-хімічні (для масивів поверхневих вод, забір води з яких для задоволення питних і господарсько-побутових потреб населення в середньому протягом року становить більше ніж 100 куб. метрів на добу)		
	усі зазначені хімічні та фізико-хімічні показники	не менше ніж чотири рази на рік (менше ніж 10 тис. осіб)/	визначаються з урахуванням показників, наведених у Державних санітарних нормах та правилах «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»
	речовини, які можуть вплинути на якість питної води	щокварталу не менше ніж вісім разів на рік (від 10 тис. до 30 тис. осіб)/двічі протягом кварталу не менше ніж 12 разів на рік (більше 30 тис. осіб)/щомісяця	
ДСНС	<i>Гідроморфологічні:</i>		
	гідрологічний режим - витрати води та їх динаміка - зв'язок з підземними водами	тричі на місяць щороку	
	неперервність річки	один раз на шість років	
	морфологічні умови - глибина річки та варіативність ширини - структура русла річки та донні відклади - структура прилеглої частини заплави	один раз на шість років та після проходження паводків 10% забезпеч.	

Зообентос формують представники майже всіх груп водних організмів – починаючи від найпростіших і закінчуючи рибами. Деякі тварини можуть постійно або тимчасово прикріплюватися до ґрунту, інші – живуть або плавають біля самого дна. У прісних водах він представлений найпростішими, губками, війковими та

малоцетинковими червами, п'явками, молюсками, ракоподібними. Стан зообентосу характеризує зміни водного середовища протягом тривалого часу. Вивчення зообентосу, відібраного в різних місцях МПВ, дає змогу одержати інтегральні оцінки якості води та ступеня забруднення донних відкладень.

Перифітон – поселення водних рослин і тварин на підводних скелях, камінні, річкових суднах, сваях та інших об'єктах.

Основою перифітону є прикріплені гідробіоти, вусоні ракоподібні, двостулкові молюски, губки, черви, водорості. Дослідження перифітону використовують для оцінювання усередненої якості води протягом довготривалого періоду часу, а також встановлення фактів забруднення (за рахунок накопичення токсикантів) у тому разі, коли в момент спостереження вода уже повністю очистилася.

Зоопланктон – сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями.

У прісноводному зоопланктоні переважають веслоногі, коловертки. Зоопланктон є достатньо надійним індикатором якості води в малопроточних водоймищах, озерах, водосховищах та ставках. Його досліджують для отримання характеристик якості води в пунктах спостереження за порівняно короткий період часу.

Фітопланктон – сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води морських та прісних водоймищ і пасивно переносяться течіями.

Прісноводний фітопланктон утворюють переважно діатомові, синьо-зелені та деякі групи зелених водоростей. Фітопланктон характеризує якість водних мас, де проходив його розвиток, тому на річках забирають проби фітопланктону, які використовують для одержання інформації про рівень забруднення на ділянках, розміщених за течією вище від пунктів спостережень.

За допомогою аналізування біологічних показників можна встановлювати рівень забруднення водного об'єкта як на окремій досліджуваній ділянці, так і поза нею (вище і нижче пункту спостережень). Вивчаючи вміст мікрозабруднювачів, що накопичилися у тканинах риб, молюсків, водного моху, на дні озер, водосховищ і рівнинних річок, можна встановити динаміку

надходження забруднення до водного об'єкта.

Хімічні та фізико-хімічні показники. До основних показників, що зумовлюють швидкість протікання процесу самоочищення водного середовища належать: температура ($^{\circ}\text{C}$), водневий показник рН, концентрація розчиненого кисню (мг/дм^3), вміст органічних речовин (мг/дм^3).

Основним регулятором природних процесів у воді є температура водного середовища. Вона впливає на швидкість хімічних реакцій, функції білків всередині і між фізіологічними системами та органами тварин, тому її вимірювання обов'язкове.

Показник рН визначають як від'ємний логарифм концентрації йонів водню. З його значенням пов'язаний фотосинтез у воді та багато хімічних і фізичних процесів. З'ясування електропровідності дає змогу оцінити концентрації деяких електролітів або загальних розчинених твердих частинок.

Вміст у воді розчиненого кисню є важливим показником, оскільки цей газ виконує основну роль при процесах обміну речовин в живих організмах, а також при утворенні та розчиненні вапна, гнитті органічних речовин.

Концентрація органічних речовин характеризує перебіг хімічних та біологічних процесів у воді.

Перелік показників із зазначенням періодичності здійснення державного моніторингу для типів масивів поверхневих вод категорій «озеро», «перехідні води» та «прибережні води» наведено у Порядку здійснення державного моніторингу вод.

Програми спостережень розроблені для визначення якісного стану масивів поверхневих вод на базі вимірювання параметрів якості води у контрольних створах та проведення її фізико-хімічного та біологічного аналізу. Якість води оцінюють шляхом порівняння хімічних показників, визначених у пункті спостережень, з встановленими нормативами якості води.

Екологічні нормативи якості вод — науково обґрунтовані значення показників (гідроморфологічних, гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, мікробіологічних, радіаційних та ін.) водних екосистем, котрі відображають добрий екологічний стан водного об'єкта та цілі водоохоронної діяльності щодо покращення або збереження його екологічного благополуччя.

На основі отриманих даних визначають рівень забрудненості водного об'єкта і придатність води для використання.

Методи та терміни відбору проб

Правильність оцінки якості води забезпечує виконання таких умов:

- правильний відбір проб води належної кількості;
- репрезентативність проб, тобто відповідність до поставленого завдання як за якістю та об'ємом, так і за вибраними точками та часом відбору, а також технікою відбору, попередньої обробки, умов зберігання та транспортування.

Проба повинна характеризувати якість води за певний проміжок часу. Ступінь характерності одиночної проби великій водній масі залежить від низки чинників: однорідності відібраної водної маси; кількості точок пробовідбору; розмірів окремих проб; способів відбору.

Попередня обробка, транспортування та зберігання проб повинні проводитися у такий спосіб, щоб склад води майже не змінювався.

Проби поділяють на прості та змішані.

Прості проби характеризують якість води у певному пункті відбору, відбираються у визначений час у необхідному об'ємі.

Змішані проби об'єднують кілька простих проб з метою характеристики якості води за певний період часу або певної ділянки досліджуваного об'єкта.

Залежно від мети дослідження вдаються до разового або регулярного відбору проб.

Разовий відбір проб застосовують, коли вимірювані параметри несуттєво змінюються в просторі (глибина, акваторія) масиву поверхневих вод і в часі; закономірності зміни параметрів, що визначаються, попередньо відомі; необхідні лише найзагальніші уявлення про якість води.

Регулярний відбір проб – це такий відбір, за якого кожен пробу відбирають у часовій та просторовій взаємозалежності з іншими.

Стаціонарні спостереження передбачають відбір проб води для фізико-хімічного та хімічного аналізів на стрижні потоку з глибиною 0,2–0,5 м. Якщо русло глибоке, а течія слабка, доцільніше брати проби на різних глибинах. Проби переважно відбирають емальованим відром об'ємом 10 дм³. З відра водою наповнюють посудини для визначення рН, вмісту у воді кисню, діоксиду вуглецю, фіксують відсоток насичення води киснем, а також наповнюють водою пляшки для визначення біохімічного споживання кисню за 5 діб (БСК₅) і для подальшого аналізу в лабораторії. Проби для визначення концентрацій нафтопродуктів, фенолів, синтетичних поверхнево активних речовин (СПАР), важких металів, пестицидів відбирають в окремі пляшки.

Для відбору проб використовують також спеціальні пристрої – батометри різних типів.

Батометр – прилад для відбору проб води з певної глибини з метою визначення її фізичних властивостей та вмісту розчинених і завислих речовин, а також гідробіонтів.

Батометр має відповідати таким вимогам: вода, що проходить крізь нього, не повинна в ньому затримуватися; він повинен щільно закриватися; матеріал пробовідбірника повинен бути хімічно інертний. На практиці широко використовують горизонтальні, перекидні та автоматичні батометри. За допомогою батометра Молчанова проводять відбір проб води для визначення вмісту пестицидів. Відбір проб на значних глибинах (20–30 м) проводять за допомогою батометра Рутнера.

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

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

Точність і якість біологічних спостережень забезпечує правильний відбір проб.

Для кількісного обліку фітопланктону проби відбирають батометром послідовно з горизонтів: поверхня води, 1; 2,5; 5; 10; 20 м і т.д. Відібрані з кожного горизонту проби, зливають у чисте відро, перемішують і відбирають пробу об'ємом 0,5 дм³. Її консервують, додаючи 5 мл формаліну. На малих ріках та на мілководних ділянках відбір проб проводять простим зачерпуванням 0,5 дм³ води з верхнього горизонту (0,2 м).

Для якісного обліку фітопланктону проби відбирають планктонною сіткою. У глибоких місцях проводиться тотальний лов від дна до поверхні, а на мілині фітопланктон відбирають шляхом проціджування крізь сітку не менше 30 дм³ води. Після закінчення вилову осад зливають в окремий посуд і консервують.

Відбір проб зообентосу для якісного аналізу проводять з поверхні або товщі донного ґрунту, а також на доступній глибині з водною рослинністю в прибережній зоні водного об'єкта на ділянці довжиною 50 м в один та на другий бік від створу. Живі організми з водних рослин

збирають сачком або скребачкою. Відібрану пробу фіксують 4% розчином нейтралізованого формаліну (1 частина 40% розчину формаліну на 3 частини води). Збір зообентосу з ґрунту здійснюється за допомогою скребка. На доступній глибині зрізають шар ґрунту і переносять у відро. Обсяг проби – половина відра. Для відокремлення тварин від ґрунту використовують сачок-промивач. При промиванні частина ґрунту проходить крізь сітку, а залишок змивається в центральну частину мішка. Вміст мішка зливають у банку. Ґрунт з тваринами обсягом повинен становити не більше половини банки. Пробу консервують 4% розчином формаліну.

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

Точність, достовірність, комплексність оцінювання забруднень водного середовища забезпечує використання нових, сучасних приладів контролю. Останнім часом у всьому світі впроваджуються автоматизовані системи контролю, перевагою яких є безперервність вимірювань. Автоматизовані системи дають змогу автоматично здійснювати відбір проб води, вимірювання, обробку та передавання інформації. Прискорення і практично безперервне одержання інформації про якість води за допомогою автоматизованих систем контролю зумовлює необхідність їх широкого використання при моніторингу якості вод суші.

Автоматизована система контролю якості води – комплекс технічних засобів, що вимірюють у часі і просторі фізичні, хімічні і біологічні показники якості води, передають інформацію на центральний пункт управління і попереджають про порушення норм водокористування.

Єдину систему моніторингу формують три рівні – засоби оперативного автоматичного контролю забруднення вод; пересувні і стаціонарні гідрохімічні лабораторії; центр опрацювання інформації, отриманої від автоматичних станцій, пересувних і стаціонарних лабораторій.

Засоби оперативного автоматичного контролю забруднення вод поділяють на дві групи – автоматичні станції контролю якості води (АСКЯВ), або монітори, і аналізатори. За їх допомогою визначають низку показників якості води таких, як катіони та аніони, а також мінеральні речовини, специфічні (нафтопродукти, важкі метали, пестициди та ін.) та органічні забруднювачі. У табл. 4.6, 4.7 наведено

показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматичних визначень, а в табл. 4.8 – методи, які використовують для автоматизації аналізу поверхневих вод.

Таблиця 4.6

Показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматизованих визначень

Характерні показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Мінеральні речовини	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-
Органічні речовини	Загальний органічний вуглець, БСК, розчинений кисень
Показники евтрофікації	Первинна продукція та деструкція або хлорофіл; розчинений кисень; NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- Nзаг, PO_4^- , Pзаг.
Показники токсичності	Специфічні біологічні тести (водні організми, ферментативні реакції)
Специфічні забруднюючі речовини	Важкі метали (Hg, Pb, Cd, та ін.), пестициди, нафтопродукти, феноли, СПАР
Загальні показники	Температура, рН, електрична провідність, окисно-відновний потенціал, завислі речовини.

Таблиця 4.7

Показники якості поверхневих вод, які можна визначити автоматичним методом контролю

Характерні показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Органічні речовини	Сума органічних речовин
Показники евтрофікації	Хлорофіл, сума мікродоростей, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- ,
Специфічні забруднюючі речовини	Нафтопродукти (плівка)
Загальні показники	Температура, електрична провідність, завислі речовини.

Таблиця 4.8

Методи, які використовуються для автоматизації аналізу поверхневих вод

Метод	Показники, що вимірюються
<i>Електрохімічні методи</i>	
Потенціометрія (нонометрія)	pH, Eh, Cl ⁻ , F ⁻ , Na ⁺ , NO ₃ ⁻ , S ²⁻ та ін.
Кулонометрія (кулонометричне титрування)	NH ₄ ⁺ , Nзаг, As, Se, Sb, U, Ce, органічні сполуки

продовження табл. 4.8

Кондуктометрія (кондуктометричне титрування)	Питома електрична провідність води, загальна мінералізація, деякі іони (SO_4^{2-} , Cd, Pb, Cu, Sb, Bi, As та ін.), O_2 (розчинений кисень, первинна продукція та деструкція БСК); органічні речовини (пестициди, феноли)
Поляррографія (хронопотенціометрія)	
<i>Спектрометрія</i>	
Фотоколориметрія	Головні іони (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}), біогенні речовини, важкі метали, феноли, ХСК
Уф-спектроскопія	Загальний органічний вуглець
ІЧ-спектрофотометрія	Органічні речовини (лігнін, нафтопродукти та ін.)
Люмінісценція (флюорисценція)	Органічні речовини (гумусові речовини, хлорофіл та продукти його розпаду, нафтопродукти), канцерогенні речовини
Атомна абсорбція	Важкі метали (Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cd, Bi, Hg), лужні та лужноземельні метали
Рентген-спектрометрія	As, Se, Te, Bi та ін.
<i>Хроматографія</i>	
Газорідинна хроматографія	Органічні речовини (пестициди, вуглеводні, органічні кислоти, аміни та ін.)
<i>Комбіновані органічні речовини</i>	
Хроматомас-спектрометрія	Органічні речовини
Газова (колоночна, тонкостінна) хроматографія +УФ– (ІЧ-, люмінесцентна) спектрометрія.	Нафтопродукти
Фотохімічне (хімічне) спалювання + ІЧ – спектрометрія (кулонометрія)	Загальний органічний вуглець
Фотохімічне (хімічне) спалювання + фотоколориметрія	Загальний органічний фосфор, загальний органічний азот

Автоматична станція контролю якості води (АСКЯВ). Це комплексний багатофункціональний пристрій, що дає змогу без участі людини швидко отримувати, опрацьовувати, зберігати і передавати в центр інформацію про фізичні властивості і хімічний склад поверхневих вод. Типовий перелік показників, які визначаються АСКЯВ, наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

**Типовий перелік показників, що визначаються ланками
автоматизованої системи контролю якості води**

Показник	АСКЯВ	ПГХЛ	СГХЛ
h (глибина)	+		
T, °C	+	+	
Мутність	+	+	
X	+	+	
pH	+	+	
Eh	+	+	
O ₂	+	+	+
Cl	+	+	+
SO ₄			+
NO ₃ ⁻	+	+	+
NO ₂ ⁻	+	+	+
PO ₄ ⁻	+	+	+
HCO ₃ ⁻		+	+
CO ₃ ²⁻		+	+
F ⁻	+	+	+
УФ- світлопропускання	+		
S ²⁻			+
CN ⁻		+	+
Na ⁺	+	+	+
K ⁺	+		+
Ca ²⁺	+		+
Mg ²⁺			+
NH ₄ ⁺	+	+	+
Fe _{заг}	+	+	+
Cu ²⁺	+	+	+
Zn ²⁺		+	+
Cr ³⁺		+	+
Sr ²⁺			+
Cd ²⁺	+		+
Hg ⁺	+		+
Pb ²⁺	+		+
Mn			+
As ³⁺			+
SiO	+		+
XCK		+	+
Сорг	+	+	+

продовження табл. 4.9

Норг		+	+
Жири			+
БСК			+
СПАР			+
Феноли			+
Нафтопродукти		+	+
Сума органічних кислот			+
Пестициди			+
Рорг			+

Аналізатори. Прилади, що дають можливість отримувати дані про хімічний склад води в умовах лабораторій або безпосередньо на місці біля водного об'єкта автоматичним або напівавтоматичним способом.

Пересувні гідрохімічні лабораторії (ПГХЛ) забезпечують оперативне контролювання якості води, яке неможливо здійснити за допомогою АСКЯВ, одержують інформацію безпосередньо на водному об'єкті й одночасно доставляють проби для детального аналізу в стаціонарних лабораторіях.

Стаціонарна гідрохімічна лабораторія (СГХЛ). У постійній, непересувній гідрохімічній лабораторії можна робити хімічний аналіз води, визначати багато компонентів її хімічного складу, отримувати ту інформацію про якість води, яку неспроможні надати АСКЯВ і ПГХЛ.

Центр оброблення гідрохімічної інформації. Завданням центру є опрацювання, систематизація і інтерпретація інформації, одержаної від АСКЯВ, ПГХЛ, СГХЛ; організація зв'язку з усіма споживачами інформації; технічне обслуговування засобів; збирання, перевірка на достовірність, опрацювання, збереження і надання користувачам різноманітних видів інформації, зокрема оперативних короткострокових прогнозів стану водного об'єкта.

Використовуючи автоматизовану або автоматичну станції контролю якості води, можна контролювати водні об'єкти за кількома параметрами одночасно. Ці пристрої і прилади забезпечують відбір проб води безперервно або через певні проміжки часу. У разі виникнення надзвичайної ситуації (перевищення норми концентрації забруднювача) станції переходять в аварійний режим роботи, тобто фіксують вимірювані параметри у визначені проміжки часу з одночасним відбором проб, а також сигналізують про таку ситуацію на центральну станцію.

Для забезпечення виконання вимірювань пріоритетних забруднюючих речовин натепер здійснюється облаштування 4

базових лабораторій – Західного, Східного, Північного та Південного регіонів:

- Лабораторія Західного регіону (м. Івано-Франківськ);
- Лабораторія Східного регіону (м. Слов'янськ, Донецька область);
- Лабораторія Північного регіону (м. Вишгород, Київська область);
- Лабораторія Південного регіону (м. Одеса).

Результати проведених досліджень якості поверхневих вод можна переглянути на веб-ресурсі «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України»

(<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>).

4.5. Оцінювання і прогнозування якості води

Для вирішення багатьох водоохоронних завдань необхідна узагальнена інформація про стан водних об'єктів, яка дозволяє комплексно оцінювати як ступінь їх забрудненості, так і здатність до самоочищення. Оцінювання і класифікація якості води базується на системі контрольних показників, з якими порівнюється якість досліджуваної води. Існують одиничні, опосередковані (непрямі) та комплексні оцінки забрудненості поверхневих вод за гідрохімічними показниками. Саме комплексні оцінки дають точнішу і об'єктивнішу інформацію про якість поверхневих вод.

Комплексне оцінювання забрудненості поверхневих вод – інформація про забруднення або про якість води, виражена за допомогою певних систем показників або обмеженої сукупності характеристик її складу і властивостей, які порівнюються з критеріями якості води чи нормативами для певного виду водокористування.

Оцінювання природної якості води в період маловодної фази стоку

Природна якість води річок і озер є тим фоном та основою, на яких відбуваються якісні зміни стану водного об'єкта, спричинені дією людини.

Природний стан поверхневих вод – стан поверхневих вод, який існував чи може існувати за умов відсутності чи незначного впливу людської діяльності; якість води при цьому характеризується фоновими (природними, еталонними) значеннями показників якості.

Кількісну оцінку хімічних інгредієнтів здійснюють за результатами аналізу одиночних проб води в пунктах гідрометричних вимірів. Дані гідрохімічного аналізу дають змогу одержати відомості про якість води лише в пунктах відбору проб води. Загальну інформацію про якість води недостатньо вивчених рік можна отримати на основі дослідження даних гідрохімічних характеристик "місцевого стоку", тобто хімічних інгредієнтів, які утворюються в результаті розчинення неорганічних і органічних сполук у товщі ґрунтів, що утворюють водозбори малих річок. Хімічний склад води великих та середніх рік є наслідком змішування різних за складом вод, які формуються на малих річках.

Досліджуючи природну якість води, звертають увагу також на її генезис (походження), зважаючи на те, що:

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

Повінь – фаза водного режиму річок, яка характеризується найбільшою водністю, значним, відносно тривалим підвищенням рівня води і спостерігається щороку в один і той же сезон.

Межень (меженний період) – фаза водного режиму річок, яка характеризується низькою водністю, тривалим збереженням низького рівня води і виникає внаслідок зменшення живлення вотоку.

Отже, природна якість води змінюється протягом року. На основі досліджень проводять картування (переведення натурного оригіналу у графічну модель) хімічних характеристик вод різного походження. Це дає змогу отримати інформацію про кількість хімічних інгредієнтів місцевого стоку мало досліджених річок у різні фази водності, а також про їх гідрохімічний режим.

Оскільки малі річки найлегше забруднюються, то для оцінки фонового стану якості води необхідно ретельно аналізувати вихідні дані та не брати до уваги при аналізі створи із суттєво порушеним

гідрохімічним режимом.

При визначенні хімічного складу місцевого стоку малих річок необхідно дотримуватися певних умов:

- поверхня водозбору повинна бути однорідною за рельєфом, з малими перепадами висоти;
- басейн водотоку повинен бути сформований породами одного літологічного складу і не мати суттєвого притоку підземних вод з-поза меж даного водозбору;
- ґрунтовий покрив водозбору мусить бути однорідним за ступенем засоленості хлоридами, сульфатами;
- переважаюча рослинність повинна займати 70–75% площі водозбору;
- формування фаз водності має відчуватися одночасно на всьому водозборі.

Карти складаються за даними середніх багаторічних значень хімічних інгредієнтів, які характерні для певної фази стоку. При аналізі мінералізації та хімічного складу вод дані про мінералізацію позначаються на карті ізолініями. Крок ізоліній залежить від діапазону коливань мінералізації та масштабу карти. Переважно його приймають кратним 10 або 100 мг/дм³. Дані про хімічний склад води наносять на карту у вигляді значень вмісту аніонів і катіонів, виражених у відсотковому еквіваленті. Межі районів визначають границями коливань значень у відсотковому еквіваленті. В один район переважно об'єднують значення, які відрізняються від середнього по району на 10–15%.

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

Оцінювання якості масивів поверхневих вод в умовах антропогенної дії

При використанні водного об'єкта з конкретною метою необхідно оцінити властивості та склад води з точки зору їх придатності для водокористування, тобто оцінити кількість та якість води. Багаторічні та сезонні коливання річкового стоку і запасів прісних вод у водоймах зумовлюють нерівномірність розподілу в часі обсягу водних ресурсів. Проблеми з водозабезпеченням виникають у маловодні періоди, коли на річках спостерігається різке зменшення витрат води, а на озерах – падіння рівня. Меженний період на річках може продовжуватись

протягом літньо-осінньо-зимового періодів, що становить 6–8 місяців. Меженний стік у десятки і навіть сотні разів менший від стоку повені і паводків. Мінімальний стік територією розподіляється дуже нерівномірно. Це лімітує водоспоживання, що разом із збільшенням об'єму стічних вод зумовлює необхідність комплексного вирішення проблеми водозабезпечення, тому інформація про формування якості води в період низького стоку особливо важлива.

Відповідно до Водного кодексу України оцінка якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних нормативів якості води водних об'єктів.

Оцінка якості води на основі нормативів екологічної безпеки водокористування. Діючі нормативи дають змогу оцінити якість води, яка використовується для комунально-побутового, господарсько-питного та рибогосподарського водокористування. До комунально-побутового водокористування належить застосування водних об'єктів для купання, занять спортом та відпочинку. Господарсько-питне водокористування охоплює використання водних об'єктів як джерел господарсько-питного водопостачання та для водопостачання підприємств харчової промисловості. До рибогосподарського водокористування відносять експлуатацію водних об'єктів як середовища існування риб та інших водних організмів. Водні об'єкти рибогосподарського призначення поділяють на *об'єкти вищої категорії* – місця розміщення нерестилищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних видів риб та інших промислових водних організмів, а також охоронні зони господарств будь-якого типу для штучного розведення та вирощування риб, інших водних рослин і тварин; *об'єкти першої категорії* – водні об'єкти для збереження і відтворення цінних видів риб, що мають високу чутливість до вмісту кисню; *об'єкти другої категорії* – водні об'єкти, що використовуються для інших водогосподарських цілей. Різні ділянки одного водного об'єкта можуть належати до різних категорій водокористування.

Придатність води для забезпечення господарських потреб визначається через оцінювання її хімічних, фізичних та біологічних показників. Ці показники є диференційованими, оскільки вимоги до якості води визначаються видом водокористування. Найбільш жорсткі норми якості води передбачені при використанні її для рибогосподарських та питних потреб.

Нормативна база оцінки якості води формується на основі загальних вимог до складу та властивостей води і значень гранично допустимих концентрацій речовин у воді водних об'єктів. Загальні вимоги визначають допустимі склад та властивості води, які

оцінюються найважливішими фізичними, бактеріологічними та узагальненими хімічними показниками. Вони можуть задаватися у вигляді певної величини, зміни значення показника в результаті впливу зовнішніх факторів або у вигляді якісної характеристики показника.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – рівень концентрації речовини у воді, за перевищення якого вона вважається непридатною для певного виду водокористування.

Усі речовини за характером негативного впливу поділяють на 5 груп. Кожна група об'єднує речовини однакової ознаки впливу, яку називають ознакою шкідливості. Одна і та ж сама речовина у різних концентраціях може спричинювати різні ознаки шкідливості.

Лімітуюча ознака шкідливості (ЛОШ) – ознака шкідливості, яка з'являється при найменшій концентрації речовини.

До I групи віднесені речовини, до яких висуваються загальні вимоги щодо обсягу розчиненого кисню, БСК₅, зважених речовин, водневого показника (рН), мінералізації; ознака шкідливості – загальносанітарна. У II групу увійшли речовини із санітарно-токсикологічними лімітуючими ознаками шкідливості: SO₄, Cl, Ca, Mg, Na, K, NO₃, Cr; ознака шкідливості – санітарно-токсикологічна. До III групи належать речовини токсикологічної ЛОШ (N – NH₄, N – NO₂, СПАВ, Cu, Zn, Ni); ознака шкідливості – токсикологічна. До IV групи відносять речовини рибогосподарських ЛОШ: феноли, нафтопродукти; ознака шкідливості – рибогосподарська. V група охоплює речовини з органолептичними ЛОШ: Fe_{зар.} та ін.; ознака шкідливості – органолептична.

Оцінюючи якість води у водних об'єктах комунально-побутового та господарсько-питного водокористування з'ясовують також клас шкідливості речовини. Його визначають залежно від токсичності, кумулятивності, мутагенності та ЛОШ речовини. Розрізняють чотири класи шкідливості речовин: перший – надзвичайно шкідливі; другий – високошкідливі; третій – шкідливі; четвертий – помірно шкідливі.

При оцінюванні якості води використовують *принцип адитивності* – односпрямованої дії, відповідно до якого належність кількох речовин до однієї і тієї самої ЛОШ виявляється у підсумовуванні їх негативного впливу.

Оцінювання якості води з точки зору екологічної безпеки для різних потреб водокористування здійснюється за певною методикою,

а саме: водні об'єкти вважають придатними для комунально-побутового та господарсько-питного водокористування, якщо одночасно виконуються такі умови:

- не порушуються загальні вимоги до складу та властивостей води для відповідної категорії водокористування;

- щодо речовин, які належать до третього та четвертого класу шкідливості, виконується умова:

$$C \leq \text{ГДК},$$

де C – концентрація речовини у водному об'єкті, г/м³.

- щодо речовин, які належать до першого та другого класу шкідливості, виконується умова:

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

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

Водні об'єкти вважають придатними для рибогосподарського водокористування, якщо одночасно виконуються такі умови:

- не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної рибогосподарської категорії;

- для речовин, які належать до однакових ЛОШ, виконується умова:

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

де C_i та ГДК_i відповідно концентрація і ГДК i -тої речовини, яка належить до певної ЛОШ.

Норми якості води повинні виконуватись:

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

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

- для водотоків рибогосподарського водокористування – в межах всієї рибогосподарської ділянки водотоку, починаючи з контрольного створу, який розташований не далі 500 метрів нижче за

течією від джерела надходження домішок;

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

Основними факторами, які спричиняють зміни природного складу води є скиди промислових, комунально-побутових та інших стічних вод, однак якість води у водоймах формується під впливом багатьох чинників: надходження та винос хімічних речовин зі стічними водами; переміщення та розбавлення забруднень, що надійшли до водойм; хімічні процеси трансформації та взаємодії забруднюючих речовин з природними компонентами води; біохімічних, біологічних, фізико-хімічних і фізичних процесів, що відбуваються у водному середовищі.

Водні маси, до яких надходять стічні води, забруднюються, тобто відбувається процес зміни їх складу та властивостей, який призводить до погіршення якості води. Залежно від інтенсивності впливу стічних вод на водні маси річок або водойм виділяють зони забруднення і зони впливу забруднюючих скидів.

Зона забруднення – частина потоку, в якій при надходженні забруднюючих речовин порушуються природні біологічні і біохімічні процеси, а концентрація забруднюючих речовин перевищує прийняті норми за санітарними, рибогосподарськими та іншими показниками.

Ґрунти в цій зоні також забруднені.

Зона впливу – частина потоку, в яку надходять стічні води із зони забруднення або безпосередньо зі скиду, але внаслідок невисокої концентрації забруднюючих речовин або ж короткотривалого забруднення в ній зберігається природний перебіг біологічних та біохімічних процесів.

У забруднених водних об'єктах відбуваються фізико-хімічні та інші процеси, спрямовані на відновлення природного стану вод, тобто їх самоочищення. Основними з них є процеси розбавлення (зниження концентрації забруднюючих речовин, які входять до складу стічних вод за рахунок змішування з водою річки або водоймища) та трансформації (перетворення) забруднюючих речовин.

Розрахунок розбавлення стічних вод в річці або водоймищі може бути використаний для оцінки всього комплексу явищ, які визначають самоочищення, при введенні числових характеристик фізико-хімічних

та біохімічних процесів. Найчастіше застосовують методи обчислення розбавлення, основані на використанні рівнянь турбулентної дифузії. У результаті розрахунків можна одержати значення максимальної концентрації забруднюючої речовини на будь-якій відстані від місця скиду стічних вод.

Якість води у визначеній точці оцінюють, порівнюючи максимальну концентрацію забруднюючої речовини з її гранично допустимим значенням.

Максимальна концентрація лімітуючої речовини в річці нижче стоку стічних вод змінюється в межах $C_p < C_{\max} < C_{ст}$, де C_p – середня концентрація речовини, яка визначається за формулою:

$$C_p = \frac{Q_p C_p + Q_{ст} C_{ст}}{Q_p + Q_{ст}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.1)$$

де Q_p , $Q_{ст}$ – відповідно витрата води в річці та витрата стічних вод, м³/с; C_p , $C_{ст}$ – відповідно концентрація речовини у воді річки та в стічних водах, мг/дм³.

При обчисленні розбавлення користуються зведеними значеннями концентрації забруднюючих речовин ($C_{звед}$). Цю величину визначають як перевищення над природним фоном. Якщо C – дійсна концентрація забруднюючої речовини в зоні забруднення, то

$$C_{звед} = C - C_p. \quad (4.2)$$

Зведена концентрація забруднюючих речовин в стічних водах становитиме:

$$C_{ст.звед} = C_{ст} - C_p. \quad (4.3)$$

Для зручності розрахунки виконують у відносних величинах концентрації, наприклад у відсотках від $C_{ст.звед}$, приймаючи, що $C_{ст.звед} = 100\%$. Істинні значення концентрації забруднюючих речовин у будь-якій точці розрахункового поля одержують шляхом переходу від відносних величин до абсолютних з подальшим підсумовуванням розрахункової та фонові концентрацій.

При оцінюванні розбавлення води використовують показник розбавлення n та коефіцієнт змішування γ . Розбавлення n є універсальною характеристикою, яка показує, у скільки разів знизилася концентрація забруднюючої речовини в стічних водах на певній ділянці річки. Величина показника визначається за формулою:

$$n = \frac{C_{ст} - C_p}{C_{\max} - C_p}. \quad (4.4)$$

Коефіцієнт змішування γ показує, яка частина витрати води змішується зі стічними водами. Розбавлення та коефіцієнт змішування пов'язані між собою залежностями:

$$n = (Q_{ст} + \gamma Q_p) / Q_{ст}, \quad (4.5)$$

$$\gamma = (n-1)Q_{ст} / Q_p. \quad (4.6)$$

Коефіцієнт змішування обчислюють тільки у тому випадку, коли стічні води поширюються в розрахунковому створі не по всій ширині потоку.

Зниження концентрації забруднюючих речовин у стічних водах одночасно з розбавленням зумовлюють біохімічні та фізико-хімічні процеси, які відбуваються у водних об'єктах. Одним із способів кількісної оцінки зниження концентрації внаслідок цих процесів є коефіцієнт неконсервативності k_n , який сумарно враховує швидкість перетворення речовин. Його значення визначають за даними лабораторних досліджень. Значення цього коефіцієнту є від'ємними, а його розмірність доб^{-1} (1/доб), с^{-1} (1/с).

У загальному виді процес біохімічного перетворення може бути описаний рівнянням першого порядку:

$$C_t = C_o \exp(- (k_1 + k_2 + \dots + k_n) t), \quad (4.7)$$

де C_o , C_t – концентрація речовини, відповідно, в початковий момент та в момент часу t ; k_n – коефіцієнти, які належать певному процесу, що враховують перетворення речовин у водному об'єкті.

На практиці можна також вести розрахунок за основним процесом трансформації речовини, нехтуючи процесами, що мають другорядні значення:

$$C_t = C_o \exp(-k_n \cdot t). \quad (4.8)$$

Отже, якість води оцінюють шляхом порівняння вмісту певних речовин з показниками, встановленими «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод. З метою забезпечення процесу підготовки та здійснення державного моніторингу вод та, з урахуванням його результатів, розроблення планів управління річковим басейном у відповідності до пункту 2 частини другої статті 132 Водного кодексу України, пункту 6 постанови Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336 науково-технічною радою Держводагентства

27 листопада 2018 р. було схвалено методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод.

Основні антропогенні навантаження та їхні впливи на стан масивів поверхневих вод (МПВ) включають:

- забруднення органічними речовинами: дифузні джерела; точкові джерела;

- забруднення біогенними речовинами: дифузні джерела; точкові джерела;

- забруднення небезпечними речовинами: дифузні джерела; точкові джерела;

- аварійне забруднення та вплив забруднених територій (полігонів, майданчиків, зон тощо);

- гідроморфологічні зміни: порушення безперервності потоку води та середовищ; зміна гідрологічного режиму; морфологічні зміни.

Критерієм оцінки основних антропогенних навантажень на стан МПВ є існування для них ризику недосягнення екологічних цілей.

Оцінку основних антропогенних навантажень та їхніх впливів доцільно визначати за алгоритмом, наведеним на рис. 4.7.

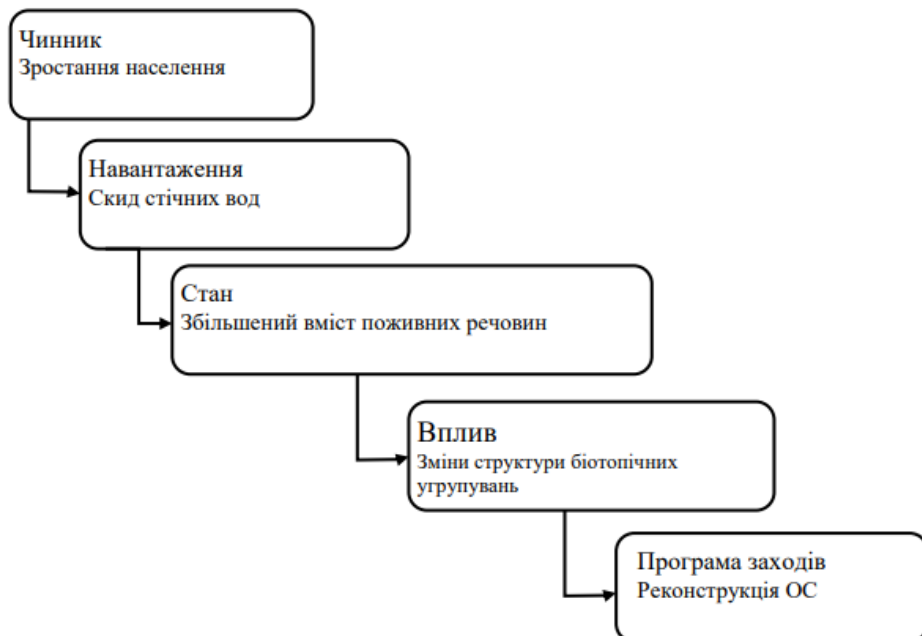


Рис. 4.7. Схеми оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів

Чинник – діяльність людини, що може впливати на стан масиву поверхневих вод

За результатами визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів МПВ розподіляються на 3 категорії: «під ризиком», «можливо під ризиком» або «без ризику».

Категорії	Назва категорії
1-ша	«без ризику» – для МПВ ризик недосягнення екологічних цілей відсутній
2-га	«можливо під ризиком» – МПВ можливо знаходиться під ризиком недосягнення екологічних цілей
3-я	«під ризиком» – для МПВ ризик недосягнення екологічних цілей існує

Результати оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів є основою для:

- уточнення екологічних цілей;
- розроблення та виконання програми державного моніторингу вод;
- розроблення та виконання програми заходів для досягнення екологічних цілей.

Впливи визначають шляхом спостереження за змінами стану МПВ та за ймовірністю того чи призведуть основні антропогенні навантаження до цих змін. Дані про антропогенні навантаження та стан МПВ дозволяють встановити обґрунтовані співвідношення між ними та розробити програму заходів для досягнення екологічних цілей.

Під час визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів важливо застосовувати часові межі, оскільки деякі антропогенні навантаження можуть призводити до пролонгованих впливів (які проявляться тільки в майбутньому, через багато років). Впливи також можуть бути пов'язані з основними антропогенними навантаженнями, які були в минулому.

Для визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ потрібні:

- дані моніторингу якості води МПВ протягом року, які відображають впливи і містять принаймні середнє значення, максимальне значення, та, у найкращому випадку, – щомісячні значення;
- ряди даних моніторингу якості води МПВ за декілька років.

Визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів виконується у найкоротший термін і залежатиме від наявної інформації на загальнодержавному і місцевому рівнях, а також експертних знань.

Для МПВ встановлюються такі екологічні цілі (табл. 4.10):

- досягнення «доброго» екологічного стану,
- досягнення «доброго» екологічного потенціалу,
- досягнення «доброго» хімічного стану.

Таблиця 4.10

Екологічні цілі для МПВ

Стан / потенціал МПВ	Категорії				
	Річки	Озера	Перехідні води	Прибережні води	Штучні або істотно змінені МПВ
Екологічний стан	так	так	так	так	ні
Екологічний потенціал	ні	ні	ні	ні	так
Хімічний стан	так	так	так	так	так

Екологічні цілі для МПВ полягають не лише в тому, щоб досягти «доброго» стану, а й у тому, щоб існуючий стан МПВ не погіршився.

Оцінка основних антропогенних навантажень та їхніх впливів складається з чотирьох послідовних етапів:

1. Визначення «чинників», зокрема, землекористування, промисловість, сільське господарство та інші види діяльності, які створюють антропогенне навантаження, здійснюється незалежно від їхніх фактичних впливів.

2. Визначення переліку основних антропогенних навантажень на стан МПВ, видів водокористування з урахування масштабу навантаження. Основними антропогенними навантаженнями є:

- навантаження, пов'язані із забрудненням МПВ з дифузних та точкових джерел;

- кількісні антропогенні навантаження;

- гідроморфологічні зміни;

- антропогенні навантаження, які безпосередньо впливають (кількісно або якісно) на живі водні організми.

3. Оцінка впливів, спричинених основними антропогенними навантаженнями. Оцінка впливів на стан МПВ здійснюється за кількісною інформацією, яка описує стан МПВ та / або антропогенних навантажень, що діють на нього. Використання даних моніторингу стану МПВ обов'язкове для уточнення результатів оцінки антропогенних навантажень та їхніх впливів. Визначення основних антропогенних навантажень дозволяє оцінити наявність впливів для кожного МПВ та визначити перелік забруднюючих речовин для району

річкового басейну. Вибір переліку забруднюючих речовин для району річкового басейну здійснюється з наступних груп показників:

- органогалогенні сполуки;
- органофосфорні сполуки;
- органоолов'яні сполуки;
- речовини, що мають канцерогенні та мутагенні властивості;
- стійкі вуглеводні та стійкі біоаккумулятивні органічні токсичні речовини;
- ціаніди;
- метали та їх сполуки;
- арсен та його сполуки;
- біоциди та засоби захисту рослин;
- речовини у вигляді суспензій;
- речовини, що сприяють евтрофікації (сполуки нітрогену та фосфору);
- речовини, що впливають на кисневий баланс та можуть бути виміряні з використанням таких показників як біологічне споживання кисню, хімічне споживання кисню та інші.

Вибір переліку забруднюючих речовин для МПВ здійснюється у 2 етапи: 1). Синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини. Ці речовини враховуються при визначенні основних антропогенних навантажень та їхніх впливів, і для всіх МПВ визначається «ризик недосягнення екологічних цілей» через можливе скидання цих речовин до МПВ; 2). Перелік забруднюючих речовин, що скидаються у МПВ у великій кількості, і для яких треба враховувати ефекти забруднення нижче за течією. Такі речовини називають «забруднюючі речовини характерні для річкового басейну».

Перелік забруднюючих речовин встановлюється для кожного річкового басейну та може змінюватися на різних етапах планування та аналізу.

4. Оцінка ризику недосягнення екологічних цілей для МПВ. Оцінка ризику досягнення чи недосягнення екологічних цілей для МПВ здійснюється за критеріями, з використанням всієї наявної інформації щодо стану МПВ та судження 9 експертів. Оцінка ризику досягнення чи недосягнення екологічних цілей для МПВ перевіряється або підтверджується результатами моніторингу в наступному циклі виконання програми державного моніторингу вод. Оцінка ризику досягнення чи недосягнення екологічних цілей для МПВ виконується в першу чергу для найбільш значущих МПВ.

При визначенні основних антропогенних навантажень та їхніх впливів гідроморфологічні, хімічні та фізико-хімічні показники відіграють вирішальну роль, оскільки їх зміна може вплинути на стан

МПВ. Встановлені критерії ризику недосягнення екологічних цілей для МПВ за гідроморфологічними, хімічними та фізико-хімічними показниками можуть бути використані для основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ.

Критерієм оцінки ризиків недосягнення екологічних цілей для МПВ за гідроморфологічними показниками є наявність/відсутність гідроморфологічних змін. Вони застосовуються шляхом порівняння існуючої інформації з встановленими пороговими значеннями для хімічних та фізико-хімічних показників. Запроваджено два типи показників:

- тип та величина основних антропогенних навантажень;
- хімічні та фізико-хімічні показники (дані моніторингу).

Для показника «тип та величина основних антропогенних навантажень» використовуються три категорії: «без ризику»; «можливо під ризиком»; «під ризиком».

Якщо оцінка ризиків недосягнення екологічних цілей для МПВ передбачає значний ступінь невизначеності, такі МПВ відносять до категорії МПВ, для яких існує ризик недосягнення екологічних цілей, тобто «можливо під ризиком».

Для показника «хімічні та фізико-хімічні показники» використовуються дві категорії: «без ризику», «під ризиком».

Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ: гідроморфологічні показники

Для кожного чинника гідроморфологічних змін встановлюються критерії за трьома категоріями ризику за наявними даними та з врахуванням експертної думки.

Гідроморфологічні зміни	Чинник
I. Порушення неперервності потоку води та середовищ	1. Поперечні штучні споруди в руслі річки, порушення безперервності потоку води та руху наносів і міграції риби, інших гідробіонтів
II. Зміни гідрологічного режиму	2. Забір води 3. Регулювання стоку (водосховища, ставки) 4. Коливання рівнів води нижче поперечних штучних споруд у руслі
III. Морфологічні зміни	5. Порушення природних морфологічних характеристик річок

Критерії оцінки ризиків недосягнення екологічних цілей

Поперечні штучні споруди в руслі річки, порушення неперервності потоку води та руху наносів і міграції риб, інших гідробіонтів

«без ризику»	«можливо під ризиком»	«під ризиком»
Відсутність поперечних штучних бар'єрів в руслі або є бар'єри, які обладнані рибоходом, що функціонує та забезпечує міграцію риби	Відсутня достовірна інформація щодо функціонування рибоходу	Один або декілька поперечних штучних бар'єрів в руслі без рибоходів

Забір води

«без ризику»	«можливо під ризиком»	«під ризиком»
Менше середньорічної витрати 75% забезпеченості для малих та середніх річок та 90% забезпеченості для великих та дуже великих річок	Немає достовірної інформації	Більше середньорічної витрати 75% забезпеченості для малих та середніх річок та 90% забезпеченості для великих та дуже великих річок

Регулювання стоку (водосховища, ставки)

«без ризику»	«можливо під ризиком»	«під ризиком»
Довжина зони підпору менше 1000 м або сумарна довжина декількох підпорів менше 10% загальної довжини МПВ	Немає достовірної інформації щодо довжини зони підпору або сумарна довжина декількох підпорів 10–30% загальної довжини МПВ	Довжина зони підпору понад 1000 м або сумарна довжина декількох підпорів більше 30% від загальної довжини МПВ

Коливання рівнів води нижче поперечних штучних споруд у руслі

«без ризику»	«можливо під ризиком»	«під ризиком»
Добові коливання рівнів води відсутні або не перевищують 0,5 м протягом більшої частини року	Немає достовірної інформації про коливання рівнів води	Добові коливання рівнів води перевищують 0,5 м протягом більшої частини року. Межами МПВ є нижній б'єф споруди та місце нижче за течією, де величина коливання зменшується щонайменше на 70%

**Порушення природних морфологічних характеристик річок
(за результатами моніторингу за п'ятьма класами)**

«без ризику»	«можливо під ризиком»	«під ризиком»
Перший клас за морфологічними показниками або менше 30% загальної довжини МПВ належить до класів 3–5	Немає достовірної інформації або від 30 до 70% загальної довжини МПВ належить до класів 3–5 та від 10% до 30% загальної довжини МПВ – до класів якості 4–5	Більше 70% загальної довжини МПВ належить до класів 3–5 або більше 30% загальної довжини МПВ належить до класів 4–5

При віднесенні МПВ до тієї чи іншої категорії застосовується принцип, згідно з яким якщо хоча б один із критеріїв оцінюється «під ризиком», то весь МПВ відносять до категорії «під ризиком»

Категорія	Опис
1 «без ризику»	Відсутні значні гідроморфологічні зміни (поперечні штучні споруди, водосховища, забори води, коливання рівнів води нижче поперечних штучних споруд). Морфологія річки є майже природна або слабо модифікована. МПВ цієї категорії розглядаються як природні за гідроморфологічними показниками
2 «можливо під ризиком»	Кількість та якість даних недостатня для застосування критеріїв, відсутня оцінка гідроморфологічних змін, або морфологія річки є помірно модифікованою. Ця категорія є тимчасовою, а МПВ підлягає додатковій оцінці і віднесенню до першої або третьої категорії
3 «під ризиком»	Одна або декілька гідроморфологічних змін, а морфологія річки є значно модифікованою, тобто належить до 4–5 класів. Ці МПВ розглядаються як кандидати до істотно змінених МПВ.

Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ: хімічні та фізико-хімічні показники (тип та величина основних антропогенних навантажень)

Зазначені критерії включають:

- два показники основних антропогенних навантажень для оцінки забруднення з точкових джерел;
- два показники основних антропогенних навантажень для оцінки забруднення з дифузних джерел.

1. Показники основних антропогенних навантажень для оцінки забруднення з точкових джерел:

а) скид стічних вод

Для аналізу антропогенного навантаження показник розраховується за формулою:

$$P_{св} = EH / Q_{min}, \quad (4.9)$$

де $P_{св}$ – обсяг надходження стічних вод у МПВ (m^3 / c); Q_{min} – мінімальний річний стік води МПВ (m^3/c); EH – сумарний (безрозмірний) еквівалент навантаження:

- органічні речовини (біологічне або хімічне споживання кисню);
- поживні речовини (нітроген загальний або фосфор загальний);
- кількість жителів.

Сумарний еквівалент навантаження (EH) – є безрозмірним показником, який розраховується на підставі кількості жителів, під'єднаних до каналізаційної мережі. У випадку, коли у каналізаційну мережу надходять стічні води промислових користувачів, EH розраховується з використанням наступних коефіцієнтів:

$EH_{БСК5} = 50,0 \text{ гO}_2/\text{добу};$

$EH_{ХСК} = 85,0 \text{ гO}_2/\text{добу};$

$EH_{N_{заг}} = 7,3 \text{ гN}/\text{добу};$

$EH_{P_{заг}} = 2,05 \text{ гP}/\text{добу};$

EH – 1 особа підключена до каналізаційної мережі.

У випадку надходження лише стічних вод (m^3), допускається розрахунок еквіваленту навантаження на основі одиничного випуску $0,12 \text{ м}^3/\text{добу}$ на одну особу.

У разі надходження очищених стічних вод, антропогенне навантаження розраховується за наступною формулою:

$$P_{св} = (EH \times /1- \eta/) / Q_{min}, \quad (4.10)$$

де EH – еквівалент навантаження (для органічної речовини, поживних речовин чи чисельності населення); η – ефективність очищення за відповідним показником.

Ефективність очищення може бути зазначена відповідно до інформації про ефективність роботи очисних споруд. За її відсутності

показник ефективності приймається згідно з даними, наведеними у табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Значення ефективності очищення стічних вод

Показник	η – ефективність очищення, %			
	механічне	біологічне	фізико-хімічне	поглиблене
БСК	20	85	90	95
ХСК	-	70	75	80
Завислі речовини	50	>90	>90	>90
Нітроген амонійний	-	<25	>90	>90
Нітроген загальний	-	-	-	75
Фосфор загальний	-	-	-	80

Критерії ризику для точкових джерел забруднення

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$R_{св} < 1,0$
2	«можливо під ризиком»	$1,0 < R_{св} < 1,5$
3	«під ризиком»	$R_{св} > 1,5$

б) скид стічних вод

Стічні води агломерації	Оцінка значимості
Будь-яких стічних вод від агломерацій <10000EH	Не значний
Неочищені стічні води від агломерацій >10000EH	Значний
Механічні та біологічно очищені стічні води без третинного очищення від агломерацій від 10000EH до 100000EH	Значне, якщо перевищено принаймні значення для одного з показників: - біологічне споживання кисню > 25 мг/дм ³ O ₂ ; - хімічне споживання кисню > 125 мг/дм ³ O ₂ ; - нітроген (заг.) > 15 мг/дм ³ N; - фосфор (заг.) > 2 мг/дм ³ P
Механічні та біологічно очищені стічні води без третинного очищення від агломерацій >100000 EH	Значне, якщо перевищено принаймні значення для одного з показників: - біологічне споживання кисню > 25 мг/дм ³ O ₂ ; - хімічне споживання кисню > 125 мг/дм ³ O ₂ ; - нітроген (заг.) > 10 мг/дм ³ N; - фосфор (заг.) > 1 мг/дм ³ P

промислові стічні води	Значний, якщо хімічне споживання кисню > 16 000 кг/рік
стічні води з сільськогосподарських точкових джерел	Значне, якщо перевищено принаймні значення для одного з показників: - нітроген (заг.) > 50 000 кг/рік; - фосфор (заг.) > 5000 кг/рік

Критерії ризику для точкових джерел забруднення

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$P_{св} < 1,0$
2	«можливо під ризиком»	$1,0 < P_{св} < 1,5$
3	«під ризиком»	$P_{св} > 1,5$

с) скид стічних вод

Показник розраховується для аналізу антропогенного навантаження за формулою:

$$I_{св} = \Sigma Q_{св} / M_{Qr}, \quad (4.11)$$

де $I_{св}$ – загальна частка стічних вод у МПВ в певному перетині уздовж масиву; $\Sigma Q_{св}$ – загальна кількість усіх (поточних / майбутніх) скидів стічних вод у даному МПВ, м³/с; M_{Qr} – середньорічна витрата води в МПВ, м³/с.

Критерії ризику для точкових джерел забруднення

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$P_{св} < 0,005$
2	«можливо під ризиком»	$0,005 < P_{св} < 0,1$
3	«під ризиком»	$P_{св} > 0,1$

Показники основних антропогенних навантажень для дифузних джерел (сільське господарство – рослинництво та тваринництво)

а) Рослинництво

Цей показник описує ймовірність дифузного забруднення, включаючи сільськогосподарські забруднюючі речовини, такі як поживні речовини, пестициди та інші засоби захисту рослин. Показник використовує загальну змінну для кількісного визначення сільськогосподарських видів діяльності, тому враховуються не тільки зміна загальних фізико-хімічних показників, але й інші впливи, які можуть бути пов'язані з сільським господарством. Показник розраховується для аналізу антропогенного навантаження за формулою:

$$I_{сг} = Sc_{г} / S_{мпв}, \quad (4.12)$$

де $I_{сг}$ – частка сільськогосподарських угідь у данному МПВ; $S_{мпв}$ – площа водозбору МПВ, км²; $Sc_{г}$ – площа використовується для ведення сільського господарства у водозборі відповідного МПВ.

Якщо можливо, експерти надають попереднє визначення та / або метод ідентифікації для сільськогосподарського регіону залежно від наявних даних (ГІС, інші джерела).

Критерії оцінки ризику для дифузного забруднення (рослинництво)

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$P_{св} < 0,1$
2	«можливо під ризиком»	$0,1 < P_{св} < 0,3$
3	«під ризиком»	$P_{св} > 0,3$

б) Тваринництво

Цей показник описує ймовірність дифузного забруднення від тваринницької галузі. Показник розраховується для аналізу антропогенного навантаження за формулою:

$$I_{тв} = U_e / S_{мпв}, \quad (4.13)$$

де $I_{тв}$ – показник чисельності поголів'я /га або км²; U_e – узагальнена одиниця, що відображає поголів'я; $S_{мпв}$ – водозбірна площа МПВ, га або км².

Критерії оцінки ризику для дифузного забруднення (тваринництво)

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$0 < P_{св} < 0,3$
2	«можливо під ризиком»	$0,3 < P_{св} < 1,0$
3	«під ризиком»	$P_{св} > 1,0$

Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ: хімічні та фізико-хімічні показники (дані моніторингу)

Для показників, визначених за результатами моніторингу стану МПВ, пропонуються такі критерії (граничні значення) для всіх трьох типів МПВ категорії річки. Перевищення граничних значень показників

ставить МПВ під ризик недосягнення екологічних цілей (для розчиненого кисню – навпаки: зниження його вмісту у воді).

Річки	Кисисен* (% насичення)	Біологічне споживання кисню (БСК ₅), мгО ₂ /дм ³	NH ₄ ** мг/дм	NH ₄ *** мг/дм ³	PO ₄ *** мг/дм	pH, од.pH	Δ, °C
Малі	75	5	0,4	0,15	0,2	6,5–8,5	<2
Середні	70	6	0,6	0,2	0,3		<2
Великі	60	7	0,8	0,3	0,4		<2

Примітка: * 10% процентиль (всі сезони, щонайменше 12 вимірювань протягом року); ** 90% процентиль (всі сезони, щонайменше 12 вимірювань протягом року); *** середньорічне значення

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Методика розроблена відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водного кодексу України, Постанови Кабінету Міністрів України від 19 березня 1997 р. № 244 «Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів», враховує вимоги Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС, Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (Конвенції ЕСПОО) та низки інших міжнародних документів.

Метою створення цієї методики є: подальше вдосконалення науково-методичних основ охорони водних об'єктів України; покращення інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень у галузі водної політики; гармонізація українського природоохоронного законодавства із природоохоронним законодавством Європейського Союзу, відповідними міжнародними та європейськими стандартами. Вона є основою для складання програм та аналізу даних спостережень на поверхневих водних об'єктах України, характеристики якості поверхневих вод з екологічних позицій, оцінки умов відтворення водних ресурсів і одержання інформації про стан водних об'єктів як важливої частини природного середовища людини.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України базується на екосистемному підході, який передбачає аналіз усіх складових водних екосистем: водного середовища, донних відкладів та гідробіонтів.

Оцінка екологічного стану поверхневих вод є складовою загальної оцінки статусу водних об'єктів, як і оцінка їх хімічного статусу за концентраціями пріоритетних небезпечних забруднюючих речовин. На

основі загальної оцінки визначають придатність вод для використання у різних господарських цілях (рис. 4.8).

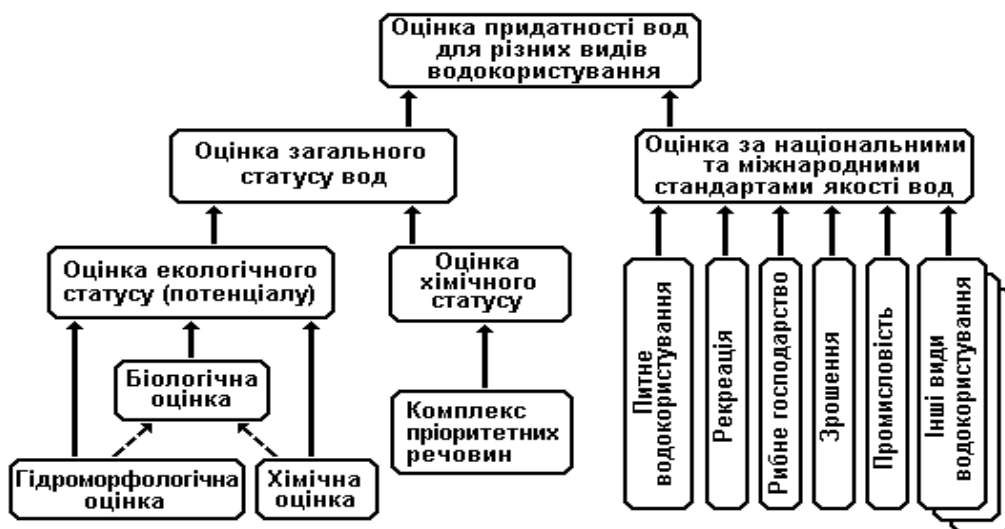


Рис. 4.8. Схема визначення загального статусу водного об'єкта

Методологічною основою оцінки екологічного стану поверхневих вод є сумісне використання двох підходів: того, що ґрунтується на використанні встановлених критеріїв, і того, що використовує порівняння характеристик, які досліджуються, з еталонними показниками відповідного типу водного об'єкта (критеріального й компаративного підходів).

Оцінка екологічного стану водних об'єктів здійснюється на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод, що включає перелік гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних, токсикологічних та інших показників, які відображають особливості абіотичної та біотичної складових водних екосистем. В основу екологічної класифікації покладено тріадний підхід, згідно з яким оцінка екологічного стану водних екосистем ґрунтується на узагальненні гідрохімічних і гідробіологічних даних, а також результатів біоіндикації та біотестування.

Екологічна оцінка якості вод – віднесення вод до певного класу і категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників їх складу і властивостей з наступним обчисленням та узагальненням (ручним або автоматизованим способом).

Екологічна класифікація якості поверхневих вод України побудована за екосистемним принципом. Необхідна повнота й

об'єктивність характеристики якості поверхневих вод досягається набором показників, які всебічно відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем.

Комплекс показників екологічної класифікації якості поверхневих вод включає біологічні, фізико-хімічні та хімічні показники.

До групи біологічних показників входять: гідробіологічні, біохімічні, бактеріологічні та токсикологічні характеристики.

Група фізико-хімічних та хімічних показників включає загальні показники хімічного складу та властивостей поверхневих вод, які характеризують звичайні, властиві водним екосистемам інгредієнти, концентрація яких може змінюватись під впливом антропогенних чинників, а також показники забруднюючих речовин токсичної та радіаційної дії, що найбільш поширені у поверхневих водах України і впливають на функціонування біоценозів.

Крім того, екологічний стан поверхневих вод оцінюється за допомогою показників порушення гідроморфологічних параметрів водних об'єктів.

Система екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України включає дві супідрядні класифікації, а саме: класифікацію за біологічними показниками та класифікацію за фізико-хімічними і хімічними показниками (рис. 4.9).

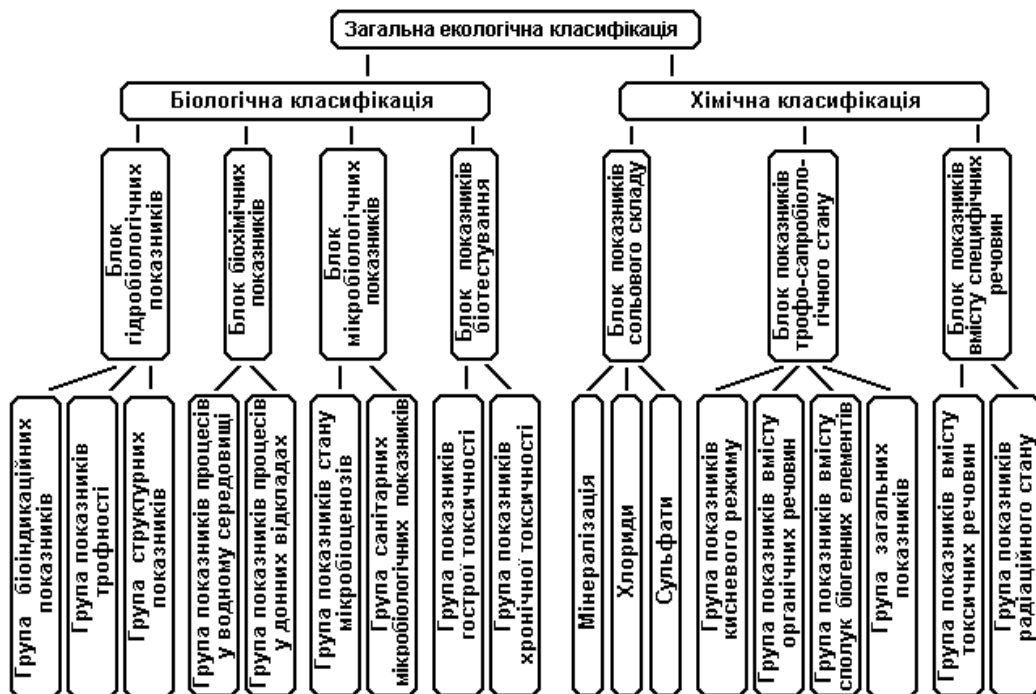


Рис. 4.9. Структура екологічної класифікації поверхневих вод

Перша класифікація (табл. 4.12) включає:

- блок оцінки якості вод за структурними характеристиками біотичних угруповань та біоіндикаційними індексами;
- блок оцінки якості вод за біохімічними критеріями;
- блок оцінки якості вод за бактеріологічними критеріями;
- блок оцінки якості вод за даними біотестування води та донних відкладів.

Друга класифікація має три складові:

- блок оцінки якості вод за критеріями сольового складу (табл. 4.13);
- блок оцінки якості вод за хімічними трофо-сапробіологічними критеріями (табл. 4.14);
- блок оцінки якості вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (табл. 4.15).

Блок оцінки якості вод за критеріями сольового складу включає такі спеціалізовані підсистеми, розроблені з урахуванням гідрохімічного районування території України:

- оцінку якості прісних вод за величиною загальної мінералізації та електропровідності (табл. 4.13 (1), рис. 4.10, а));
- оцінку якості прісних вод за вмістом сульфатів (табл. 4.13 (2), рис. 4.10, б));
- оцінку якості прісних вод за вмістом хлоридів (табл. 4.13 (3), рис. 4.10, в)).

Блок оцінки якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (табл. 4.15, рис. 4.10, г)) включає дві спеціалізовані підсистеми:

- оцінку якості вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії у воді, донних відкладах та гідробіонтах, з окремою шкалою якості вод за вмістом заліза для північного Полісся;
- оцінку поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин радіаційної дії.

Таблиця 4.12

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за біологічними показниками

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Гідробиологічні							
Структурні показники біологічних угруповань (чисельність, біомаса, число видів, структурні індекси та ін.), відхилення від фонових (еталонних) значень, %	-10 – +10	-11 – -25	-26 – -35	-36 – -50	-51 – -60	-61 – -75	<-75
		+11 – +25	+26 – +50	+51 – +80	+81 – +90	>+90	-
Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	<0,5	0,5–1,0	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	>50,0
Хлорофіл а, мкг/дм ³	<2	2–4	5–10	11–30	31–50	51–150	>150
Первинна продукція, мгО ₂ /дм ³ за добу	<0,2	0,2–0,3	0,4–1,0	1,1–3,0	3,1–7,5	7,6–10,0	>10,0
Біотичний індекс ТВІ, бал	10	9–8	7–6	5–4	3	2	1
Бельгійський біотичний індекс ВВІ, бал	10	9–8	7–6	5–4	3	2	1
Трофічний діатомовий індекс ТДІ, бал	1,0–1,4	1,5–1,8	1,9–2,2	2,3–2,7	2,8–3,1	3,2–3,5	3,6–4,0
Біотичні індекси, % від фонових (еталонних) значень*	>90	90–80	79–60	59–40	39–30	29–20	<20
Індекс сапробності за Пантле–Букком	<1,0	1,0–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	3,1–3,5	>3,5
Індекс сапробності за Гуднайтом–Уїтлеєм	1–20	21–45	46–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Біохімічні							
Індекс самоочищення – самозабруднення (A/R)	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	<0,5
		1,1	1,2	1,3–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	>2,5
Відношення потенційної самоочисної здатності вод (тестова речовина – глюкоза) до БСК ₁ (Zгл/БСК ₁)	0,91–1,25	0,90–0,81	0,80–0,75	0,74–0,65	0,64–0,50	0,49 – 0,10	<0,10
		1,26–2,00	2,01–2,50	2,51–3,30	3,31–5,00	5,01 – 7,50	>7,50
Показники біохімічних процесів (потенційна здатність вод до самоочищення, активність позаклітинних оксидоредуктаз у донних відкладах та ін.), відхилення від фонових (еталонних) значень, %	-10 – +10	-11 – -20	-21 – -30	-31 – -50	-51 – -60	-61 – -75	<-75
		+11 – +25	+25 – +50	+51 – +100	+101 – +200	>+200	-

продовження табл. 4.12

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Біотестові							
Смертність <i>Daphnia magna</i> Str., <i>Ceriodaphnia affinis</i> Lill. та інших тест-об'єктів протягом 48 та 24 годин біотестування, %	0	≤10% за 48 год		≤50% за 48 год		≥50% за 48 год	≥50% за 24 год
Смертність <i>Ceriodaphnia affinis</i> Lill. протягом 48 годин біотестування, в одиницях гострої летальної токсичності**	0	0	0	0	0	1	>1
Зменшення величин біохімічного споживання кисню бактеріями протягом однієї доби (БСК ₁) за методом Кньоппа, %	0	0	<10,0	10,0–30,0	31,0–50,0	51,0–70,0	>70,0
Вживання або плодючість <i>Ceriodaphnia</i> протягом 7–10 діб біотестування, в одиницях хронічної токсичності***	<1	1	1	2	4	8	>8

178

* Низка біотичних індексів, які рекомендовано використовувати в країнах ЄС (наприклад, BMWP – британський індекс біологічного моніторингу, EBI – розширений біотичний індекс, ASPT – індекс середнього значення за таксоном, EFI – іхтіологічний індекс, DMI – макрофітний індекс, BC – біотичний коефіцієнт).

** Одиниця гострої летальної токсичності – кратність розбавлення води, за якої гине 50% і більше особин тест-об'єктів (КНД 211.1.4.055-97).

***Одиниця хронічної токсичності – найбільше значення мінімальної кратності розбавлення води, в якій хронічна токсичність не виявляється (КНД 211.1.4.056-97).

Таблиця 4.13

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за гідрохімічними та гідрофізичними показниками

1. Класифікація якості поверхневих вод за мінералізацією та електропровідністю

Гідрохімічна область	Клас якості вод	I	II		III		IV	V
	Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
1. Північне Полісся та Закарпаття	Сума іонів, мг/дм ³	<100	100–150	151–200	201–300	301–400	401–1000	>1000
	Питома електропровідність, μS	<100	100–170	171–225	226–350	351–450	451–1200	>1200
2. Південне й східне Полісся, гірський Крим, Дніпро, Дністер, Південний Буг, Дунай	Сума іонів, мг/дм ³	<200	200–350	351–500	501–750	751–1000	1001–1500	>1500
	Питома електропровідність, μS	<225	225–375	376–550	551–800	801–1200	1201–1700	>1700
3. Північний і західний Лісостеп	Сума іонів, мг/дм ³	<500	500–750	751–1000	1001–1250	1251–1500	1501–2000	>2000
	Питома електропровідність, μS	<550	550–800	801–1200	1201–1500	1501–1750	1751–2250	>2250
4. Східний Лісостеп і Степ	Сума іонів, мг/дм ³	<1000	1000–1500	1501–2000	2001–3000	3001–4000	4001–5000	>5000
	Питома електропровідність, μS	<1200	1200–1750	1751–2250	2251–3500	3501–4500	4501–5500	>5500

2. Класифікація якості поверхневих вод за вмістом сульфатів

Гідрохімічна область	Клас якості вод	I	II		III		IV	V
	Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
1 Правобережне Полісся		<5	5–7	8–10	11–20	21–30	31–100	>100
2 Західний Лісостеп, східне Полісся, Карпати, гірський Крим, Дніпро, Дунай		<10	10–30	31–60	61–120	121–180	181–500	>500
3 Південний захід Степу й північний схід Лісостепу		<60	60–100	101–200	201–300	301–500	501–1000	>1000
4 Північний схід Степу, Приазов'я та Причорномор'я		<200	201–500	501–1000	1001–1250	1251–1500	1501–2000	>2000

3. Класифікація якості поверхневих вод за вмістом хлоридів

Гідрохімічна область	Клас якості вод	I	II		III		IV	V
	Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
1 Полісся й Закарпаття		<5	5–7	8–10	11–20	21–30	31–100	>100
2 Лісостеп, північний захід Степу, гірський Крим, Дніпро, Дунай		<10	10–25	26–50	51–100	101–150	151–300	>300
3 Східний Степ, крім центру		<50	50–100	101–250	251–500	501–600	601–700	>700
4 Приазов'я, Причорномор'я та центр східного Степу		<250	250–400	401–600	601–1000	1001–1500	1501–2000	>2000

Таблиця 4.14

Класифікація якості поверхневих вод за хімічними трофо-сапробіологічними критеріями

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Показники							
Кисневий режим							
Розчинений кисень, мг O ₂ /дм ³	>8,0	7,6–8,0	7,1–7,5	6,1–7,0	5,1–6,0	4,0–5,0	<4,0
% насичення	96 –	91–96	81–90	71–80	61–70	40–60	<40
	105	106–110	111–120	121–130	131–140	141–150	>150
% насичення у гіполімніоні (для водойм)	>70	70–60	59–50	49–40	39–30	29–10	<0,10
Гідрофізичні й загальні гідрохімічні							
Завислі речовини, мг/дм ³	<5	5–10	11–20	21–30	31–50	51–100	>100
Прозорість, м	>1,50	1,00–1,50	0,65–0,95	0,50–0,60	0,35–0,45	0,20–0,30	<0,20
рН	6,9–7,5	6,7–6,8	6,5–6,6	6,3–6,4	6,1–6,2	5,9–6,0	<5,9
		7,6–7,9	8,0–8,1	8,2–8,3	8,4–8,5	8,6–8,7	>8,7
Вміст азоту							
Азот амонійний, мгN/дм ³	<0,10	0,10–0,20	0,21–0,30	0,31–0,50	0,51–1,00	1,01–2,50	>2,50
Азот нітритний, мгN/дм ³	<0,002	0,002–0,005	0,006–0,010	0,011–0,020	0,021–0,050	0,051–0,100	>0,100
Азот нітратний, мгN/дм ³	<0,20	0,20–0,30	0,31–0,50	0,51–0,70	0,71–1,00	1,01–2,50	>2,50
Загальний N, мгN/дм ³	<1,0	1,1–1,5	1,6–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–10,0	>10,0
Вміст фосфору							
Фосфор фосфатів, мгP/дм ³	<0,015	0,015–0,030	0,031–0,050	0,051–0,100	0,101–0,200	0,201–0,300	>0,300
Загальний P, мгP/дм ³	<0,015	0,015–0,030	0,031–0,060	0,061–0,120	0,121–0,200	0,201–0,300	>0,300
Вміст органічних речовин							
Загальний С, мгС/дм ³	<3,0	3,0–5,0	5,1–8,0	8,1–12,0	12,1–20,0	21,0–30,0	>30,0
Перманганатна окислюваність, мг O ₂ /дм ³	<3,0	3,0–5,0	5,1–8,0	8,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	>20,0
Біхроматна окислюваність, мг O ₂ /дм ³	<9	9–15	16–25	26–30	31–40	41–60	>60
БСК ₅ , мг O ₂ /дм ³	<1,0	1,0–1,6	1,7–2,1	2,2–4,0	4,1–7,0	7,1–12,0	>12,0

Таблиця 4.15

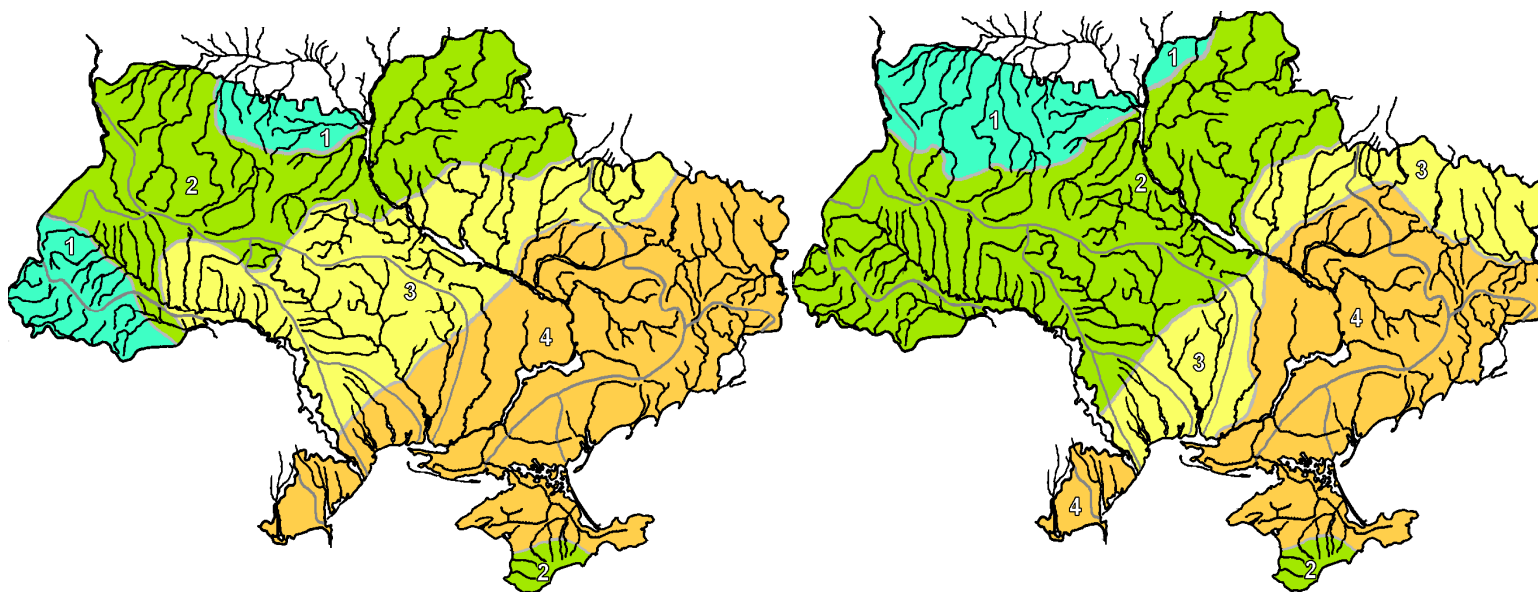
Класифікація якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Показники							
Залізо загальне (основна шкала), мкг/дм ³	<50	50–70	76–100	101–500	501–1000	1001–2500	>2500
Залізо загальне (для північного Полісся, крім рік Горинь, Стир і Случ), мкг/дм ³	<200	200–600	601–1000	1001–1500	1501–2000	2001–4000	>4000
Ртуть, мкг/дм ³	<0,02	0,02–0,05	0,06–0,20	0,21–0,50	0,51–1,00	1,01–2,50	>2,50
Кадмій, мкг/дм ³	<0,1	0,1	0,2	0,3–0,5	0,6–1,5	1,6–5,0	>5,0
Мідь, мкг/дм ³	<1	1	2	3–10	11–25	26–50	>50
Цинк, мкг/дм ³	<10	10–15	16–20	21–50	51–100	101–200	>200
Свинець, мкг/дм ³	<2	2–5	6–10	11–20	21–50	51–100	>100
Хром загальний, мкг/дм ³	<2	2–3	4–5	6–10	11–25	26–50	>50
Нікель, мкг/дм ³	<1	1–5	6–10	11–20	21–50	51–100	>100
Марганець, мкг/дм ³	<10	10–25	26–50	51–100	101–500	501–1250	>1250
Миш'як, мкг/дм ³	<1	1–3	4–5	6–15	16–25	26–35	>35
Фториди, мкг/дм ³	<100	100–125	126–150	151–200	201–500	501–1000	>1000
Ціаніди, мкг/дм ³	0	1–5	6–10	10–25	26–50	51–100	>100
Нафтопродукти, мкг/дм ³	<10	10–25	26–50	51–100	101–200	201–300	>300
Феноли (леткі), мкг/дм ³	0	<1	1	2	3–5	6–20	>20
СПАР, мкг/дм ³	0	<10	10–20	21–50	51–100	101–250	>250
Коефіцієнт донної акумуляції, накопичення важких металів у донних відкладах (КДА), од. ⁻¹	<10	10–50	51–100	101–250	251–500	501–1000	>1000
Накопичення поллютантів у гідробіонтах, од. ⁻¹	<10	10–50	51–100	101–500	501–1000	1001–5000	>5000
Індекс забруднення донних відкладів (ІЗД)	<0,5	0,5–1,0	1,1–1,3	1,4–1,6	1,7–1,8	1,9–2,0	>2
Кадмій у донних відкладах, мг/кг сухої ваги	<0,2	0,2–0,3	0,4–0,7	0,8–1,3	1,4–2,0	2,1–5,0	>5,0
Свинець у донних відкладах, мг/кг сухої ваги	<2,5	2,5–5	6–15	16–30	31–60	61–200	>200
Мідь у донних відкладах, мг/кг сухої ваги	<10	10–15	16–25	26–50	51–75	76–100	>100

продовження табл. 4.15

Сумарна бета-активність, 10^{-12} Ки/дм ³	<4,4	4,4–5,5	5,6–7,5	7,6–10	11–150	151–270	>270
⁹⁰ Sr, 10^{-12} Ки/дм ³	<0,62	0,62–0,75	0,76–0,99	1,0–3,0	3,1–40	41–90	>90
¹³⁷ Cs, 10^{-12} Ки/дм ³	<0,12	0,12–0,25	0,26–0,50	0,51–5,0	5,1–150	160–1500	>1500

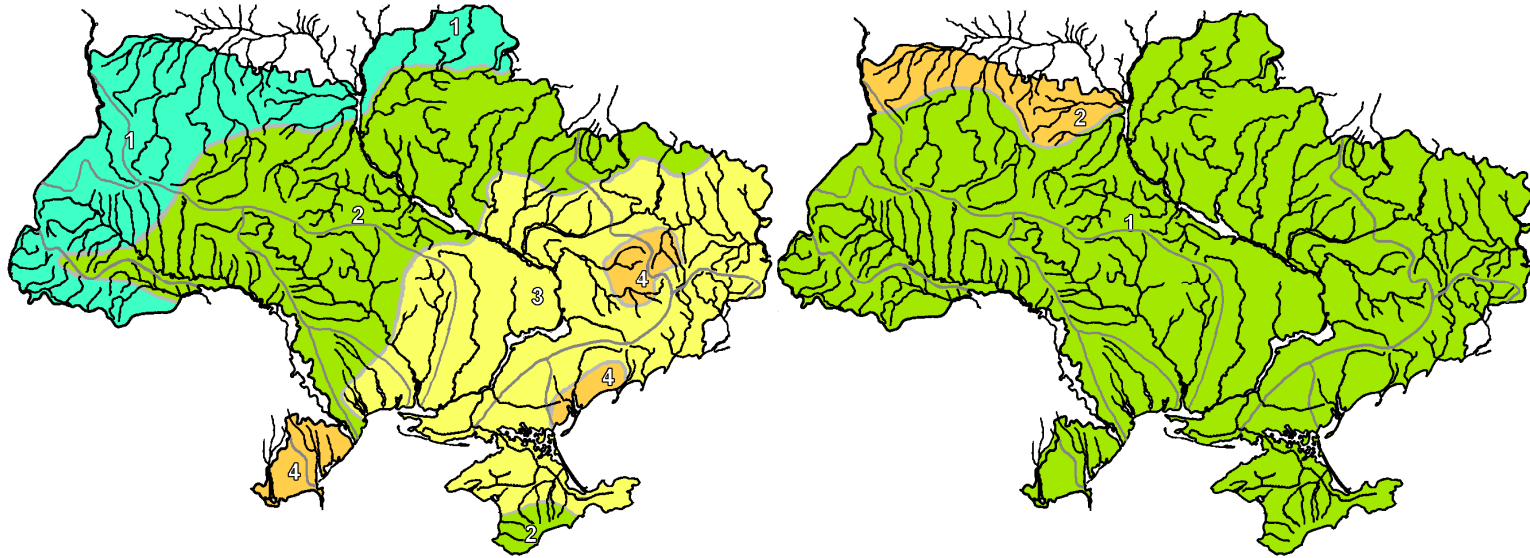
182



а) за мінералізацією води

б) за вмістом сульфатів у воді

Рис. 4.10. Картохеми районування території України для екологічної класифікації якості вод



в) за вмістом хлоридів у воді

г) за вмістом заліза у воді

(позначення гідрохімічних областей див. у табл. 4.13)

Рис. 4.10. Картохеми районування території України для екологічної класифікації якості вод

Екологічна класифікація якості вод за біологічними критеріями (табл. 4.12) включає такі групи показників:

- a) **гідробіологічні**:
 - структурні показники окремих угруповань – чисельність, біомаса, число видів, індекс Шенона, структурні індекси та ін.;
 - показники трофності – біомаса фітопланктону, концентрація хлорофілу «а», первинна продукція;
 - біоіндикаційні оцінки – індекси сапробності за системами Пантле–Букка і Гуднайта–Уітля, біотичні індекси;
- b) **біохімічні** – індекс A/R (самоочищення / самозабруднення), потенційна здатність вод до самоочищення, активність позаклітинних оксидоредуктаз у донних відкладах;
- c) **бактеріологічні** – загальна чисельність бактеріопланктону, кількість сапрофітних бактерій та бактерій групи кишкових паличок (індекс БГКП).
- d) **біотестові** – біотести на ракоподібних, біотест Кнеппа.

Блок оцінки якості поверхневих вод за хімічними трофо-сапробіологічними показниками (табл. 4.14) включає такі групи показників:

- a) загальні показники – температура, завислі речовини, прозорість, концентрація йонів водню;
- b) показники кисневого режиму – концентрація розчиненого кисню, насичення киснем, для водойм і водосховищ – також насичення киснем у гіполімінії;
- c) показники вмісту сполук азоту – амонійного, нітритного, нітратного й загального азоту, а також сполук фосфору – загального фосфору та фосфору фосфатів;
- d) показники вмісту органічних речовин – органічний вуглець, перманганатна та біхроматна окислюваність, біохімічне споживання кисню.

Всі спеціалізовані системи оцінок екологічної класифікації якості поверхневих вод побудовані за однаковим принципом: поділяють води на п'ять класів та сім підпорядкованих їм категорій.

Конкретні гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні та інші показники є елементарними ознаками якості вод. Інтегральні кількісні ознаки, що побудовані на інтегруванні елементарних ознак якості вод, є узагальнюючими ознаками якості вод. На основі елементарних і узагальнюючих ознак визначаються класи, категорії та індекси якості вод, зони сапробності та ступені трофності.

Визначені за цими ознаками класи і категорії якості вод характеризують природний стан, а також ступінь антропогенного забруднення поверхневих вод суші та естуаріїв України. Назви, надані

класам і категоріям якості вод (табл. 4.16) за їх екологічним станом, є такими:

- I клас з однією категорією (1) – відмінні;
- II клас – добрі, з двома категоріями: дуже добрі (2) і добрі (3);
- III клас – задовільні, з двома категоріями: задовільні (4) і посередні (5);
- IV клас з однією категорією (6) – погані;
- V клас з однією категорією (7) – дуже погані.

Таблиця 4.16

Оцінка якості поверхневих вод за екологічною класифікацією, класи та категорії

Клас якості води	I		II		III		IV	V
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7	
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані	
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані	
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні	
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні	
Сапробність	Олігосапробні		β-мезасапробні		α-мезасапробні		Полісапробні	
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезасапробні	β''-мезасапробні	α'-мезасапробні	α''-мезасапробні	Полісапробні	
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні	
	Оліготрофні олігомезотрофні	Мезотрофні	Мезоевтрофні	Евтрофні	Ев-політрофні	Політрофні	Гіпертрофні	

Назви, надані класам і категоріям якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості), є такими:

- I клас з однією категорією (1) – дуже чисті;
- II клас – чисті, з двома категоріями: чисті (2) і досить чисті (3);
- III клас – забруднені, з двома категоріями: слабо забруднені (4) і помірно забруднені (5);
- IV клас з однією категорією (6) – брудні;
- V клас з однією категорією (7) – дуже брудні.

Зазначені класи і категорії якості поверхневих вод, що визначені за комплексом запропонованих критеріїв, відповідають певній трофності та сапробності вод, а саме:

- клас I, категорія 1 – оліготрофні, олігосапробні води;
- клас II – мезотрофні води:
 - категорія 2 – мезотрофні, α -олігосапробні;
 - категорія 3 – мезо-евтрофні, β '-мезосапробні води;
- клас III – евтрофні води:
 - категорія 4 – евтрофні, β "-мезосапробні,
 - категорія 5 – ев-політрофні, α '-мезосапробні води;
- клас IV, категорія 6 – політрофні, α "-мезосапробні води;
- клас V, категорія 7 – гіпертрофні, полісапробні води.

Порядок виконання екологічної оцінки поверхневих вод і способи подання її результатів

Для досягнення об'єктивності та достовірності оцінки екологічного стану масиву поверхневих вод необхідно використовувати комплекс гідроморфологічних, біологічних, фізико-хімічних, хімічних та токсикологічних показників.

Оцінка екологічного стану поверхневих вод за біологічними показниками повинна базуватися перш за все на дослідженні фітопланктону, фітобентосу, зообентосу, макрофітів та іхтіофауни. Важливе значення мають також бактеріологічні характеристики та результати біотестування.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за фізико-хімічними та хімічними характеристиками повинна обов'язково включати всі три блоки оцінок: за показниками сольового складу, за хімічними трофосапробіологічними показниками, за показниками вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії. Результати подаються у вигляді єдиної оцінки, котра ґрунтується на заключних висновках за трьома групами вказаних класифікацій.

Послідовність дій щодо виконання оцінки екологічного стану поверхневих вод передбачає:

– визначення екорегіону та типу водного об'єкта (ріка, озеро, прибережні, перехідні води, істотно змінені або штучно створені водні об'єкти);

– оцінка специфіки поверхневих вод на основі систем типізації водних об'єктів відповідного типу;

– виділення основних типів біотопів у водному об'єкті;

– аналіз порушення гідроморфологічних характеристик, притаманних водному об'єкту чи його частині (згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС 2000/60/ЄС та стандартом EN 14614:2004/OP);

– визначення еталонних умов та еталонного стану біотичних компонентів водного об'єкта (згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС 2000/60/ЄС та іншими керівними документами ЄС у цій галузі);

– порівняння значень досліджених показників якості поверхневих вод з відповідними показниками в еталонних (референційних) умовах та значеннями, які наведені в екологічній класифікації (табл. 4.12–4.15).

Виконання екологічної оцінки може здійснюватися за скороченим та розширеним переліком показників. Скорочений перелік передбачає використання лише обов'язкового мінімуму інформації за показниками, що постійно визначаються на державній мережі моніторингу поверхневих вод України. Використання розширеного переліку показників доцільне за необхідності більш детальної оцінки якості вод, наприклад, при встановленні еталонних створів, проведенні діагностичного моніторингу, аналізу наслідків надзвичайних ситуацій та ін. Показники, що включені до розширеного переліку, є найбільш перспективними щодо вдосконалення програми режимних спостережень на водних об'єктах країни, особливо для оцінки стану транскордонних поверхневих вод.

Екологічна оцінка якості води певного водного масиву може бути орієнтовною і ґрунтовною. Орієнтовна екологічна оцінка є необхідною з діагностичною (розвідувальною, рекогносцирувальною) метою для формування попередніх, орієнтовних висновків і рішень. Ґрунтовна узагальнююча оцінка необхідна для переконливих, відповідальних висновків і рішень.

Орієнтовна екологічна оцінка виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води, котрі найточніше характеризують екологічний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідну цьому станові якість води. Разові значення окремих показників якості води зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в табл. 4.12–4.15. На підставі такого зіставлення визначаються категорії і класи якості води за окремими показниками, відібраними для разового виміру. Об'єднання результатів разових вимірів за окремими показниками для узагальненої оцінки якості води не виконується.

Процедура виконання *грунтової* екологічної оцінки якості поверхневих вод складається з п'ятих послідовних етапів:

- оброблення і групування вихідних даних;
- визначення класів і категорій якості вод за окремими показниками;
- узагальнення класів і категорій якості вод за окремими групами показників;
- узагальнення оцінок якості вод за показниками (вираженими у класах і категоріях) за окремими блоками з визначенням блокових значень класів і категорій якості вод;
- визначення об'єднаної екологічної оцінки якості вод (з визначенням класів і категорій) для певного масиву поверхневих вод в цілому чи його окремих ділянок за певний період спостережень.

Для забезпечення вірогідної оцінки екологічного стану поверхневих вод найбільш доцільно використовувати результати систематичного контролю за якістю води у водних об'єктах України, зібрані й статистично опрацьовані ДСНС, Держводагентством, а також Міндовкілля України. Для збору інформації, яка необхідна для оцінки екологічного стану поверхневих вод за гідроморфологічними показниками, доцільно використовувати «маршрутні» спостереження (експедиційні дослідження), ретроспективні дані, довідкові та картографічні матеріали, результати дистанційного зондування водозбірної території та ін.

Вихідні дані щодо якості вод за окремими її показниками групуються у просторі і часі в певному, чіткому порядку: окремо для різних пунктів спостережень або ж для декількох пунктів спостережень для певних ділянок водного об'єкта чи водного об'єкта в цілому за певний час (місяць, сезон, рік, кілька років тощо) – залежно від мети дослідження.

Вихідні дані щодо якості вод за окремими показниками групуються в межах відповідних блоків і піддаються обробці: обчислюються середньоарифметичні значення та визначаються найгірші значення, які разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості вод у реальних умовах виконання спостережень.

Серед вихідних даних можуть зустрічатися окремі значення, що за своїми екстремальними рівнями виходять за межі окресленого діапазону мінливості величин вибірки далеко від найгірших рівнів. Екстремальні значення окремих показників якості вод підлягають спеціальному аналізу для з'ясування причин, що могли викликати їх появу. Після такого аналізу приймається рішення про використання чи вилучення таких екстремальних значень у процесі оброблення даних.

Етап визначення класів і категорій якості вод для окремих показників полягає у виконанні таких дій:

– значення первинних чи осереднених величин кожного з показників зіставляються з відповідними критеріями якості вод, представленими у табл. 4.12–4.15 системи екологічної класифікації (якщо величини показників вказані з більшою точністю, ніж у класифікації, їх необхідно заокруглити);

– найгірші значення якості вод серед показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості вод;

– на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгірших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості вод за середнім і найгіршим значеннями;

– зіставлення середніх і найгірших значень та визначення класів і категорій якості вод за окремими показниками виконується у межах відповідних груп і блоків екологічної класифікації.

За значеннями групових та блокових індексів якості вод визначається їх приналежність до певного класу та категорії.

Остаточне узагальнення оцінок полягає у визначенні середніх і найгірших значень для двох індексів якості вод, а саме: для біологічного індексу (I_B) та хімічного індексу (I_X).

Етап визначення об'єднаної оцінки якості вод для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального (комплексного) екологічного індексу (I_E). Використання екологічного індексу якості вод доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися однозначною оцінкою: для планування водоохоронної діяльності, опрацювання водоохоронних заходів, здійснення екологічного і еколого-економічного районування, екологічного картографування тощо.

Середні значення для групових і блокових індексів якості вод визначаються шляхом обчислення середнього значення категорії за всіма показниками даної групи чи блоку, при цьому категорії 1 відповідає значення 1, категорії 2 – значення 2 і т.д. Середні значення групових та блокових індексів можуть бути як цілими, так і дробовими числами, ще дозволяє диференціювати оцінку якості вод, робити її більш точною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості вод, відповідних середнім значенням групових та блокових індексів, треба весь діапазон десяткових значень номерів (між цілими числами) розбити на окремі частини і позначити їх таким чином:

Значення індексу	Позначення субкатегорії	Назва субкатегорії
1–1,2	1	Перша
1,3–1,4	1(2)	Перша з переходом у другу
1,5–1,6	1–2	Між першою та другою
1,7–1,8	2(1)	Друга з переходом у першу
1,9–2,2	2	Друга
2,3–2,4	2(3)	Друга з переходом у третю
2,5–2,6	2–3	Між другою та третьою
.....		
6,5–6,6	6–7	Між шостою та сьомою
6,7–6,8	7(6)	Сьома з переходом у шосту
6,9–7	7	Сьома

Найгірші значення для групових індексів якості вод визначаються за відносно найгіршим показником (з найбільшим номером категорії) серед усіх показників даної групи.

З водоохоронної точки зору важливе значення (особливо за обмеженого обсягу інформації) має ступінь наближення значень показника до межі наступного (гіршого) класу. Для визначення цього може бути використана така формула:

$$K_y = K + (A_c - K_{min}) / (K_{max} - K_{min}), \quad (4.14)$$

де K_y – уточнене значення категорії; K – ціле число категорії якості вод, що відповідає номеру тієї категорії, до якої належить абсолютна величина показника; A_c – абсолютна величина показника якості вод у пункті контролю; K_{min} і K_{max} – найменше і найбільше значення діапазону величин категорії якості вод, до якої належить абсолютна величина показника.

Наприклад, абсолютна величина вмісту фосфатів у воді в період досліджень становить 0,070 мгР/дм³, що відповідає 4 категорії. Величина вмісту фосфатів у воді в межах категорії змінюється від 0,051 до 0,1 мгР/дм³. Номер категорії якості води дорівнює 4. Уточнене (дробове) значення категорії, яке відповідає абсолютній величині цього показника (0,070 мгР/дм³), обчислюється таким чином:

$$K_y = 4 + \frac{0,07 - 0,051}{0,1 - 0,051} = 4,39.$$

Це означає, що абсолютна величина концентрації фосфатів у дослідженій воді трохи ближче до нижньої межі 4 категорії, ніж до верхньої. За концентрації фосфатів у воді 0,09 мгР/дм³ значення K_y

становитиме 4,80. Це вказує на те, що ця вода за вмістом фосфатів близька до 5 категорії.

Екологічний індекс якості вод (I_E) розраховується як середньоарифметичне хімічного (I_X) та біологічного (I_B) індексів:

$$I_E = (I_X + I_B) / 2. \quad (4.15)$$

Екологічний індекс якості вод, як і блокові індекси, обчислюється для середніх і для найгірших значень категорій окремо: $I_{E\text{серед.}}$ та $I_{E\text{найгір.}}$.

Біологічний індекс якості вод (I_B) визначається на основі узагальнення значень таких блокових індексів:

$$I_{B\text{серед.}} = (I_{Г\text{серед.}} + I_{М\text{серед.}} + I_{БХ\text{серед.}} + I_{БТ\text{серед.}}) / N, \quad (4.16)$$

де $I_{Г\text{серед.}}$ – індекс гідробіологічних показників; $I_{М\text{серед.}}$ – індекс мікробіологічних показників; $I_{БХ\text{серед.}}$ – індекс показників біохімічних процесів; $I_{БТ\text{серед.}}$ – індекс біотестових показників; N – загальна кількість блоків біологічних показників, які розглядаються.

Середні значення групових індексів розраховуються як середньоарифметичне значення суми категорій показників, що входять до відповідної групи. Наприклад, індекс гідробіологічних показників ($I_{Г\text{серед.}}$) може визначатися за формулою:

$$I_{Г\text{серед.}} = (K_{У\text{серед.}} + K_{Ф\text{серед.}} + K_{Б\text{серед.}}) / 3, \quad (4.17)$$

де $K_{У\text{серед.}}$ – категорія за структурними показниками біотичних угруповань; $K_{Ф\text{серед.}}$ – категорія за показниками фітопланктону; $I_{Б\text{серед.}}$ – категорія за біоіндикаційними оцінками.

Значення хімічного індексу якості вод ($I_{Х\text{серед.}}$) розраховується як:

$$I_{Х\text{серед.}} = (I_{С\text{серед.}} + I_{Т\text{серед.}} + I_{Т\text{серед.}}) / 3, \quad (4.18)$$

де $I_{С\text{серед.}}$ – індекс показників сольового складу; $I_{Т\text{серед.}}$ – індекс хімічних трофо-сапробіологічних показників; $I_{Т\text{серед.}}$ – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Індекс хімічних трофо-сапробіологічних показників розраховується на основі узагальнення значень категорій наступних групових показників:

$$I_{Т-С\text{серед.}} = (I_{КР\text{серед.}} + I_{ОР\text{серед.}} + I_{ЗП\text{серед.}} + I_{БР\text{серед.}}) / 4, \quad (4.19)$$

де $I_{КР\text{серед.}}$ – індекс показників кисневого режиму; $I_{ОР\text{серед.}}$ – індекс

показників вмісту органічних речовин; $I_{ЗП\text{серед.}}$ – індекс загальних показників (рН, завислі речовини та ін.); $I_{БР\text{серед.}}$ – індекс показників вмісту сполук біогенних елементів.

Індекс показників вмісту сполук біогенних елементів ($I_{БР\text{серед.}}$) визначається як:

$$I_{БР\text{серед.}} = (K_{NH4} + K_{NO2} + K_{NO3} + K_N + 2K_{PO4} + 2K_P) / 8, \quad (4.20)$$

де K_{NH4} , K_{NO2} , K_{NO3} , K_N , K_{PO4} , K_P – категорії за показниками вмісту, відповідно, амонійного, нітритного, нітратного і загального азоту, фосфору фосфатів і загального фосфору. Якщо кількість показників, за якими є інформація, менша, у знаменнику ставиться відповідна цифра з урахуванням пропорційного множення категорій по фосфору.

Всі інші індекси розраховуються як середні арифметичні категорій якості показників, які вимірювалися.

Загальна структура побудови екологічної оцінки наводиться на рис. 4.11.

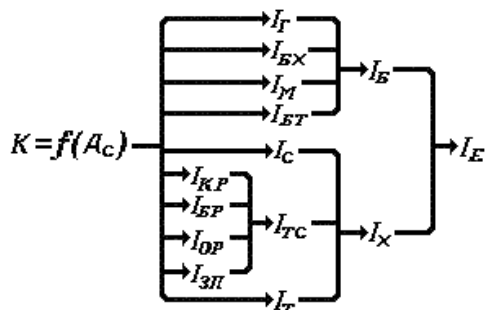


Рис. 4.11. Структура побудови екологічної оцінки:

$I_{КР}$ – індекс показників кисневого режиму; $I_{ОР}$ – індекс показників вмісту органічних речовин; $I_{ЗП}$ – індекс загальних показників (рН, завислі речовини та ін.); $I_{БР}$ – індекс показників вмісту сполук біогенних елементів; $I_{С}$ – індекс показників сольового складу; $I_{ТС}$ – індекс хімічних трофо-сапробіологічних показників; $I_{Т}$ – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії; $I_{Г}$ – індекс гідробіологічних показників; $I_{М}$ – індекс мікробіологічних показників; $I_{БХ}$ – індекс показників біохімічних процесів у воді та донних відкладах; $I_{БТ}$ – індекс біотестових показників

Хімічний індекс якості вод $I_{Хнайгір.}$ визначається за найгіршим значенням з трьох блокових індексів $I_{С}$, $I_{Т-С}$, $I_{Т}$:

$$I_{Хнайгір.} = \max(I_{С}, I_{Т-С}, I_{Т}). \quad (4.21)$$

Біологічний індекс якості вод $I_{Бнайгір.}$, як і хімічний індекс $I_{Хнайгір.}$, визначається за найгіршим значенням серед усіх блокових індексів

біологічних показників:

$$I_{\text{Бнайгір}} = \max (I_G, I_M, I_{\text{БХ}}, I_{\text{БТ}}). \quad (4.22)$$

Для забезпечення достовірності результатів оцінки якості вод за хімічними трофо-сапробіологічними критеріями (табл. 4.14) загальна кількість показників, за якими виконується оцінка, не повинна бути меншою, ніж 10.

Для оцінки якості вод за показниками специфічних речовин токсичної і радіаційної дії (табл. 4.15) доцільно використовувати коефіцієнт донної акумуляції (КДА), який відображає накопичення поллютантів у донних відкладах і гідробіонтах, та індекс забруднення донних відкладів (ІЗД).

Коефіцієнт донної акумуляції, накопичення поллютантів у донних відкладах (КДА) та гідробіонтах обчислюється як:

$$КДА = \frac{C_d}{C_e}, \quad (4.23)$$

де C_d – концентрація поллютантів у донних відкладах або гідробіонтах; C_e – концентрація поллютантів у воді.

Індекс забруднення донних відкладів (ІЗД) розраховується за формулою:

$$ІЗД = \frac{C_{\text{нп}} / CХК_{\text{нп}} + (\sum C_{\text{хон}}^i / CХК_{\text{хон}}^i) / n_{\text{хон}} + (\sum C_{\text{Мс}}^i / CХК_{\text{Мс}}^i) / n_{\text{Мс}}}{3}, \quad (4.24)$$

де $C_{\text{нп}}/CХК_{\text{нп}}$ – кратність абсолютної концентрації нафтопродуктів (НП) у донних відкладах по відношенню до середньої характерної концентрації НП, визначеної для донних відкладів ідентичного гранулометричного складу у фоновому створі; $\sum C_{\text{хон}}^i / CХК_{\text{хон}}^i$ – сума кратностей абсолютних концентрацій виявлених ($n_{\text{хон}}$) пестицидів по відношенню до їх середніх характерних концентрацій, визначених для донних відкладів ідентичного гранулометричного складу у фоновому створі; $\sum C_{\text{Мс}}^i / CХК_{\text{Мс}}^i$ – сума кратностей абсолютних концентрацій виявлених ($n_{\text{Мс}}$) металів по відношенню до їх середніх характерних концентрацій, визначених для донних відкладів ідентичного гранулометричного складу у фоновому створі.

Одним із способів подання результатів оцінювання екологічного стану поверхневих вод, згідно Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЕС, може бути **індекс екологічної якості (EQI)**. Цей індекс визначається шляхом порівняння значень показників, отриманих у конкретному створі, зі значеннями показників у референційних (еталонних) умовах:

$$EQI = \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{P_{e_i}} \quad (4.25)$$

де P_i – значення показника в i -му створі; P_e – значення показника в еталонному створі; N – загальна чисельність показників.

Референційні (еталонні) умови – умови, що створюються в екосистемах, які перебувають у природному або неістотно порушеному стані. Такий стан визначається, як стан будь-якого водного об'єкта (на цей час або в минулому), за якого відсутні (спостерігаються в незначному обсязі) зміни величин гідроморфологічних, фізико-хімічних та біологічних складових якості, які могли б існувати за відсутності антропогенного втручання.

Градації індексу EQI відповідно до класів якості вод наводяться у керівному документі ЄС «Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document № 10»:

Клас якості вод	1	2	3	4	5
	Відмінна (high)	Добра (good)	Посередня (moderate)	Низька (poor)	Погана (bad)
Значення EQI	1-0,83	0,82-0,62	0,61-0,41	0,40-0,20	<0,20

Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод (I_E) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для EQI , можна використати відношення:

$$I_{E_{np}} = 1 - (I_E / 7). \quad (4.26)$$

Перелік основних біологічних та підтримуючих їх гідроморфологічних і хімічних показників, які рекомендується у Водній Рамковій Директиві ЄС 2000/60/ЕС використовувати при класифікації різнотипних водних об'єктів, представлені у табл. 4.17.

Таблиця 4.17

Основні показники для оцінки екологічного стану поверхневих вод (згідно з ВРД ЄС 2000/60/ЕС)

Ріки й водосховища руслового типу	Озера й водосховища озерного типу	Перехідні води	Прибережні води
Біологічні показники			
Склад і багатство водної флори	Склад, багатство та біомаса фітопланктону	Склад, багатство та біомаса фітопланктону	Склад, багатство та біомаса фітопланктону

продовження табл. 4.17

Склад і багатство донних безхребетних	Склад і багатство іншої водної флори	Склад і багатство іншої водної флори	Склад і багатство іншої водної флори
Склад, багатство та структура іхтіофауни за віком	Склад і багатство донних безхребетних	Склад і багатство донних безхребетних	Склад і багатство донних безхребетних
	Склад, багатство та структура іхтіофауни за віком	Склад і багатство іхтіофауни	
Гідрологічні й гідроморфологічні показники			
<i>Гідрологічний режим</i>			
Швидкість і динаміка течії води	Швидкість і динаміка течії води	Надходження прісних вод	Напрямок домінуючої течії
Зв'язок з підземними водами	Зв'язок з підземними водами	Коливання рівня	Коливання рівня
Неперервність потоку	Водообмін		
<i>Гідроморфологічні характеристики</i>			
Глибина та ширина ріки	Діапазон глибин	Діапазон глибин	Діапазон глибин
Структура і характер ложа ріки	Величина, структура і характер ложа	Величина, структура і характер ложа	Величина, структура і характер ложа
Структура берегової зони	Структура берегів	Структура берегової зони	Структура зони припливів та відпливів
Фізико-хімічні та хімічні показники			
<i>Загальні</i>			
Термічний режим	Прозорість	Прозорість	Прозорість
Кисневий режим	Термічний режим	Термічний режим	Термічний режим
Мінералізація	Кисневий режим	Кисневий режим	Кисневий режим
Біогенні сполуки	Мінералізація	Солоність	Солоність
	Біогенні сполуки	Біогенні сполуки	Біогенні сполуки
<i>Специфічні поллютанти</i>			
Усі пріоритетні забруднюючі речовини, які надходять до водного об'єкта			
Інші забруднюючі речовини, які надходять до водного об'єкта й виявляються у значній кількості			

Для коригування екологічної оцінки якості вод відповідно до водності за певний період спостережень можна використовувати величину коефіцієнту водності K_B :

$$K_B = Q_C / Q_B, \quad (4.27)$$

де Q_C – середня витрата води за період, для якого виконується оцінка; Q_B – середньобагаторічна витрата води за аналогічний період (сезон).

Враховуючи діапазон зміни індексу екологічної оцінки, уточнений екологічний індекс якості вод з урахуванням водності (I_{EY}) може бути розрахований на базі індексу екологічної оцінки (I_E) як:

$$I_{EY} = \begin{cases} I_E & \text{при } Q_C \geq Q_B \text{ і } K_B \geq 1; \\ I_E + (7 - I_E)(1 - K_B) & \text{при } Q_C < Q_B \text{ і } K_B < 1. \end{cases} \quad (4.28)$$

Прийнятним варіантом розрахунку можна вважати комбінування обчислень середніх і найгірших величин (середні з найгірших за блоками показників, середні з найгірших у блоках показників за групами пунктів контролю та ін. залежно від мети дослідження й забезпеченості інформацією), але у такому разі до оцінки має бути додано опис методу обчислення й порівнюватися можуть лише оцінки, отримані за одним методом розрахунку.

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачати зіставлення одержаних результатів із значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, котрі встановлені в результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв подаються у вигляді таблиць, графіків і карт. Таблиці можуть складатися як для окремих пунктів спостережень, так і для водного об'єкта в цілому.

Найбільш наочним та інформативним способом подання результатів екологічної оцінки якості вод є картографічний. Залежно від потреб розробляють комплексні синтетичні чи аналітичні карти.

Формалізація екологічної оцінки виконується окремо для блоків гідробіологічних та гідрохімічних показників і призначена для визначення значень гідробіологічного та гідрохімічного індексів відповідно.

Гідробіологічний індекс визначається за формулою:

$$I_{\text{Бсеред}} = \left(\sum_{i=1}^N \delta_i I_{i\text{серед}} \right) / \left(\sum_{i=1}^N \delta_i \right), \quad (4.29)$$

де $I_{1\text{серед}} (=I_{\text{Гсеред}})$ – індекс показників стану біотичних угруповань;

$I_{2\text{серед}} (=I_{\text{Мсеред}})$ – індекс мікробіологічних показників;

$I_{3\text{серед}} (=I_{\text{БХсеред}})$ – індекс показників біохімічних процесів;

$I_{4\text{серед}} (=I_{\text{БТсеред}})$ – індекс біотестових показників;

N – кількість індексів, що враховуються при обчисленні ($=1 \dots 4$);

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо індекс } I_{i\text{серед}} \text{ присутній;} \\ 0, & \text{якщо індекс } I_{i\text{серед}} \text{ не визначений.} \end{cases} \quad (4.30)$$

(Якщо $\sum_{i=1}^N \delta_i = 0$, оцінка за блоком неможлива).

Величина гідрохімічного індексу якості води визначається, як:

$$I_{\text{хсеред.}} = \left(\sum_{i=1}^N \delta_i I_{\text{ісеред.}} \right) / \left(\sum_{i=1}^N \delta_i \right), \quad (4.31)$$

де $I_{1\text{серед.}}$ ($=I_{\text{Ссеред.}}$) – індекс показників сольового складу;

$I_{2\text{серед.}}$ ($=I_{\text{Тсеред.}}$) – індекс трофо-сапробіологічних показників;

$I_{3\text{серед.}}$ ($=I_{\text{Тсеред.}}$) – індекс показників вмісту специфічних речовин;

N – кількість індексів, що враховуються при обчисленні ($=1 \dots 3$); якщо $N < 3$, оцінка може вважатися лише орієнтовною;

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо індекс } I_{\text{ісеред.}} \text{ присутній;} \\ 0, & \text{якщо індекс } I_{\text{ісеред.}} \text{ не визначений.} \end{cases} \quad (4.32)$$

(Якщо $\sum_{i=1}^N \delta_i = 0$, оцінка за блоком неможлива).

Індекс трофо-сапробіологічних показників розраховується як середнє арифметичне окремих групових індексів, а саме:

$$I_{\text{Тсеред.}} = \left(\sum_{i=1}^N \delta_i I_{\text{ісеред.}} \right) / \left(\sum_{i=1}^N \delta_i \right), \quad (4.33)$$

де $I_{1\text{серед.}}$ ($=I_{\text{КРсеред.}}$) – індекс показників кисневого режиму;

$I_{2\text{серед.}}$ ($=I_{\text{ОРсеред.}}$) – індекс показників вмісту органічних речовин;

$I_{3\text{серед.}}$ ($=I_{\text{ЗПсеред.}}$) – індекс загальних показників;

$I_{4\text{серед.}}$ ($=I_{\text{БРсеред.}}$) – індекс показників вмісту сполук біогенних елементів;

N – кількість індексів, що враховуються при обчисленні ($=1 \dots 4$); якщо $N < 4$, оцінка може вважатися лише орієнтовною;

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо індекс } I_{\text{ісеред.}} \text{ присутній;} \\ 0, & \text{якщо індекс } I_{\text{ісеред.}} \text{ не визначений.} \end{cases} \quad (4.34)$$

(Якщо $\sum_{i=1}^N \delta_i = 0$, оцінка за блоком неможлива).

Групові індекси-складові гідрохімічного та гідробіологічного індексів визначаються як середні арифметичні значень категорій (цілих чи дробових) якості виміряних показників, що входять до складу відповідних груп показників (табл. 4.12–4.15), крім індексу вмісту показників сполук біогенних елементів. Індекс показників вмісту сполук біогенних елементів визначається як:

$$I_{\text{БРсеред.}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_N} \delta_i K_i + 2 \sum_{j=1}^{N_P} \delta_j K_j}{\sum_{i=1}^{N_N} \delta_i + 2 \sum_{j=1}^{N_P} \delta_j}, \quad (4.35)$$

де K_i – категорія якості i -го показника азотної групи (вмісту амонійного, нітритного, нітратного та загального азоту); N_N – загальна кількість визначених показників азотної групи, що враховуються при узагальненні ($=1...4$); K_j – категорія якості j -го показника фосфорної групи (вмісту фосфору фосфатів та загального фосфору); N_P – загальна кількість визначених показників фосфорної групи, що враховуються при узагальненні ($=1...2$);

$$\delta_{i(j)} = \begin{cases} 1, \text{ якщо індекс } K_{i(j)} \text{ присутній;} \\ 0, \text{ якщо індекс } K_{i(j)} \text{ не визначений.} \end{cases} \quad (4.36)$$

(Якщо $\sum_{i=1}^N \delta_i=0$, оцінка за блоком неможлива).

Значення категорії якості води окремого показника визначається цілим числом, що відповідає інтервалу, до якого потрапляє виміряна величина цього показника відповідно до таблиць класифікацій:

$$K_i = j, \text{ якщо } K_{ijmin} \leq A_{Ci} \leq K_{ijmax}, \quad (4.37)$$

де K_i – категорія i -го показника; j – ціле число від 1 до 7, що визначає відповідну категорію якості; K_{ijmin} та K_{ijmax} – значення меж діапазону (найменше і найбільше значення) j -ї категорії якості для i -го показника; A_{Ci} – виміряна чи узагальнена (середня) величина i -го показника якості води.

Уточнене (дробове) значення категорії якості визначається за формулою:

$$K_{iy} = K_i + (A_{Ci} - K_{imin}) / (K_{imax} - K_{imin}), \quad (4.38)$$

де K_i – категорія якості води (ціле число), якій відповідає виміряна чи узагальнена (середня) величина i -го показника якості води.

Уточнене значення категорії якості дозволяє робити оцінку якості більш гнучкою та точнішою за допомогою подальшого округлення отриманого значення до десятих та віднесення показника (блоку) до відповідної субкатегорії якості води.

Категорії якості води за значеннями блокових та групових індексів визначаються шляхом округлення величин цих індексів до найближчого цілого.

Клас якості води для i -го показника визначається за величиною отриманої для нього категорії якості води таким чином:

$$Q_i = \begin{cases} 1, \text{ якщо } K_i = 1; \\ 2, \text{ якщо } K_i = 2 \text{ або } 3; \\ 3, \text{ якщо } K_i = 4 \text{ або } 5; \\ 4, \text{ якщо } K_i = 6; \\ 5, \text{ якщо } K_i = 7. \end{cases} \quad (4.39)$$

Клас якості визначається аналогічно на основі отриманих значень блокових і групових індексів.

Класифікація масивів поверхневих вод за екологічним та хімічним станами. За результатами досліджень біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників для кожного типу масиву поверхневих вод встановлюється його екологічний та хімічний стан. Основною стратегічною екологічною ціллю є досягнення та (або) підтримання «доброго» стану всіма масивами поверхневих вод.

Стан масиву поверхневих вод «добрий» визначається його екологічним станом «добрий» та хімічним станом «добрий». Стан штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод «добрий» визначається його екологічним потенціалом «добрий» та хімічним станом «добрий».

Віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів здійснюється для кожного масиву окремо і включає:

- аналіз зміни в часі показників, що визначають стан масиву поверхневих вод;
- графічну або статистичну обробку даних моніторингу;
- визначення тенденцій у зміні стану масиву поверхневих вод;
- оцінку довгострокових змін референційних умов (умов, що відображають стан довкілля за відсутності або за мінімального антропогенного впливу) і змін, викликаних антропогенним впливом;
- оцінку основних антропогенних впливів на стан масиву поверхневих вод;
- оцінку водокористування.

Визначення екологічного стану масиву поверхневих вод ґрунтується на використанні комплексу біотичних і абіотичних компонентів, властивих водним екосистемам. Для цього використовуються біологічні, гідроморфологічні, хімічні та фізико-хімічні показники, які узагальнено характеризують екологічний стан (табл. 4.18).

Для кожного типу МПВ встановлюються референційні умови, що є початковими величинами для встановлення граничних значень

класів і використовуються для визначення екологічного стану масиву поверхневих вод. Для класифікації екологічного стану масиву поверхневих вод використовують *п'ять класів*.

Таблиця 4.18

Перелік біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників для визначення екологічного стану масиву поверхневих вод

Біологічні показники	
Річки	Озера
Склад та середні кількісні показники: фітобентосу; макрофітів; фітопланктону. Склад та середні кількісні показники донних безхребетних. Склад, середні кількісні показники та вікова структура риб	Склад та середні кількісні показники: фітобентосу; макрофітів; фітопланктону. Склад та середні кількісні показники донних безхребетних. Склад, середні кількісні показники та вікова структура риб
Перехідні води	Прибережні води
Склад та середні кількісні показники: фітобентосу; макрофітів; фітопланктону. Склад та середні кількісні показники донних безхребетних. Склад, середні кількісні показники та вікова структура риб	Склад та середні кількісні показники: фітобентосу; макрофітів; фітопланктону. Склад та середні кількісні показники донних безхребетних
Гідроморфологічні показники	
Річки	Озера
Гідрологічний режим: кількісні показники водного стоку та динаміки стоку води; гідравлічний зв'язок з ґрунтовими водами. Довжина річки. Морфологічні умови: варіабельність глибини та ширини річки; структура та субстрат річкового ложа; структура прибережної зони	Гідрологічний режим: кількісні показники об'єму води та динаміки наповнення водойми; водообмін; гідравлічний зв'язок з ґрунтовими водами. Морфологічні умови: варіабельність глибини озера; якість, структура та субстрат озера; структура озерних берегів

Перехідні води	Прибережні води
<p>Морфологічні умови: варіабельність глибини; кількість, структура та підстильні породи дна; структура зони припливів та відпливів. Режим припливів та відпливів: потік прісної води; відкритість для хвиль</p>	<p>Морфологічні умови: варіабельність глибини; структура та підстильні породи дна; структура зони припливу. Режим припливів та відпливів: напрямок домінуючих течій; відкритість для хвиль</p>
Хімічні та фізико-хімічні показники	
Річки	Озера
<p>Загальні фізико-хімічні показники: температура; водневий показник рН; розчинений кисень; вміст розчинених солей (мінералізація, електропровідність); біологічне споживання кисню; хімічне споживання кисню; біогенні елементи (N_{заг}, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, P_{заг}, P-PO₄⁻³⁻). Специфічні забруднюючі речовини: синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини, що надходять у водний об'єкт</p>	<p>Загальні фізико-хімічні показники: прозорість; температура; водневий показник рН; розчинений кисень; вміст розчинених солей (мінералізація, електропровідність); біологічне споживання кисню; хімічне споживання кисню; біогенні елементи (N_{заг}, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, P_{заг}, P-PO₄⁻³⁻). Специфічні забруднюючі речовини: синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини, що надходять у водний об'єкт</p>
Прибережні води	Перехідні води
<p>Загальні фізико-хімічні показники: прозорість; температура; водневий показник рН; розчинений кисень; біологічне споживання кисню; біогенні елементи (N_{заг}, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, P_{заг}, P-PO₄⁻³⁻); силіцій; дигідроген сульфід; сума завислих у воді речовин. Специфічні забруднюючі речовини: синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини, що надходять у водний об'єкт</p>	<p>Загальні фізико-хімічні показники: прозорість; температура; розчинений кисень; вміст розчинених солей (мінералізація, електропровідність); біогенні елементи (N_{заг}, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, P_{заг}, P-PO₄⁻³⁻). Специфічні забруднюючі речовини: синтетичні та несинтетичні забруднюючі речовини, що надходять у водний об'єкт</p>

Для графічного відображення кожен з класів позначається відповідним кольором:

- I клас екологічного стану, що відповідає екологічному стану «відмінний», позначається синім кольором;
- II клас екологічного стану – «добрий», зеленим кольором;
- III клас екологічного стану – «задовільний», жовтим кольором;
- IV клас екологічного стану – «поганий», помаранчевим кольором;
- V клас екологічного стану – «дуже поганий», червоним кольором.

Критерії віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного стану наведено у табл. 4.19.

Таблиця 4.19

Критерії віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного стану

Стан «відмінний»	Стан «добрий»	Стан «задовільний»
Значення біологічних показників відповідають значенням, характерним для масиву поверхневих вод у референційних умовах, мають тенденцію до дуже незначних змін. Відсутні або виявлені дуже незначні антропогенні зміни значень гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників порівняно з величинами, характерними для масиву поверхневих вод в референційних умовах	Значення біологічних показників масиву поверхневих вод вказують на низькі рівні антропогенного впливу і мало відхиляються від значень, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах. Концентрації хімічних та фізико-хімічних показників не перевищують екологічних нормативів якості, встановлених для екологічного стану «добрий»	Значення біологічних показників масиву поверхневих вод помірно відхиляються від значень, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах. Ці значення мають помірну тенденцію до відхилення в результаті антропогенного впливу та мають значно більші відхилення порівняно з умовами стану «добрий». Концентрації хімічних та фізико-хімічних показників перевищують екологічні нормативи якості, встановлені для екологічного стану «задовільний»
Стан «поганий»	Стан «дуже поганий»	
Спостерігаються значні зміни щодо значень біологічних показників та значні відхилення від норм відповідних біологічних популяцій, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах	Спостерігаються дуже сильні зміни щодо біологічних показників, відсутність великої частини відповідних біологічних ценозів, характерних для масиву поверхневих вод у референційних умовах	

Класифікація екологічного стану розробляється для кожного типу масиву поверхневих вод окремо, тобто є типоспецифічною. На основі екологічного нормативу якості води встановлюються граничні значення для класів екологічного стану масиву поверхневих вод: для біологічних показників – для п'яти класів, що відповідають екологічним станам «відмінний», «добрий», «задовільний», «поганий» та «дуже поганий»; для хімічних та фізико-хімічних показників – для трьох класів, що відповідають екологічним станам «відмінний», «добрий» та «задовільний»; для специфічних синтетичних та несинтетичних забруднюючих речовин у межах хімічних та фізико-хімічних показників – для двох класів, що відповідають екологічним станам «добрий» та «задовільний».

Алгоритм визначення екологічного стану масиву поверхневих вод наведено на рис. 4.12. Визначення класу для кожного з показників проводиться шляхом зіставлення його значення з граничними значеннями класів, встановленими у типоспецифічній класифікації.

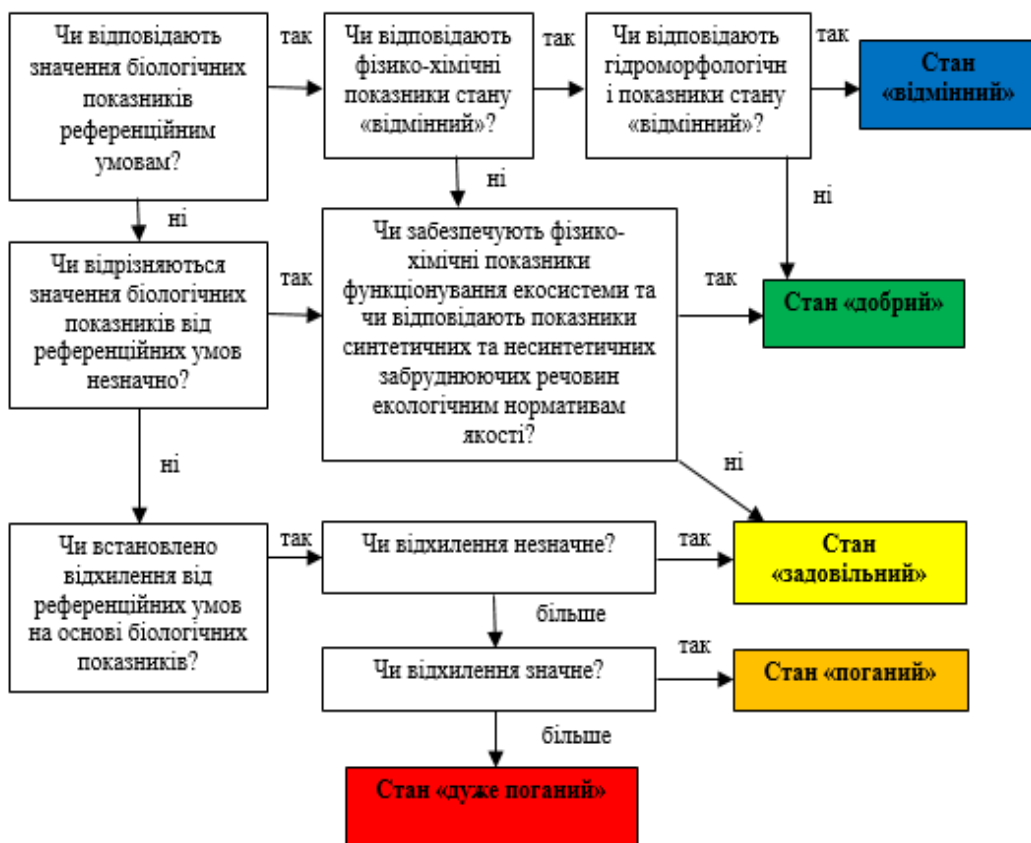


Рис. 4.12. Алгоритм визначення екологічного стану масиву поверхневих вод

Клас екологічного стану масиву поверхневих вод за біологічними показниками визначається за найгіршим показником. Кожен з показників може бути охарактеризований одним чи декількома індикаторами, які вибираються для кожного типу масиву поверхневих вод окремо. Наприклад, показник «склад і кількісні показники водної флори» може бути кількісно описаний як числом видів, так і числом таксонів вищого рангу, чисельністю та/або біомасою водоростей (прямою або через показник «хлорофіл а») чи інтегрованим індикатором – інформаційним індексом Шеннона. Під час класифікації береться до уваги не найгірше значення окремого індикатора, а осереднене значення класу всіх використаних індикаторів у межах показника.

Клас екологічного стану масиву поверхневих вод за гідроморфологічними, хімічними та фізико-хімічними показниками визначається за найгіршим показником.

Узагальнене визначення екологічного стану масиву поверхневих вод отримується шляхом комбінування результатів визначення класів екологічного стану для біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників (рис. 4.13). Остаточне визначення екологічного стану масиву поверхневих вод здійснюється за найгіршим показником (рис. 4.14).

Стан «відмінний»			Стан «добрий»			Стан «задовільний»		Стан «поганий»	Стан «дуже поганий»
Біологічні показники	Гідроморфологічні показники	Хімічні та фізико-хімічні показники	Біологічні показники	Гідроморфологічні показники	Хімічні та фізико-хімічні показники	Біологічні показники	Хімічні та фізико-хімічні показники	Біологічні показники	Біологічні показники

Рис. 4.13. Узагальнене визначення екологічного стану масиву поверхневих вод

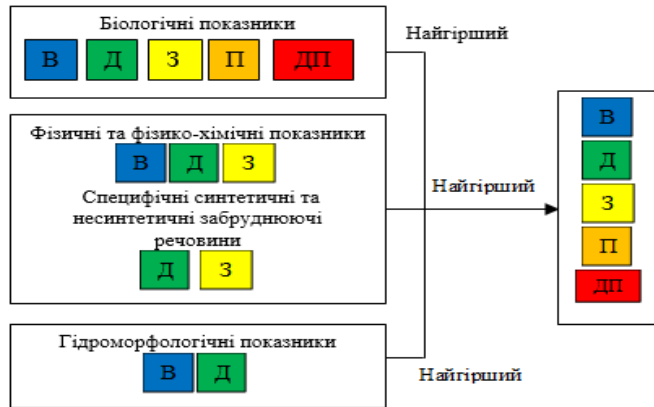


Рис. 4.14. Узагальнене визначення екологічного стану масиву поверхневих вод

Екологічний потенціал штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод – інтегрований показник стану штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, який визначається за біологічними показниками з використанням гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників.

Визначення екологічного потенціалу для штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод здійснюється за біологічними та фізико-хімічними показниками, наведеними у табл. 4.20.

Таблиця 4.20

Показники для визначення екологічного потенціалу для штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод

Штучний або істотно змінений масив поверхневих вод			
екологічний потенціал			
«добрий»	«задовільний»	«поганий»	«дуже поганий»
Біологічні показники			
Значення відповідних біологічних показників повністю або майже повністю відповідають значенням, встановленим для визначення стану масиву поверхневих вод відповідної природної категорії. Незначні зміни у величинах максимального екологічного потенціалу (далі – МЕР) для біологічних показників	Середні зміни у величинах МЕР для біологічних показників	Значні зміни у величинах МЕР для біологічних показників	Небезпечні зміни у величинах МЕР для біологічних показників (тобто відсутня велика частина біологічного угруповання)

Хімічні та фізико-хімічні показники			
Хімічні та фізико-хімічні показники знаходяться у межах, встановлених для забезпечення функціонування екосистеми	Умови, що дають змогу досягти значень, наведених для біологічних показників	Умови, що дають змогу досягти значень, наведених для біологічних показників	Умови, що дають змогу досягти значень, наведених для біологічних показників
Вміст специфічних синтетичних та несинтетичних забруднюючих речовин не перевищує екологічних нормативів якості	Умови, що дають змогу досягти значень, наведених для біологічних показників	Умови, що дають змогу досягти значень, наведених для біологічних показників	Умови, що дають змогу досягти значень, наведених для біологічних показників

Референційні умови, встановлені для штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, є величинами, що відповідають максимальному екологічному потенціалу.

Визначення екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод здійснюється за тими самими показниками, які використовуються для визначення стану масиву поверхневих вод відповідної категорії, до якої за своїми характеристиками цей штучний або істотно змінений масив поверхневих вод є найбільш подібним (наприклад, канал – річка, водосховище – озеро).

Для класифікації екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод використовуються чотири класи. Для графічного відображення кожен з класів екологічного потенціалу позначається відповідним кольором:

- II клас екологічного потенціалу, що відповідає екологічному потенціалу «добрий», позначається паралельними смугами зеленого та сірого кольорів;

- III клас екологічного потенціалу – «задовільний», позначається паралельними смугами жовтого та сірого кольорів;

- IV клас екологічного потенціалу – «поганий», позначається паралельними смугами помаранчевого та сірого кольорів;

- V клас екологічного потенціалу – «дуже поганий», позначається паралельними смугами червоного та сірого кольорів.

Хімічний стан масиву поверхневих вод визначається згідно з Переліком забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, затвердженим наказом Мінприроди від 06 лютого 2017 року № 45,

zareestrovanim u Ministerstvi yustitsii Ukraini 20 lyutogo 2017 roku za № 235/30103 (perelik dlya poverknevih vod). Viznachennya khimichnogo stanu masivu poverknevih vod zdийsnyetsya na pidstavi ekolohichnih normativiv yakosti (ENYA), yakі vstanovlyuyutsya na dvox rivnyah: ENYA_{max} – maksimalno dopustima koncentraciya; ENYA_{sr} – serednyorichna koncentraciya.

Zastosuvannya ENYA_{sr} dlya viznachennya khimichnogo stanu oznachae, sho serednyorichne (seredne arifmetichne) znachennya koncentracii rечoviny u bud' yakiy reprezentativnii tochi ne moze prevyshuvati navedene znachennya ENYA_{sr}.

Zastosuvannya ENYA_{max} oznachae, sho bud' yakе vимirяne znachennya zabrudnyuoyoi rечoviny ne moze prevyshuvati znachennya ENYA_{max}.

Dlya vsix zabrudnyuoyich rечovyn, krim metaliv, ENYA vstanovlyuyutsya dlya iхньої zagalnoї koncentracii. Dlya metaliv (kadmий, svинець, rtуть, нiкель) беруться до уваги iх розчинені форми, відділені мембранною фільтрацією з діаметром пор 0,45 мкм. У разі перевищення ENYA_{max} для металів розглядаються:

- фонові концентрації відповідних металів та їхніх сполук;
- твердість води, водневий показник та інші показники води, що впливають на біодоступність металів.

У разі встановлення забруднення води зазначеними речовинами необхідні вимірювання їх вмісту в донних відкладах та підтвердження їхнього біонакопичення.

Dlya класифікації khimichnogo stanu masivu poverknevih vod vikoristovuyutsya два класи. Dlya grafichnogo відображення кожен з класів позначається відповідним кольором:

- I клас khimichnogo stanu, sho відповідає khimichному стану «добрий», позначається синім кольором;
- II клас khimichnogo stanu – «недосягнення доброго», червоним кольором.

Алгоритм визначення хімічного стану масиву поверхневих вод наведено на рис. 4.15.

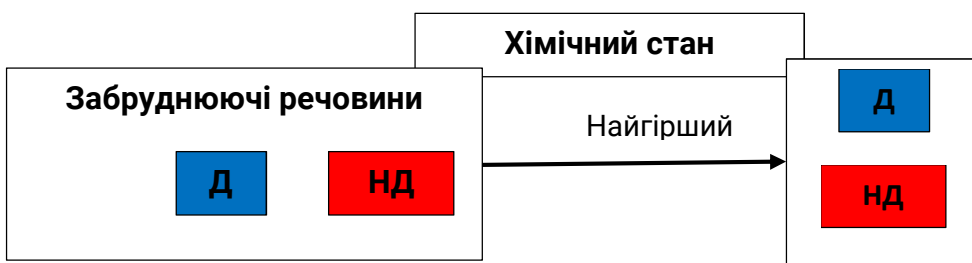


Рис. 4.15. Алгоритм визначення хімічного стану масиву поверхневих вод

Визначення загального стану масиву поверхневих вод проводиться за найгіршим показником згідно з алгоритмом визначення загального стану масиву поверхневих вод, наведеним на рис. 4.16.

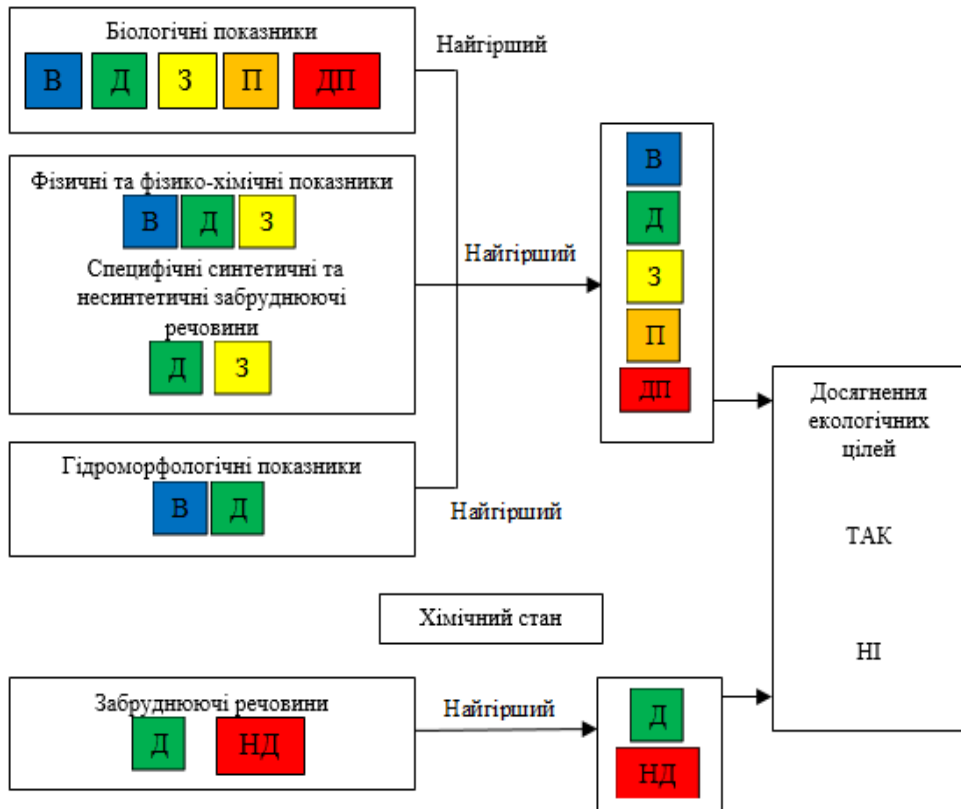


Рис. 4.16. Алгоритм визначення загального стану масиву поверхневих вод

Методи прогнозування якості води. Результати моніторингу

Прогнозування якості та кількості води у річці або водоймищі є завершальним етапом моніторингу, має надзвичайно важливе значення для розвитку усіх галузей водогосподарського комплексу, промисловості, сільського господарства, рекреаційних зон, екологічних заходів. Воно полягає у виявленні ймовірних напрямів і результатів розвитку явищ і процесів, оцінці показників, що характеризуватимуть їх у більше або менше віддаленому майбутньому.

Прогнозування якості поверхневих вод – наукова діяльність, спрямована на виявлення і вивчення можливих альтернатив майбутнього розвитку загального стану та змін якісних і кількісних характеристик води.

Відповідно до темпів розвитку прогнозованого явища та господарського планування, прогнози поділяються на: *оперативні* – до 3 місяців; *короткострокові* – до 1 року; *середньострокові* – 1–5 років; *довгострокові* – 5–20 років; *понаддовгострокові* – більше ніж на 20 років.

При виконанні прогнозу передусім необхідно встановити період завчасності, вибрати водні об'єкти та створи, показники якості води та метод прогнозування. Період завчасності прогнозування залежить від мети прогнозу. Із завчасністю пов'язана точність прогнозування, яка зменшується прямо пропорційно квадрату завчасності. Дані оперативного прогнозу точніші, довгострокового – носять більш імовірнісний характер.

Завданням прогнозування є виявлення і прогнозування незадовільного стану якості води при зміні гідрометеорологічних умов і аварійних скидах стічних вод. Головною метою прогнозу є завчасне передбачення концентрацій забруднюючої речовини у певному створі чи ділянці річки у вказаний момент часу. Одночасно можна спрогнозувати довжину забрудненої ділянки річки, час добігання забруднених водних мас від місця їх надходження до контрольного створу, розрахувати відстань до створу повного змішування. Такі прогнози складають для створів практично повного змішування стічних і річкових вод, а також для створів водокористування, якщо вони розміщені у зоні впливу стічних вод чи на ділянці проходження паводка.

Найчастіше для прогнозування застосовують методи екстраполяції та методи моделювання.

Метод екстраполяції оснований на припущенні про збереження в часі тенденції розвитку процесів, які відбуваються у водних об'єктах в період їх вивчення. За використання цього методу період спостережень має бути довготривалим (не менше, ніж у три рази більшим від прогнозованого періоду), охоплювати багатоводні та маловодні періоди стоку, а характер зміни якості та кількості стоку повинен мати стаціонарний і односпрямований режим. При стрибкоподібних змінах антропогенного навантаження на водний об'єкт метод екстраполяції практично не використовується. Надійніші прогнози за цим методом одержують при екстраполяції інтегральних кривих зміни кількості стоку під впливом

стабільної господарської діяльності.

Метод моделювання ґрунтується на математичному описі або фізичному дослідженні гідродинамічних, фізико-хімічних та інших процесів, які відбуваються у водоймищі або водотоці та враховують закономірності зміни стану водного об'єкта із зміною основних факторів, що визначають цей стан.

Математичні моделі якості води базуються на диференціальних рівняннях з частковими похідними. За їх допомогою можна моделювати умови формування якості та кількості води – імітаційні моделі. Моделювання оптимальних умов стану водного об'єкта з урахуванням навантаження стічними водами проводиться за допомогою оптимізаційних моделей.

Моделі будуються для коротко- і довгострокових прогнозів. При виробленні короткострокових оперативних прогнозів варто застосовувати методи розрахунків, які використовують коефіцієнт дисперсії та неконсервативності, та такі, що дають змогу визначати поле розподілу забруднюючих речовин при скиді стічних вод. За довгострокового прогнозування якості води можна використовувати балансові методи розрахунку, які враховують як витрату стічних вод та водного об'єкта, так і концентрацію забруднюючих речовин.

На вибір математичних моделей для прогнозування якості води впливають наявність вихідних даних та завдання розрахунку. Моделі якості води повинні бути простими в практичному використанні, характеризуватися універсальністю та давати достатньо надійні результати.

Результатами здійснення державного моніторингу вод є:

- первинна інформація (дані спостережень), яка надається суб'єктами державного моніторингу вод;
- узагальнені дані, що стосуються певного проміжку часу або певної території;
- оцінка екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод, екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод, кількісного та хімічного стану МПВ;
- прогнози стану вод і його змін;
- науково обґрунтовані рекомендації, необхідні для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

На підставі даних та інформації, отриманих в результаті здійснення державного моніторингу масивів поверхневих вод, визначаються екологічний та хімічний стан масивів поверхневих вод, екологічний потенціал штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод, з урахуванням чого розробляються плани управління

річковими басейнами та оцінюється рівень досягнення екологічних цілей.

Суб'єкти державного моніторингу вод зобов'язані безстроково зберігати первинну інформацію, отриману (отримані) в результаті здійснення державного моніторингу вод.

Інформація, здобута і оброблена суб'єктами державного моніторингу вод, є офіційною, обмін інформацією між собою за даними та результатами здійснення державного моніторингу вод відбувається на безоплатній основі.

Первинна інформація, узагальнені дані, результати оцінки, прогнози та рекомендації, отримані в результаті здійснення державного моніторингу вод, безоплатно подаються Держводагентству та Міндовкіллю.

Аналіз інформації, отриманої в рамках здійснення державного моніторингу вод, для оцінки їх стану та забезпечення органів виконавчої влади і органів місцевого самоврядування інформацією для прийняття рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів проводиться Держводагентством.

Прогнозування стану вод та його зміни здійснюється шляхом моделювання кількісних і якісних показників вод з метою розроблення рекомендацій щодо здійснення заходів для запобігання можливим негативним змінам та покращення існуючого стану вод.

Науково-методичне забезпечення державного моніторингу вод здійснює Міндовкілля. Фінансування державного моніторингу вод здійснюється за рахунок коштів державного, місцевих бюджетів, а також інших джерел, не заборонених законодавством. Фінансування зазначених заходів з державного бюджету здійснюється в межах видатків, передбачених у законі про Державний бюджет України на відповідний рік.

Отже, господарська діяльність людського суспільства, яка зростає з кожним роком, призводить до виснаження і забруднення поверхневих вод, порушення їх гідрологічного і гідрохімічного режимів. Тому моніторинг масивів поверхневих вод передбачає контролювання, спостереження, оцінювання та прогнозування стану водних об'єктів на майбутнє з метою вивчення динаміки зміни якості води, закономірностей процесів самоочищення, визначення критичних ситуацій. Цей вид моніторингу поширився як складова в системі державного моніторингу і активно застосовується при дослідженні стану масивів поверхневих вод. На основі отриманої інформації розробляють управлінські рішення для регулювання якості водних ресурсів, їх охорони і раціонального використання.

Запитання. Завдання

1. Що таке водні ресурси і яка їх роль у природі та житті людини? Проаналізуйте сучасний стан поверхневих вод України.

2. Охарактеризуйте основні джерела забруднення поверхневих вод.

3. З'ясуйте сутність і основні завдання моніторингу масивів поверхневих вод.

4. Що є основною метою налагодження системи спостережень та контролю за рівнем забруднення водних об'єктів?

5. Назвіть основні об'єкти державного моніторингу вод і сформулюйте головну стратегічну мету, передбачену Водною рамковою директивою ЄС. За якими критеріями визначається масив поверхневих вод?

6. Назвіть основних суб'єктів державного моніторингу вод. Який суб'єкт здійснює загальну координацію та організацію державного моніторингу вод? Якими нормативними документами регулюється робота основних суб'єктів моніторингу масивів поверхневих вод?

7. Які процедури проведення моніторингу масивів поверхневих та підземних вод Ви знаєте? З якою метою і в які терміни води проводяться?

8. За якими показниками визначається екологічний та хімічний стани МПВ і яка класифікація застосовується для їх оцінки?

9. Як доцільно проводити спостереження для отримання повної і всебічної інформації про стан водних об'єктів? Відповідь обґрунтуйте прикладами.

10. Які методи і технічні засоби застосовують для оперативного контролю якості природних вод?

5. МОНІТОРИНГ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Світовий океан, який покриває більшу частину поверхні Землі, відіграє виняткову роль у забезпеченні життя на ній, формуванні погоди та клімату. Океани залучені до процесів глобального характеру: взаємодій води і атмосфери, які визначають клімат; біохімічних циклів хімічних елементів, що тісно пов'язані з циркуляцією речовин і енергії у природних екосистемах; фотосинтетичної активності водоростей, яка регулює баланс кисню та вуглекислого газу. Океани є джерелом забезпечення продуктами харчування та енергією, корисних копалин.

Сучасний Світовий океан зазнає значного антропогенного впливу, який призводить до негативних наслідків, зокрема до зменшення обсягів відтворювання біологічних ресурсів. У деяких його областях виникла напружена екологічна ситуація, утворилися поля хронічного забруднення. Надходження забруднюючих речовин антропогенного походження, активне вилучення біологічних ресурсів (риби і морепродуктів виловлюють більше 70 млн т на рік) стали постійно діючими екологічними факторами, які деформують морські екосистеми. Останнім часом видобуток корисних копалин посилює негативний вплив на океан. Тому, спостереження за екологічним станом Світового океану з метою розроблення ефективних заходів зі збереження цієї екосистеми з кожним роком стають усе необхіднішими.

5.1. Джерела і види забруднення океану

Забруднюючі речовини надходять до Світового океану як природним шляхом, так і внаслідок господарської діяльності людини. Ці види забруднень тісно взаємопов'язані, тобто антропогенні можуть підсилювати природні небезпечні явища і навпаки.

До джерел природного забруднення океанів та морів належать:

- річковий стік;
- прямий стік із суші (терігенний стік);
- перенесення забруднюючих речовин через атмосферу.

Джерелами антропогенного забруднення Світового океану є:

- безпосередні скиди забруднюючих речовин в океан (переважно на його поверхню), зокрема, нафтопродуктів при перевезенні, особливо у разі аварій танкерів;
- безпосереднє надходження забруднюючих речовин при підводних розробках та видобуванні мінеральних ресурсів;
- підводні викиди нафти та газу;

- аварійні викиди із суден або підводних трубопроводів;
- випробовування атомної зброї.

Сучасні дослідження забруднення Світового океану свідчать, що річковий та теригенний стоки, а також атмосферне перенесення є основними джерелами забруднення.

У процесі річкового виносу і стоку із суші забруднюються переважно прибережні води океану, внутрішніх морів, заток. В антропогенній складовій теригенного і річкового стоків переважають забруднюючі речовини, які містяться в промислових та комунальних водах, а також у змивах із сільськогосподарських угідь: важкі метали, біогенні сполуки, пестициди та нафтопродукти. У поверхневих водах, які надходять до Світового океану, обсяг антропогенного стоку переважно збігається з природним потоком хімічних елементів і їх з'єднань або навіть перевищує його.

На основі аналізу отриманих матеріалів моніторингу океанів з'ясовано, що основними видами забруднювачів є вуглеводи (сира нафта, нафтопродукти, нафтові вуглеводи); хлоровані вуглеводи (пестициди, поліхлоровані біфеніли); токсичні метали; радіоактивні речовини.

Наймасштабнішим є забруднення Світового океану нафтою та нафтопродуктами. Поля забруднення нафтовими вуглеводами формуються в шельфових водах, у районах перевезення нафти, інтенсивного судноплавства і аварій танкерів

За даними космічного моніторингу, приблизно чверть Світового океану вкрито тонкою плівкою нафти або забруднено нафтою і нафтопродуктами. Нафтовою плівкою найбільше вкрита північна тропічна, центральна субтропічна та Канарські водні маси. Нафтопродукти трапляються в усіх районах безпосереднього забруднення та у відкритих районах океанів. Залежно від умов середовища та типу нафти нафтові плівки зберігаються на поверхні від кількох годин до кількох днів, нафтопродукти — від кількох місяців до року.

У водах океанів наявні такі хлоровані вуглеводні, як дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ) та його похідні гексахлорциклогексан (γ -ГХЦГ), поліхлорбіфеніли (ПХБ). Розподіл хлорорганічних пестицидів в океані нерівномірний: чергуються зони підвищених, низьких та нульових концентрацій. Локальні ділянки зберігаються не тільки в зонах безпосереднього забруднення, а й у відкритих районах океану, що пояснюється атмосферним перенесенням і динамічним розсіюванням. Хлорорганічні пестициди проникають і в глибину океану. При цьому вміст їх у шарі 0–100 м однорідний, а на глибині 500 м зменшується удвічі. У глибинних водах

найпоширеніший ДДТ.

Концентрація синтетичних поверхнево активних речовин (СПАР) в океанах у середньому становить 27–30 мкг/дм³ у поверхневому шарі та 8–9 мкг/дм³ на глибині 500 м. Просторовий розподіл СПАР характеризується локалізацією полів забруднення (більше 100 мкг/дм³) у шельфових зонах Північної Америки, Західної Європи та Африки. У відкритому океані їх вміст знижується до 20–30 мкг/дм³ і відзначається нерівномірністю розподілу в акваторії. У глибинних водах прослідковується зменшення вмісту СПАР.

Важкі метали належать до найпоширеніших і дуже токсичних речовин. Для морських екосистем особливо небезпечними є ртуть, свинець, кадмій. Надходячи до морського середовища, ртуть з'єднується із зваженими речовинами, органічними агрегатами й осідає на дно. У донних відкладеннях, під дією деяких форм мікроорганізмів вона переходить у високотоксичні форми метилованої ртуті, період напіврозпаду якої досягає двох років. Для ртуті характерна глибинно-поверхнева міграція. Забруднення морської води цією речовиною обмежується прибережними зонами та шельфами. Міграційний потік свинцю з континентів в океан приходить із річковим стоком та через атмосферу. У морських прибережних водах Північної півкулі середня концентрація свинцю становить 0,07 мкг/дм³, переважно він перебуває в шарі 0–500 м. Концентрація кадмію у водах Світового океану коливається від 0,03 до 0,3 мкг/дм³ при середньому значенні 0,15 мкг/дм³.

Океану притаманна природна радіоактивність, спричинена присутністю в морській воді ⁴⁰K (зумовлює 90% природної радіоактивності, що становить 18,5·10²¹ Бк), ⁸⁷Rb, ³H, ¹⁴C, ізотопів урану та торію. Однак найбільш небезпечними є штучні радіонукліди: стронцій, плутоній, цезій. Сума радіоактивності, збільшена діяльністю людини, сьогодні досягає 5,5·10¹⁹ Бк. Радіоактивні речовини в океан надходять з таких джерел: випробування ядерної зброї; скид радіоактивних відходів; аварії суден з атомними двигунами і аварії, пов'язані з використанням, транспортуванням та одержанням радіонуклідів. Вертикальний розподіл радіонуклідів в океані має складні особливості. Мінімальна концентрація стронцію, цезію та плутонію спостерігається в поверхневому шарі, максимальна – на глибині 100–700 м.

Щорічно до 12 тон пластику опиняється у водах Світового океану, який розпадається на мікрочастинки. Понад 600 видів морських тварин безпосередньо страждають від пластикового забруднення, понад 90% морських птахів у світі мають шматочки пластику у своїх

шлунках. Очікується, що до 2050 р. у морі буде більше пластику, ніж риби.

Обертання Землі, вітер і течії у Світовому океані призводять до концентрації пластику, створення так званих «океанів» сміття. Натепер відомі п'ять подібних «океанів»: у північній і південній Атлантиці, північній (площа сміттевої плями оцінюють від 700 тис. до 15 млн км², тобто найменша оцінка перевершує площу України на 20%) і південній частині Тихого океану, Індійському океані.

Отже, води Світового океану забруднюються різноманітними шкідливими речовинами антропогенного походження, які мають різні масштаби поширення (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Найпоширеніші токсичні компоненти великомасштабного забруднення Світового океану

Забруднюючі речовини	Ступінь біологічної небезпеки	Масштаб розповсюдження
Радіонукліди	++	Глобальний
Стронцій-90	++	Глобальний
Цезій-137	++	Глобальний
Плутоній-238	++	Глобальний
Тритій	++	Глобальний
Церій-144	++	Глобальний
Хлорорганічні токсичні:		
ДДТ та його метаболіти	++	Глобальний
Поліхлоровані біфеніли	++	Глобальний
Альдрин	++	Глобальний
Метали:		
Метилртуть	++	Глобальний
Кадмій	(+)	Глобальний
Ртуть	++	Глобальний
Свинець	(+)	Глобальний
Цинк	+	Локальний
Мідь	+	Регіональний
Хром	(+)	Локальний
Залізо	(-)	Локальний
Марганець	(-)	Локальний
Миш'як	(+)	Регіональний
Нафта та нафтопродукти	+	Глобальний

Ступінь біологічної небезпеки для морських організмів: ++ – сильний; + – значний; (+) – слабкий; (-) – незначний.

Країни, що мають вихід до моря, зловживають морськими захороненнями різних матеріалів та речовин, зокрема, ґрунту, бурового шламу, відходів промисловості, будівельного сміття, твердих відходів. Об'єм захоронення становить 10% від загальної маси забруднюючих речовин, які надходять до Світового океану.

Дампінг – скид та захоронення відходів у морях і океанах.

Явище поширилося внаслідок здатності морського середовища переробляти велику кількість органічних і неорганічних речовин без помітних збитків для якості води. Однак дампінг спричиняє низку негативних явищ:

1) частина забруднюючих речовин перетворюється на розчин, змінюючи якість води, інша – сорбується завислими речовинами та переходить у відклади дна;

2) наявність органічних речовин призводить до швидкої втрати кисню, появи сірководню;

3) підвищується мутність води, що спричиняє загибель малорухомих форм бентосу.

Тому при організації і здійсненні дампінгу слід дотримуватися таких умов:

– оцінювання якості, стану і властивостей (фізичних, хімічних, біологічних) матеріалів, що захоронюються, їх токсичності, стійкості, здатності до накопичення та біотрансформації у водному середовищі та морських організмах;

– здійснення нейтралізації, знезараження, реутилізації відходів (якщо це можливо);

– вибір районів скиду з урахуванням максимального розбавлення речовин, мінімального поширення їх за межі скиду, позитивного поєднання гідрологічних та гідрофізичних умов;

– забезпечення віддаленості районів скиду від місць нагулу і нересту риб, від місць життя рідкісних та чутливих видів гідробіонтів, від зон відпочинку та господарського використання.

На живі організми, які формують гідробіотичні екосистеми, найпомітніше впливають біогенні хімічні речовини, пестициди, важкі метали, галогени. Їх наявність призводить до порушення функціонування біотичної складової морських екосистем. Реакція морської біоти на дію забруднюючих речовин буває різна: від поступового зменшення розмірів особин, перебудови ензиматичних систем до нездатності розмножуватися, вимирання організмів. Загалом антропогенне забруднення зумовлює різні негативні явища, зокрема накопичення хімічних токсичних речовин у біоті;

мікробіологічне забруднення прибережних районів моря; зниження біологічної продуктивності; прогресуючу евтрофікацію; виникнення мутагенезу та канцерогенезу; порушення стійкості екосистем.

Небезпечні екологічні наслідки залежать не тільки від рівня забруднення, періоду існування забруднюючих речовин та процесів їх розсіювання і трансформації, а й обумовлені можливістю акумуляції хімічних сполук у морських організмах та передавання їх трофічними (харчовими) ланцюгами.

Кількість забруднюючих речовин в організмі характеризується коефіцієнтом накопичення – відношенням вмісту забруднюючої речовини в організмі до вмісту її в морській воді. Середні коефіцієнти накопичення забруднюючих речовин в планктонних організмах досягають високих значень: свинцю – до $4 \cdot 10^5$, ртуті – $3,4 \cdot 10^3$, кадмію – $2,1 \cdot 10^4$, ПХБ – $4,0 \cdot 10^4$, бенз(а)пірену – $5,0 \cdot 10^3$.

Антропогенна дія проявляється на індивідуальному і на популяційно-біоценотичному рівнях. Первинні критичні порушення у функціонуванні гідробіонтів під дією забруднюючих речовин виникають на рівні біологічних ефектів (змінюється хімічний склад клітини, характер ферментативних систем, процесів дихання, росту та розмноження, мають місце мутація та канцерогенез, порушується рух та орієнтація в просторі) і морфологічних змін (патологія внутрішніх органів, зміна розмірів організму, поява потворних форм, зміна товщини зябер, порушення біохімічних та фізіологічних процесів).

У районах з несприятливою екологічною ситуацією спостерігаються зміни у структурі і функціонуванні морських біоценозів, що проявляється в наступних процесах:

- зміна біомаси популяцій планктонних і бентосних організмів;
- зменшення родів та угруповань гідробіонтів, поява нехарактерних для морського середовища організмів (наприклад, кишкова паличка);
- збільшення середньої біомаси мікроорганізмів, фітопланктону, найпростіших, зоопланктону, бентосу;
- зникнення окремих видів високочутливих морських організмів та поява нових, адаптованих до хімічних умов.

Дія забруднюючих речовин на морські організми може бути різною. Біогени (азот, фосфор) діють на зябра, печінку, нервову систему, скелет, луску. Концентрація 1 мг/дм^3 усіх форм азоту (аміачної, нітритної, нітратної) знижує здатність риб зв'язувати кисень, з'являються ознаки інтоксикації. Фотосинтез фітопланктону пригнічується на 75–90% при концентрації хлорорганічних пестицидів (ХОП) $1–10 \text{ мкг/дм}^3$, для зоопланктону вони токсичні в дозах порядку 10 мкг/дм^3 . Пестициди завдають різну шкоду: пригнічують фотосинтез

рослин і дихання тварин, порушують мембранний обмін, функції нервової системи.

Важкі метали не підлягають біодеградації (руйнуванню) і тому можуть накопичуватися в усіх компонентах екосистем. Найтоксичнішими є йонні форми важких металів. Такі метали, як марганець, мідь, цинк, ртуть, хром на 65–80% перебувають в розчиненому стані і засвоюються гідробіонтами. Ртуть та її сполуки в концентраціях 5–10 мкг/дм³ і більше призводять до порушення життєдіяльності на ранніх стадіях розвитку риб, знижують швидкість росту. Мідь та її сполуки токсичні для всіх представників водної фауни та флори. Розчинені форми солей міді (хлориди, нітрати) токсичні при концентраціях 0,01–0,02 мг/дм³. Свинець та його сполуки пригнічують травні та тканинні ферменти, накопичуються в тканинах великих морських риб та дельфінів. Токсичність заліза залежить від кислотності води. У лужному середовищі токсичність зростає, оскільки утворюються гідроксиди заліза, які осідають на зябрах, закупорюють та роз'їдають їх. Цинк та його сполуки пошкоджують зябра риб, що призводить до їх смерті.

Наявність галогенів у морській воді також зумовлює небажані явища, зокрема низькі концентрації хлору і його сполук (до 0,0001 мг/дм³) викликають погіршення товарної якості риб (каталізатор – феноли).

Дія бромиду та його сполук протягом 30–70 хв у дозі 400 мг/дм³ є смертельною, 100 мг/дм³ спричиняють загибель організмів через 1–3 години, 10 мг/дм³ – безпечна для риб.

Гідробіонти засвоюють радіонукліди з водного середовища через покривні тканини, зябровий апарат, травний тракт. Асиміляція радіонуклідів відбувається пасивно й активно. Пасивний обмін пов'язаний з вирівнюванням градієнтів концентрації солей у воді та тканинах, активний процес накопичення зумовлений здатністю біологічних мембран поглинати радіонукліди з водного середовища. Навіть якщо ступінь забруднення морського середовища радіонуклідами порівняно невисокий, живі організми уражаються через трофічні зв'язки.

Сучасні урбанізація і виробництво сприяють зростанню рівня забруднення вод Світового океану. Щорічно в його води надходить величезна кількість шкідливих речовин, деякі компоненти вже спричинили його великомасштабне забруднення. Ці процеси призводять до зменшення його біологічної продуктивності, скорочення надходження кисню до світового кругообігу речовин.

5.2. Процеси самоочищення морського середовища від забруднюючих речовин

Самоочищення морського середовища є складним і недостатньо вивченим явищем. Дослідники цієї проблеми досі не виробили загальноприйнятих методів загального опису та кількісної оцінки всіх факторів самоочищення.

***Самоочищення** – сукупність фізичних, хімічних, мікробіологічних та гідробіологічних процесів, які зумовлюють розклад, утилізацію забруднюючих речовин, що частково відновлює природну якість морських вод.*

Процеси самоочищення води від окремих груп органічних речовин відбуваються по-різному.

Деградація нафти у морі відбувається у такій послідовності: випаровування, емульгування, розчинення, окислення, утворення нафтових агрегатів, осідання та біодеградація.

Важливим явищем у процесі розпаду нафтових плівок є випаровування. Вуглеводи з довжиною ланцюга атомів вуглецю в молекулі менше C¹⁵ випаровуються з водної поверхні протягом 10 діб, вуглеводи в діапазоні C¹⁵–C²⁵ утримуються значно довше, а фракція, важча від C²⁵, практично не випаровується. Випаровування може вилучити з поверхні до 50% вуглеводів сирової нафти, до 10% важкої нафти, до 75% легкої паливної нафти.

Основну роль в деструкції нафтових вуглеводів відіграють мікроорганізми, здатні використовувати вуглеводи як джерело вуглецю та енергії. Високою здатністю до окислення нафтопродуктів наділені бактерії роду *Mycobacterium*, *Arthrobacter*. У лабораторних умовах вони окислюють до 50–80% нафти.

Процеси деградації прискорюють такі фактори: високе насичення води киснем (для окислення 1 дм³ нафти необхідно 3,3 кг кисню); збагачення води біогенними речовинами (азот, фосфор) (для окислення 1 мг нафти бактеріями необхідно 4 мг нітратів), для оптимальних умов необхідно зберегти співвідношення N:P = 14:1; підвищення температури; зниження солоності води; зменшення рН.

Експериментальні дослідження показали, що сумарна деградація нафти в морській воді відбувається за законом молекулярної реакції першого порядку:

$$C_t = C_0 \cdot e^{-kt}, \quad (5.1)$$

де C_t , C_0 – кінцева та початкова концентрації речовини; t – час перетворення, k – константа швидкості реакції:

$$k = \ln 2 / \tau, \quad (5.2)$$

де τ – період напіврозпаду речовини.

Біодеградація СПАР. За ступенем стійкості до біохімічного окислення у воді СПАР поділяються на м'які, 50 % яких розкладається протягом кількох діб, та жорсткі, для розпаду яких необхідно 2 місяці та більше. При біохімічному окисленні аніонних СПАР відбуваються реакції гідролізу, λ -окислення (окислення кінцевої метильної групи), β -окислення (окислення жирних кислот), розщеплення ароматичного кільця. Швидкість самоочищення природних вод від СПАР визначається низкою чинників: хімічною будовою СПАР, їх концентрацією, солоністю, температурою, рН води, вмістом розчиненого кисню. Приблизно 20% розчинених СПАР у воді сорбується завислими речовинами й осідає на дно.

Самоочищення від фенолів. Залежно від хімічної природи фенолів процес їх окислення може бути біохімічним та фізико-хімічним. Біохімічне окислення здійснюється під впливом ферментів, що виробляють мікроорганізми. Швидкість розпаду збільшується із збільшенням рН, зменшенням солоності, за наявності фосфатів та солей заліза, присутності білків, жирів, вуглеводів.

Антропогенна дія на Світовий океан призводить до зменшення природної здатності морських систем до самовідтворення та саморегулювання, особливо там, де формуються критичні умови для нормального функціонування цих екосистем. Поняття «критична» або «допустима антропогенна дія на морські системи» загалом пов'язані з поняттям «екологічний резерв океану». Тому при екологічному нормуванні антропогенних дій вдаються до використання концепції асиміляційної ємності.

Асиміляційна ємність морського середовища (A_{mi}) щодо забруднюючої речовини (i) – максимальна динамічна місткість такої кількості забруднюючої речовини, яка може бути за одиницю часу зруйнована, накопичена, трансформована і виведена за допомогою седиментації, дифузії або інших процесів за межі об'єму екосистеми без порушення нормального функціонування.

Процес самовільного поширення речовини у воді в напрямку

зменшення її концентрації, зумовлений тепловим рухом молекул, називають *дифузією*. Вона призводить до вирівнювання концентрації дифузуючої речовини.

Седиментація – процес осадження дрібних часточок під дією гравітаційного поля або центробіжних сил.

Асиміляційна ємність характеризує здатність морської екосистеми до динамічного накопичення та активного виведення забруднюючих речовин. Для її визначення використовують: показник гранично допустимої концентрації речовини (C_{mio}) і коефіцієнт кратності (K_{mi}) кількості речовини, яка може бути перероблена даною екосистемою.

Показник асиміляційної ємності визначають за формулою:

$$A_{mi} = C_{mio} \cdot K_{mi} \cdot V, \quad (5.3)$$

де V – об'єм морського середовища, що розглядається.

На практиці виокремлюють три основні процеси, що визначають асиміляційну ємність: гідродинамічний, мікробіологічне окислення, біоседиментацію. Асиміляційна ємність утворюється з геофізичної ємності, яка визначається виносом токсичних речовин за рахунок геофізичних процесів, і біологічної ємності, сформованої допустимим навантаженням на екологічну систему та виносом токсичних речовин за рахунок біологічних процесів.

Безумовно, води Світового океану мають природну здатність до самоочищення, самовідтворення та саморегулювання, але антропогенний вплив уповільнює ці процеси. Тому доцільне регулювання різних видів діяльності у водах Світового океану, повітряному просторі над ним, на морському дні та в його надрах. З метою з'ясування фактичного стану вод морів та океанів, захисту і збереження морського середовища, розроблення та впровадження рішень з ефективного використання, охорони і відтворення цих водних об'єктів необхідно здійснювати комплексний глобальний моніторинг вод Світового океану.

5.3. Завдання та основні види комплексного глобального моніторингу океану

Метою комплексного моніторингу океану є визначення стану Світового океану та прогнозування змін, які відбуваються в його екосистемах під дією антропогенних факторів. Глобальний моніторинг Світового океану забезпечує виконання таких завдань:

- виявлення каналів надходження та оцінювання потоків забруднюючих речовин в біопродуктивних та чутливих екосистемах;
- вивчення негативних наслідків забруднення екосистем;
- вивчення зв'язків між рівнями накопичення забруднюючих речовин та екологічними змінами, які характерні для певних екосистем;
- визначення критичних концентрацій забруднюючих речовин, які можуть спричинити порушення функціональних біологічних та біохімічних процесів;
- вивчення фізичних, хімічних та біологічних процесів, які визначають асиміляційну ємність;
- побудова математичних моделей окремих екологічних процесів для прогнозу екологічної ситуації в океані в локальному, регіональному та глобальному масштабах.

Для розв'язання цих завдань використовують інформацію, отриману з таких джерел:

- а) дані натурних спостережень, які дають змогу виявляти основні джерела і канали надходження забруднюючих речовин, оцінювати процеси самоочищення, розраховувати баланс забруднюючих речовин, оцінювати стан нейстонних, планктонних і бентосних угруповань

Нейстон – організми, які живуть безпосередньо у межах поверхневої плівки води.

Планктон – сукупність завислих у товщі води організмів, не здатних до самостійного пересування на значні відстані.

Бентос – сукупність організмів, що живуть на дні та в ґрунті водойм та водотоків. Поділяється на тваринний – зообентос і рослинний – фітобентос.

б) лабораторні дослідження, що сприяють встановленню в умовах, максимально наближених до природних, критичних концентрацій, обчисленню величини асиміляційних ємностей;

в) математичне моделювання, яке дає змогу вивчати реакції екосистем на дію певних факторів.

Комплексний глобальний моніторинг океану охоплює екологічний та фізичний моніторинги.

Екологічний моніторинг океану є системою аналізу, оцінювання та прогнозування стану морських екосистем. Важливою складовою екологічного моніторингу є біологічний моніторинг морського середовища, який передбачає систематичні спостереження за елементами функціональної структури біоценозів з метою оцінювання та прогнозування стану біотичного компонента морських екосистем. Біологічний моніторинг пов'язаний з системою геохімічного моніторингу, який здійснює контроль за джерелами та рівнями забруднення морського середовища (рис. 5.1, 5.2).

Фізичний моніторинг океану призначений для аналізу дії фізико-океанографічних і гідродинамічних факторів, які спричиняють поширення та перерозподіл забруднюючих речовин у морському середовищі.

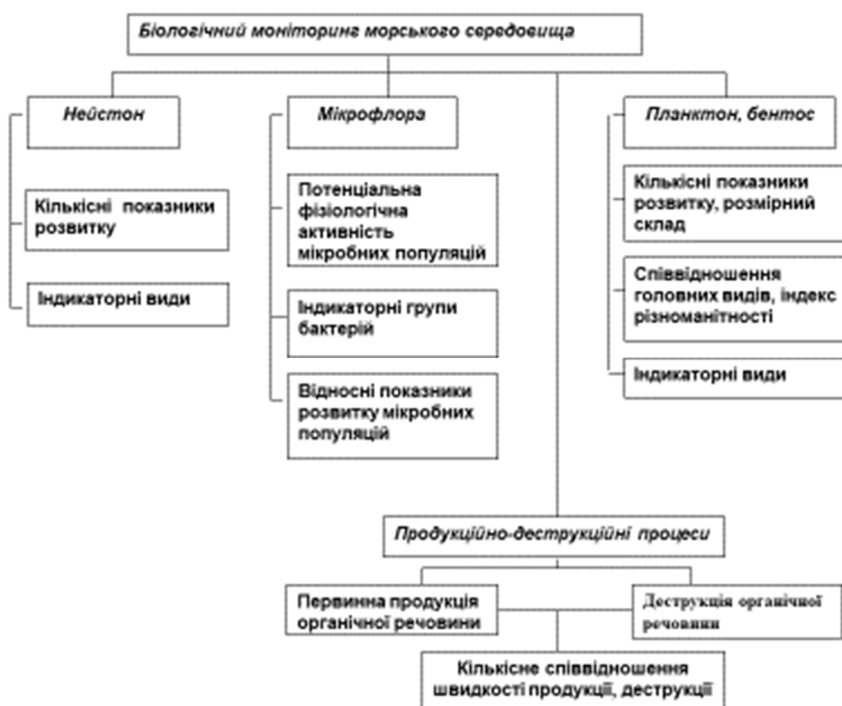


Рис. 5.1. Система показників біологічного моніторингу морського середовища

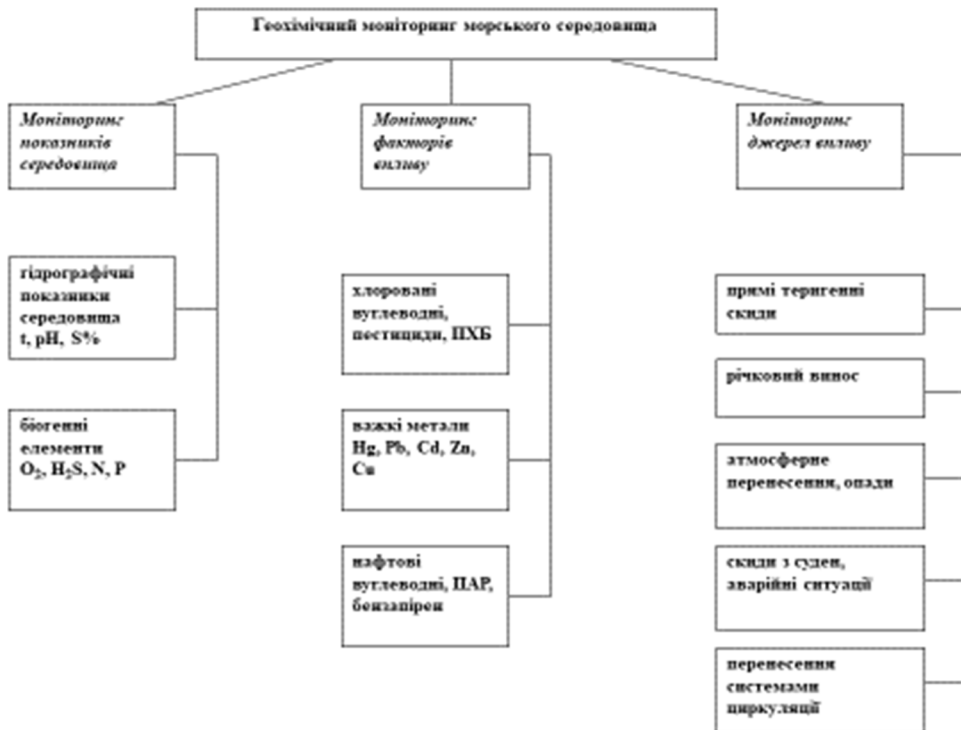


Рис. 5.2. Система показників геохімічного моніторингу морського середовища

Отже, моніторинг вод Світового океану охоплює як біотичну так і абіотичну складові, що дає змогу усвідомити єдність і взаємозв'язки процесів, які в ньому відбуваються.

5.4. Організація спостережень за станом вод морів та океанів

Оцінити сучасний стан якості вод Світового океану можна за допомогою проведення систематичних спостережень. У світі така робота була розпочата у другій половині ХХ ст. В Україні спостереження за станом вод Чорного і Азовського морів почали проводити у 60-х роках ХХ ст.

Морська природоохоронна стратегія України

Чорне й Азовське моря найвіддаленіші від Світового океану.

Площа їх водозбірного басейну значно перевищує площу самих морів. Це зумовило надзвичайну чутливість їх до антропогенного впливу.

Зростання загроз від антропогенного навантаження на Азовське і Чорне моря обумовлює незадовільний їх екологічний стан і значно посилюється негативним впливом зміни клімату. Найбільш критичними показниками стану морського середовища та небезпечних факторів негативного впливу є: евтрофікація та її наслідки (зокрема масове «цвітіння» водоростей), значне забруднення

Евтрофікація – штучне надудобрення вод внаслідок забруднення сільськогосподарськими та комунальними стоками, яке призводить до бурхливого розмноження водоростей і зниження вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах через розкладання мертвої органічної речовини, що утворюється при зростаючій седиментації.

морських екосистем токсичними та канцерогенними речовинами, мікробіологічне забруднення, зменшення біологічного різноманіття, скорочення обсягу морських живих ресурсів, включаючи рибні запаси, зниження якості та доступності рекреаційних ресурсів, виникнення загроз здоров'ю населення. До основних джерел забруднення засмічення моря відносяться річковий стік, скидання зворотних та стічних вод з точкових берегових джерел, дифузне забруднення, а також забруднення, що надходить з морських транспортних засобів.

Особливо небезпечними для екосистеми морів є точкові джерела забруднення від яких надходять стічні води міст та промислових підприємств розташованих у прибережній смузі. Очисна спроможність комунальних очисних споруд (в основному представлені двома ступенями очищення) приморських міст для сполук азоту і фосфору, як правило не перевищує 35–40%, тоді як для важких металів та стійких органічних сполук цей показник є набагато нижчим. Водночас, більша половина міст обласного підпорядкування, районних центрів та поселень міського типу маючи централізовані системи водовідведення, не мають міських очисних споруд та здійснюють скидання стічних вод до моря без будь-якого очищення.

Окреме занепокоєння викликає екологічний стан Азовського моря. Джерелом забруднення якого є промислові підприємства міста Маріуполь, однак значно більша маса забруднень надходить з Таганрозької затоки від джерел розташованих в Російській Федерації, космічні знімки концентрації хлорофілу-а зроблені в 2016–2020 рр. у теплий період року свідчить про аномальний рівень евтрофікації вод саме в Таганрозькій затоці. Значне збільшення солоності води, хімічне

й біологічне забруднення, особливо за останні двадцять років, призвели до змін у біоценозах моря, зменшення його рибогосподарського значення. Потребує скрупульозної міжнародної оцінки впливу на довкілля нещодавно спорудженого Кримського мосту та викидів у атмосферне повітря від транспорту, що рухається зазначеною спорудою.

З активізацією національного та міжнародного судноплавства зростає ризик засмічення й забруднення морського середовища, особливо під час транспортування небезпечних речовин. Відсутність достатньої кількості належних портових споруд для складування та обробки екологічно небезпечних вантажів, а також низький рівень забезпеченості морських транспортних засобів системами очищення побутових стоків та утилізації твердих відходів призводять до значного засмічення й забруднення морських акваторій та акваторій портів.

У межах берегової водоохоронної зони Азовського і Чорного морів накопичено значну кількість твердих побутових і промислових відходів. Технологічна недосконалість облаштування звалищ викликає забруднення поверхневих і підземних вод, створює загрозу погіршення санітарно-епідеміологічного стану та стану здоров'я населення, деградації рекреаційних ресурсів.

Значне антропогенне навантаження під час літнього використання деяких ділянок рекреаційних зон призводить до порушення природного, а також санітарно-гігієнічного стану пляжів та зниження їх рекреаційно-оздоровчого потенціалу. Переміщення великих обсягів донних відкладів під час здійснення днопоглиблювальних робіт у морських акваторіях призводить до деградації донних біоценозів, також відбувається забруднення морського середовища за рахунок мобілізації токсичних речовин сорбованих завислими частками мулу.

Незбалансованість господарської діяльності з хижацького вилову морських живих ресурсів призвела до зменшення оселищ, кормової бази, кількості нерестовищ, місць нагулу як риби, так і інших живих водних організмів. Нераціональне, а іноді й незаконне видобування риби та морепродуктів, незадовільне виконання заходів, спрямованих на їх відтворення, спричинили зменшення їх біологічної продуктивності та зменшення видового розмаїття. Ситуацію ускладнює привнесення до екосистеми морів шкідливих екзотичних організмів, які пригнічують розвиток та відтворення місцевих видів флори і фауни Азовського і Чорного морів. Як результат, рибний промисел в Азовському і Чорному морях відчутно зменшився: вилов риби в останні роки становив у середньому лише 20 відсотків рівня 60-х – початку 70-х років. Водночас недостатньо використовуються

потенційні можливості виробництва морепродуктів за рахунок неналежного розвитку аквакультури, її потенційний розвиток разом із забезпеченням населення морськими харчовими продуктами сприятиме відтворенню ресурсного потенціалу та сталому розвитку країни.

Внаслідок забруднення морського середовища, незбалансованого використання морських природних ресурсів, а також відсутності системи інтегрованого управління використанням природних ресурсів морів Україна щороку втрачає (орієнтовно) до 2 млрд. гривень.

Спільні Чорноморські дослідження, проведені у 2016–2019 рр. в рамках EMBLAS II та EMBLAS+ – проектів технічної допомоги ЄС та ПРООН дозволили дослідити концентрації 2100 хімічних речовин у склад яких увійшли пріоритетні забруднюючі речовини, що визначені Водною рамковою директивою. Вказані дослідження показали, що основними забруднювачами морського середовища є нафтопродукти, хлорорганічні вуглеводні. Відзначено високий та подекуди дуже високий вміст у воді пестицидів, перфторованої речовини, діоксинів, важких металів, усі зазначені сполуки накопичуються у харчових ланцюгах останньою ланкою яких є людина. Відмічені періодичні зростання активності цезію-137 у поверхневих водах східної і центральної частин Чорного моря.

В останні роки зростає забруднення морської води патогенною та умовно патогенною мікрофлорою, що завдає шкоди здоров'ю населення. Погіршення якості та санітарного стану прибережних вод і пляжів призвело до зростання захворюваності відпочиваючих у санаторіях, туристичних закладах, інших місцях відпочинку.

Вказані вище екологічні та соціально-економічні втрати України потребують системного вирішення та мінімізації. Країни ЄС відпрацювали чіткий механізм взаємодії з вирішення проблем збереження морського середовища, який наразі реалізовано в Рамковій директиві про морську стратегію. Саме цим шляхом має рухатись і Україна у процесі формування цілей морської природоохоронної політики та підготовки плану заходів з їх досягнення. Досягнення добрих екологічних показників є запорукою як відновлення рекреаційної здатності Чорного і Азовського морів, так і відновлення кількісних і якісних характеристик морських живих ресурсів, що складають звичний і повсякденний продуктовий набір українських громадян. Таким чином, найважливішим досягненням у рамках поліпшення екологічного стану морського середовища стане зменшення ризиків та загроз для здоров'я населення країни.

Таким чином, основними проблемами екологічного стану Азовського і Чорного морів на сьогодні все ж залишаються:

- високий рівень забруднення морських вод;
- загроза здоров'ю населення і непоправної втрати біологічного різноманіття та біологічних ресурсів моря включаючи загрозу зникнення видів тварин і рослин, що занесені до Червоної книги України;
- зменшення обсягів розведення цінних промислових видів риб, вилову риби та заготівлі морепродуктів;
- зниження якості морських рекреаційних ресурсів.

Саме на вирішення зазначених екологічних проблем шляхом досягнення доброго екологічного стану спрямовується Морська стратегія та програма заходів орієнтована на досягнення її природоохоронних цілей.

Морська природоохоронна стратегія України на період до 2036 року визначає головні засади розвитку морської природоохоронної політики України та розроблена у відповідності до вимог Угоди про Асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони зокрема Директиви 2008/56/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року, що встановлює рамки діяльності Співтовариства у сфері політики з морського середовища (Рамкова Директива про морську стратегію) та Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року, яка встановлює рамки для дій Співтовариства у сфері водної політики (Водна рамкова директива).

Метою Морської стратегії є збереження та відновлення морських ресурсів шляхом започаткування системних та оптимальних підходів з організації та здійснення державного управління станом довкілля Азовського і Чорного морів у межах внутрішніх морських вод, територіального моря, виключної (морської) економічної зони України та прибережної смуги морів з метою досягнення та підтримки ДЕС морського середовища, що сприятиме збалансованому розвитку приморських регіонів та налагодженню позитивних тенденцій з соціально-економічного та екологічного розвитку України.

Морська стратегія запланована до реалізації протягом 2021–2036 рр.

Стратегічні цілі Морської стратегії передбачають вирішення основних проблем екологічного стану Азовського і Чорного морів і включають завдання з досягнення та дотримання доброго екологічного стану:

1) зниження ризику для здоров'я людини, пов'язаного із забрудненням і засміченням морських вод та прибережної смуги, запобігання деградації морських екосистем та сприяння їх відтворенню шляхом зменшення рівня забруднення морів та мінімізації антропогенного навантаження на морські екосистеми;

2) збереження та відтворення біологічного різноманіття, природних ландшафтів прибережної смуги і місць існування біологічних видів;

3) збалансованого використання та відтворення морських біологічних ресурсів і розвитку аквакультури, відродження популяції особливо цінних промислових видів риб.

Вказані засоби державного планування мають вирішити такі пріоритетні проблеми як:

- зниження негативного впливу річок на морські екосистеми;
- запровадження моніторингу сірководневої зони Чорного моря;
- здійснення інвентаризації скидів господарсько-побутових стічних вод у межах прибережної смуги та визначення найбільш небезпечних забруднювачів з подальшим розробленням та затвердженням переліку заходів, які мають бути включені в ПУРБ, Плани інтегрованого управління прибережними територіями Азовського і Чорного морів, або ж Морські НПД та спрямовуватись на зменшення обсягів й запобігання надходження забруднюючих речовин, зокрема досягнення адміністративними засобами та важелями економічного впливу відповідності установленим нормативам і стандартам ступеня очищення міських стічних вод та зворотних вод промислових та сільськогосподарських суб'єктів господарювання;
- започаткування й завершення будівництва міських очисних споруд, а також очисних споруд промислових та сільськогосподарських об'єктів, діяльність яких суттєво впливає на екологічний стан морів, а також впровадження сучасних методів перероблення та утилізації відходів, що утворюються на очисних спорудах;
- розроблення та реалізація окремих місцевих (міських) планів дій з охорони навколишнього природного середовища (МПДОНПС), спрямованих, у тому числі, й на запобігання забрудненню моря найбільш екологічно небезпечними регіонами, зокрема містами Маріуполь, Одеса, Бердянськ та ін., включаючи й оптимізацію рекреаційного використання прибережних територій;
- розроблення та затвердження у порядку встановленому законодавством правових актів, спрямованих на імплементацію Директиви Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел, здійснення на їх основі оцінки впливу дифузних джерел на

якість морської води та започаткування регулювання з метою зменшення обсягів надходжень забруднюючих речовин з дифузних джерел;

- упорядкування існуючого водовідведення дощових вод з територій населених пунктів, розташованих у прибережній захисній смузі морів, створення системи спостережень за надходженням до акваторій Азовського і Чорного морів забруднюючих речовин з урбанізованих територій, а також внаслідок військової діяльності, розроблення заходів, спрямованих на запобігання забрудненню морських вод колекторно-дренажним стоком;

- встановлення і винесення в натуру водоохоронних зон і прибережних захисних смуг морів, морських заток і лиманів та забезпечення упорядкування прибережної захисної смуги морів;

- проведення інвентаризації джерел забруднення атмосферного повітря та оцінка обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел у морі та в прибережній смузі;

- забезпечення контролю за забрудненням і засміченням моря з суден, зокрема запобігання привнесенню плавзасобами до Азовського і Чорного морів шкідливих екзотичних організмів з баластними водами,

- запобігання потраплянню у море небезпечних речовин шляхом створення споруд, де здійснюється перевантаження та зберігання нафтопродуктів, хімічних речовин, а також запровадження системи контролю за переміщенням небезпечних речовин у межах морських кордонів України;

- здійснення наукових розробок та пілотних досліджень із впровадження біологічних методів очищення акваторій морських портів від нафтових забруднень;

- удосконалення системи поводження з побутовими та промисловими відходами, що утворюються у прибережній смузі морів, впровадження технологій утилізації рідких і твердих відходів на судах, транспортних засобах у портах; створення інформаційної системи прогнозування переміщення по поверхні моря нафтових забруднень та інші заходи;

- здійснення заходів для визначення шляхів використання відходів ґрунтів та зменшення замулення дна і забруднення морів, що спричиняється внаслідок проведення днопоглиблювальних і дноочисних робіт, визначення місць розміщення відходів ґрунтів на суші під час виконання будівельних і берегоукріплювальних робіт.

З метою збереження та відтворення біологічного різноманіття, природних ландшафтів прибережної смуги і місць існування біологічних видів, передбачається:

- розроблення окремих режимів природокористування у межах територій (акваторій), віднесених до водно-болотних угідь міжнародного значення;

- підготовка науково обґрунтованих рекомендацій щодо відтворення реліктових видів флори та фауни Азовського і Чорного морів;

- розширення фундаментальних і прикладних наукових досліджень, спрямованих на визначення основних закономірностей функціонування морських і прибережних екосистем та запобігання негативній дії чинників, що впливають на них, а також збереження біологічного різноманіття філофорного поля Зернова;

- здійснення заходів, спрямованих на створення Азово-Чорноморського природного (екологічного) коридору, забезпечення подальшого збільшення площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду, а також їх упорядкування;

- створення двох біологічних станцій (в акваторії Чорного та Азовського морів) з метою збереження та відтворення рідкісних видів рослин і тварин та видів, занесених до Червоної книги України;

- створення на базі природних і біосферних заповідників, національних природних парків, інших територій та об'єктів природно-заповідного фонду центрів з відтворення рідкісних видів рослин і тварин та видів, занесених до Червоної книги України;

- проведення реінтродукції рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин і тварин;

- розроблення та здійснення заходів, спрямованих на захист водоплавних птахів, місць їх оселення та гніздування переважно шляхом створення територій, що перебувають під особливою охороною;

- здійснення заходів із запобігання появи нових видів рослин і тварин, небезпечних для місцевих флори та фауни;

- реалізація заходів із відтворення видів морських рослин і тварин, що перебувають під загрозою зникнення, в акваторіях Азовського і Чорного морів здійснення заходів із збереження морських ссавців у межах внутрішніх морських вод та територіального моря (включаючи створення центрів реабілітації).

З метою збалансованого використання та відтворення морських біологічних ресурсів і розвитку аквакультури, відтворення популяції особливо цінних промислових видів риби передбачається:

– удосконалення законодавства з питань управління, охорони, використання та відтворення рибних ресурсів в Азовському і Чорному морях;

– створення кадастрів популяцій морських видів рослин і тварин, що мають господарське значення, та визначення їх ресурсного потенціалу;

– проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень, пов'язаних із відтворенням та збагаченням морських біологічних ресурсів Азовського і Чорного морів, впровадження відповідних екологічно безпечних технологій;

– будівництво та модернізація риборозплідних заводів, державна підтримка розведення промислових видів риб, у тому числі за рахунок коштів державного та місцевих фондів охорони навколишнього природного середовища;

– визначення екологічно безпечних ареалів розведення аквакультурних організмів, що ведуть прикріплений спосіб існування та місць розвитку аквакультури, створення фермерських аквакультурних господарств у прибережній смузі;

– забезпечення населення, яке проживає у прибережній смузі, інформацією про технології та економічні переваги діяльності риборозплідних та аквакультурних господарств;

– розроблення та впровадження регіональних міжгалузевих програм будівництва та модернізації риборозплідних заводів;

– реалізація заходів, спрямованих на поліпшення стану нерестовищ, місць нагулу молоді риб та збільшення кормових ресурсів, охорону міграційних шляхів риб, та інших заходів, спрямованих на збагачення біологічних ресурсів та забезпечення їх невиснажливого використання.

Основними механізмами з досягнення цілей і пріоритетних завдань Морської стратегії є:

- підвищення рівня інформування, екологічної освіти та виховання населення, а також залучення громад приморських міст і сіл та екологічно орієнтованої громадськості до реалізації природоохоронних заходів;

- застосування правових механізмів з оцінки впливу на довкілля та стратегічної екологічної оцінки;

- запровадження інтегрованого управління районами річкових басейнів, що спрямовують свої води до Азовського та Чорного морів;

- створення системи інтегрованого управління природокористуванням у межах водоохоронної зони морів, прибережній смузі морів, територіальних морських водах України;

- вдосконалення економічних механізмів регулювання використання морських природних ресурсів, включаючи використання морів для цілей судноплавства та гідроенергетики;

- вдосконалення законодавчої та іншої нормативно-правової бази для впровадження державної політики у сфері збереження довкілля Азовського і Чорного морів, узгодження її з вимогами Угоди про асоціацію, а також інших чинних міжнародних договорів України, включаючи започаткування програмних засад з поетапного оздоровлення та досягнення доброго екологічного стану морського середовища.

Законодавством України функції з формування та реалізації державної політики з питань охорони Чорного та Азовського морів від забруднення, так само як і збереження морського біологічного різноманіття покладено на Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України.

Функції з контролю дотримання природоохоронного законодавства України в межах внутрішніх морських вод, територіального моря, виключної (морської) економічної зони України та прибережної смуги морів покладаються на Державну екологічну інспекцію України.

Здійснення державного моніторингу вод відбуватиметься у відповідності до постанови Кабінету Міністрів від 19.09.2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод».

Реалізація Морської стратегії дасть змогу:

- наблизити законодавство України у галузі охорони морського середовища до аналогічного законодавства країн ЄС;

- досягти та підтримувати на постійній основі доброго екологічного стану морських водних масивів;

- зменшити антропогенний вплив на морські екосистеми, насамперед на прибережні води;

- досягти допустимого рівня, мікробіологічного забруднення прибережних вод морів та забезпечити санітарно-гігієнічні умови, безпечні для життя і здоров'я населення, посилити рекреаційну здатність морських прибережних регіонів України;

- припинити деградацію морських екосистем, створити умови для їх самовідтворення та зростання ресурсного потенціалу;

- забезпечити збалансованість процесів використання і відтворення морських природних ресурсів;

- створити умови для збереження рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин і тварин;

- збільшити площу територій та кількість об'єктів природно-заповідного фонду на узбережжі Азовського і Чорного морів;

- сприяти збалансованому розвитку приморських регіонів та налагодженню позитивних тенденцій з соціально-економічного та екологічного розвитку півдня України.

Проблема захисту Світового океану стосується всіх країн, навіть тих, що не мають безпосереднього виходу до нього. У зв'язку з цим ООН розробила і прийняла важливі угоди з регулювання судноплавства, рибальства, добування корисних копалин з морських родовищ тощо. Для постійного контролю стану Світового океану створена міжнародна мережа моніторингу; широко використовуються космічні методи дистанційного спостереження за допомогою спеціальних супутників.

Завдання і програми спостережень за забрудненням морського середовища

Теоретичний аспект проблеми охорони вод морів і океанів від забруднення полягає у рекомендаціях по регламентації або повній забороні захоронення відходів людської діяльності у водах Світового океану, відповідно до яких процеси природної утилізації повинні переважати над процесами забруднення і призводити до усунення порушень у морському середовищі та у екологічних системах. Для цього необхідно було розв'язати ряд питань, серед яких:

- ✓ систематичні спостереження і оцінювання стану морських вод, визначення впливу забруднення на природні фізико-хімічні і гідробіологічні процеси;
- ✓ вивчення шляхів і параметрів поширення та природної утилізації забруднюючих речовин для подальшого визначення можливого режиму їх захоронення у водному об'єкті;
- ✓ прогнозування динаміки забруднення вод морів і океанів на найближчу і віддалену перспективи за відомими значеннями скиду відходів, гідрометеорологічними і гідрохімічними умовами;
- ✓ розроблення рекомендацій для оптимального режиму скидів у певних ділянках морів і океанів.

Україна має вихід до двох морів – Чорного і Азовського, тому об'єктом державного моніторингу є і морські води в межах територіального моря та виключної морської економічної зони України, в тому числі зони (території), які підлягають охороні. Суб'єктами державного моніторингу вод є Міндовкілля, Держводагентство, Держгеонадра та ДСНС. Суб'єктом моніторингу морських вод є Міндовкілля. Залежно від цілей та завдань державного моніторингу вод встановлюється процедура моніторингу морських вод.

Моніторинг морських вод здійснюється для територіального моря та виключної морської економічної зони України з метою:

- визначення екологічного стану морських вод;
- встановлення референційних умов для морських вод;
- оцінки прогресу в досягненні встановлених екологічних цілей;
- оцінки тенденцій довгострокових природних та антропогенних змін стану морських вод.

Місця розташування пунктів спостереження обирають з урахуванням розміщення та потужності джерел забруднення, складу, концентрації забруднюючих речовин, регіональних та фізико-географічних умов. Межі контрольованих районів визначають залежно від фізико-географічних особливостей кожного моря з урахуванням розподілу забруднюючих речовин та гідрометеорологічного режиму.

Спостереження за якістю морської води здійснюють у прибережних районах, які мають важливе господарське значення, а саме:

- в районах водокористування населення;
- в портах і припортових акваторіях;
- в місцях нересту та сезонного скупчення цінних риб та інших морських організмів;
- в місцях скиду міських стічних вод і стічних вод промислових та сільськогосподарських комплексів;
- в районах розробки та транспортування корисних копалин;
- на гирловому узмор'ї великих річок.

Для спостереження за якістю води прибережних районів і районів відкритого моря, а також для дослідження сезонної та річної зміни рівня забрудненості морських вод відбір проб здійснюють в районах, де надходження забруднюючих речовин проходить за рахунок міграційних процесів.

Для дослідження річної зміни забруднення морських вод та для розрахунку балансу хімічних речовин, спостереження здійснюють у районах відкритого моря.

Складовими державного моніторингу морських вод є моніторинг біологічних, гідроморфологічних, фізичних та хімічних показників, вмісту забруднюючих речовин у донних відкладах та тканинах гідробіонтів, твердих відходів (сміття) у морському середовищі, акустичного (шумового) забруднення морського середовища. Державний моніторинг морських вод здійснюється за показниками та з періодичністю, наведеними у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Показники та періодичність здійснення державного моніторингу морських вод

Найменування показника	Періодичність
Біологічні:	
<i>Хлорофіл а</i> : концентрація; просторовий розподіл	чотири рази на рік/ сезонно
<i>Фітопланктон</i> : чисельність; біомаса; видовий склад; просторовий розподіл; кількість видів; кількість родин; інвазивні види	чотири рази на рік/ сезонно
<i>Зоопланктон</i> : чисельність; біомаса; видовий склад; просторовий розподіл; кількість видів; кількість родин; інвазивні види	чотири рази на рік/ сезонно
<i>Покритонасінні</i> : чисельність; біомаса; видовий склад; просторовий розподіл та проєктивне покриття дна; домінуючі види; види, що підлягають особливій охороні; види, що перебувають під загрозою зникнення; інвазивні види; морфологічна та вікова структура популяцій	один раз на рік/ влітку
<i>Водорості – макрофіти</i> : чисельність; біомаса; видовий склад; просторовий розподіл та проєктивне покриття дна; домінуючі види; види, що підлягають особливій охороні; види, що перебувають під загрозою зникнення; інвазивні види; індикаторні види; морфологічна структура популяцій	один раз на рік/ влітку
<i>Зообентос</i> : чисельність; біомаса; видовий склад; просторовий розподіл; домінуючі види; види, що підлягають особливій охороні; види, що перебувають під загрозою зникнення; види - вселенці	чотири рази на рік/ сезонно
<i>Риби</i> : кількість видів; кількість видів, що підлягають особливій охороні; частота зустрічальності інвазивних видів; ареал поширення промислових видів та видів, що підлягають особливій охороні; чисельність, біомаса та промисловий запас популяцій промислових видів; чисельність та біомаса непромислових видів; природна та залежна від промислу смертність промислових видів та видів, що підлягають особливій охороні; розмірно-вікова структура популяцій вразливих та масових видів; статева структура популяцій вразливих та масових видів; статус здоров'я особин; генетична структура та різноманіття популяцій вразливих та масових видів	чотири рази на рік/ сезонно
<i>Комерційно експлуатовані види молюсків</i> : чисельність, біомаса та промисловий запас популяцій; природна та залежна від промислу смертність; розмірно-вікова структура популяцій; статева структура популяцій; генетична структура та різноманіття популяцій	один раз на рік/ влітку

продовження табл. 5.2

<p><i>Морські ссавці</i>: видовий склад; чисельність; розмірна, вікова та статева структура популяцій; народжуваність; смертність та її причини; статус здоров'я особин; просторовий розподіл та поширення; генетична структура та різноманіття популяцій</p>	<p>облік на трансектах із суден чотири рази на рік (сезонно), не менш ніж один раз на шість років авіаційний облік чисельності. Неперервна реєстрація викидів мертвих тварин на узбережжі, ведення бази даних фотоідентифікації та генотипування особин, акустична реєстрація особин на репрезентативних ділянках (акваторії всіх об'єктів та території природно-заповідного фонду, та обрані ділянки з високим, середнім та низьким антропогенним навантаженням)</p>
<p><i>Морські птахи</i>: видовий склад; загальна чисельність; чисельність, розмірна, вікова та статева структура популяцій масових та вразливих видів; народжуваність, смертність та її причини; просторовий розподіл та поширення; рідкісні та зникаючі види; генетична структура та генетичне різноманіття популяцій масових та вразливих видів; статус здоров'я особин; стан місць гніздування, зимівлі та масових скупчень під час міграцій</p>	<p>щорічні обліки на місцях гніздування, на місцях зимівлі та на місцях скупчень під час міграцій на узбережжі у відповідний період, неперервний моніторинг знахідок мертвих особин</p>
<p><i>Донні оселища</i>: тип оселища за системою EUNIS; поширення даного типу оселищ в морській акваторії України; видовий склад видів-едифікаторів; проективне покриття для оселищ з домінуванням рослин, неперервність та мозаїчність оселища; ступінь порушення цілісності оселища; чисельність та біомаси домінуючих видів; фізичні характеристики донного ґрунту; хімічні характеристики донних відкладів, зокрема пов'язані з гіпоксійними явищами</p>	<p>один раз на рік</p>

продовження табл. 5.2

Біотестування якості води	чотири рази на рік/ сезонно
Мікробіота води та донних відкладів: таксономічний та функціональний склад мікробіоти; наявність токсичних видів; наявність патогенних видів; тест на токсини (біосенсиори)	чотири рази на рік/ сезонно
Фізичні та хімічні:	
- температура; розчинений кисень; водневий показник; біологічне споживання кисню; нітроген загальний; нітроген амонійний; нітроген нітритний; нітроген нітратний; фосфор загальний; фосфор ортофосфатів; солоність; прозорість; силіцій; дигідроген сульфід; сума завислих у воді речовин; - специфічні синтетичні забруднюючі речовини; (пестициди, фармацевтичні препарати та інші речовини) - специфічні несинтетичні забруднюючі речовини (арсен, купрум, цинк, хром та інші речовини) - забруднюючі речовини згідно з переліком забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, затвердженим Мінприроди (перелік для поверхневих вод)	чотири рази на рік/ сезонно
Вміст забруднюючих речовин у донних відкладеннях та у тканинах гідробіонтів: - специфічні синтетичні забруднюючі речовини (пестициди, фармацевтичні препарати та інші речовини); - специфічні несинтетичні забруднюючі речовини (арсен, купрум, цинк, хром та інші речовини); - забруднюючі речовини згідно з переліком забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, затвердженим Мінприроди (перелік для поверхневих вод)	не менше ніж один раз на рік у зразках донних відкладів та у зразках тканин масових та промислових видів риби та моллюсків
Гідроморфологічні:	
морфологічні та фізичні умови: глибини; рівень моря; течії; структура донних відкладів	один раз на рік
Тверді відходи (сміття) у морському середовищі:	
види та кількість сміття: на поверхні та у товщі морських вод; на донній поверхні моря; на пляжах рекреаційної зони; сміття, що виноситься річками; мікропластик в об'єктах морської екосистеми (у воді, донних відкладах, біоті): тип, розмір, кількість часток на одиницю площі/об'єму/ваги	чотири рази на рік/ сезонно

Акустичне (шумове) забруднення морського середовища:	
шумове забруднення морського середовища (інтенсивність високочастотних імпульсних та низькочастотних тривалих антропогенних шумів)	неперервне вимірювання автоматичними гідрофонами на репрезентативній мережі спостережних пунктів (станцій) у акваторіях всіх територій та об'єктів природно-заповідного фонду та у обраних районах з високим, середнім та низьким антропогенним навантаженням

На підставі даних, отриманих в результаті здійснення заходів державного нагляду (контролю) та державного соціально-гігієнічного моніторингу, даних передбаченої законодавством звітності (включаючи державну статистичну звітність), а також даних та інформації щодо об'єктів та видів діяльності, що підлягають оцінці впливу на довкілля згідно із Законом України «Про оцінку впливу на довкілля», Міндовкілля може змінювати і доповнювати перелік показників, за якими здійснюється державний моніторинг морських вод, та змінювати періодичність їх вимірювання.

Оцінювання і контролювання нафтових забруднень поверхні моря

Забруднення Світового океану нафтопродуктами є однією з важливих проблем сучасної екології. Контролювання забруднення морських вод нафтопродуктами здійснюють різними методами.

Нафтопродукти, які розтеклися у вигляді поверхневої плівки, можна виявити і проконтролювати за допомогою дистанційних методів, які дають змогу виявити та оцінити масштаби шкоди, послуговуючись дослідженнями в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній частинах спектра. Вони поділяються на пасивні та активні методи.

Пасивні методи. Вдаючись до них вивчають природне випромінювання, відбите або випущене системою «нафта – вода». Ефективність використання цих методів залежить від

випромінювальних та відбивальних характеристик поверхні, температури, параметрів атмосфери, спектрального діапазону спостережень.

Сонячне ультрафіолетове випромінювання, яке падає на поверхню моря, має межі 280–400 нанометрів (нм). Оптичні властивості води і нафти суттєво відрізняються: коефіцієнт відбивання чистої води становить 1,5%, сирих нафтопродуктів – 5–6%, дизельного пального 2–3%. Для виявлення нафтових плівок за допомогою дослідження цього діапазону використовують спектральні сканувальні системи, відеосистеми, апаратуру з відповідною оптикою та фільтрами.

При спостереженнях з супутників найінформативнішим для виявлення забруднених районів океану є спостереження випромінювання в інтервалі 600–800 нм. Ускладнює спостереження у видимому спектральному діапазоні вплив метеоумов та спектральних особливостей атмосфери.

Вимірювання в інфрачервоному діапазоні ґрунтуються на різниці температур чистої води і покритої нафтовою плівкою або на різних коефіцієнтах випромінювання.

Активні методи. Ці методи дистанційного виявлення забруднень передбачають використання штучного джерела випромінювання. До них належать:

- методи оптичної локації, основані на різних коефіцієнтах відбивання від забрудненої та чистої поверхні;

- методи, які ґрунтуються на вимірюванні флюоресценції плівок нафти за допомогою лідарів (спеціальних приладів) при робочих довжинах хвиль 337, 354, 530 нм.

Обсяг розлитої нафти та товщину плівки можна оцінити за кольором нафтової плівки (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Характеристика нафтових плівок на поверхні води

Зовнішній вид	Товщина, мкм	Кількість нафти, дм³/км²
Ледь помітна	0,038	44
Срібний відблиск	0,076	88
Сліди забарвлення	0,152	176
Яскраво забарвлені розводи	0,305	352
Тьмяно забарвлені	1,016	1170
Темно забарвлені	2,032	2340

Для контролювання вмісту нафти та нафтопродуктів у стічних водах використовують такі методи:

– турбодиметричний, який базується на зміні здатності нафтомістких вод поглинати світло (прилад реєструє ступінь послаблення світлового потоку, який проходить крізь шар води);

– люмінесцентний, основою якого є здатність окремих фракцій нафти під дією ультрафіолетового променя люмінесцювати, що фіксує спеціальний прилад;

– поглинання ультрафіолетового випромінювання окремими фракціями нафти та інфрачервоного випромінювання ($\lambda = 3,4-3,5$) усіма вуглеводами.

Використовуючи аналізатори вмісту нафти та нафтопродуктів у стічних водах і дистанційні методи виявлення на поверхні води нафтових плівок, можна оперативнo і ефективно боротися з цим видом забруднення.

Запитання. Завдання

1. Охарактеризуйте джерела та види забруднення Світового океану.

2. Що таке дампінг? Які вимоги до організації дампінгу є основними?

3. Наведіть приклади негативних явищ, що супроводжують дампінг.

4. За яких умов можливе самоочищення морського середовища?

5. Що таке асиміляційна ємність морського середовища?

6. Назвіть суб'єктів державного моніторингу морських вод

7. Які групи показників контролюються при проведенні державного моніторингу морських вод

8. Оцініть сучасний екологічний стан Чорного та Азовського морів? Наведіть приклади деградації екосистем цих водних об'єктів і назвіть фактори, що спричиняють цей процес.

6. МОНІТОРИНГ СТАНУ ҐРУНТІВ

Розвиток промисловості, особливо сільськогосподарського виробництва, спричинює небажані зміни в природному середовищі, а саме деградацію ґрунтів, їх забруднення залишковою кількістю мінеральних добрив і пестицидів, несприятливі зміни гідрологічного режиму. Останнім часом площа сільськогосподарських угідь помітно зменшилася. У районах інтенсивного землеробства і високої концентрації промислового виробництва техногенна трансформація ґрунтів перевищує темпи природного ґрунтоутворювального процесу.

З метою оцінювання перетворень і спрямованого регулювання ґрунтових процесів виникає потреба в організації моніторингу.

6.1. Сучасний стан ґрунтового покриву Землі і антропогенний вплив на нього

Суша займає приблизно четверту частину Земної кулі і є осередком людського життя. Наявність ґрунтового покриву зумовила багатоманіття рослинного і тваринного світу, він є джерелом корисних копалин, основою сільськогосподарського виробництва. Саме тому ґрунт піддається величезному антропогенному тиску, легко ушкоджується, порушується та відноситься до важковідновних природних ресурсів.

***Ґрунт** – окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворюючих порід, часу.*

Головною ознакою, яка відрізняє ґрунти від гірських порід, які формують основну частину літосфери (зовнішня тверда оболонка Землі, що охоплює всю земну кору й частину верхньої мантії і складається з осадових, вивержених і метаморфічних порід), є родючість.

Родючість – здатність ґрунту задовольняти потребу рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневі системи достатньою кількістю кисню, тепла для нормальної життєдіяльності.

Для порівняльних оцінок родючості ґрунтів за їх природними особливостями (з урахуванням рівнів інтенсифікації землеробства) проводиться *бонітування ґрунтів* (лат. *bonitas* – доброякісність) – порівняльне оцінювання родючості ґрунтів за їхніми природними особливостями та продуктивністю при певних рівнях інтенсифікації землеробства, виражене у балах. В Україні цей показник становить від 22–31 бала у дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах до 65–100 балів у чорноземах типових. Саме бонітування ґрунтів є однією з найважливіших підвалин головного документа, що визначає основні засади землекористування в Україні.

До складу ґрунту входять: мінеральна основа, яка становить 50–60% загального складу (неорганічний компонент, який утворився з материнської породи в результаті вивітрювання); органічна речовина – до 10% (утворюється при розкладі мертвих організмів і їх частин (листя, тварини)); повітря – до 15–25% (знаходиться в порах ґрунту і необхідне для існування кореневої системи рослин); вода – до 25–35% (необхідна всім ґрунтовим організмам як розчинник речовин, яких потребують рослини).

Важливим компонентом ґрунту є *гумус* (перегній) – органічна речовина, що утворилася з решток відмерлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів, які переробляють їх, розкладають, збагачують вуглекислим газом, водою, сполуками азоту та іншими речовинами.

Отже, ґрунт – це природно-історичне утворення, що розвивається, набуває певних ознак і властивостей та закономірно розміщується на земній поверхні. Різноманітність природних умов і ґрунтотворних факторів формує дуже строкату картину ґрунтового покриву Землі. Ґрунти, починаючи від примітивних первинних, що формуються на вивітреній породі, до родючих чорноземів, поширені на суходолі.

Види ґрунтів різняться за мінералогічним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, родючістю. В Україні налічується понад 38 основних типів ґрунтів і кілька тисяч відмін за еколого-генетичною класифікацією російського ґрунтознавця Василя Докучаєва (1846–1903). Існує також міжнародна номенклатура продовольчої і сільськогосподарської організації ООН/ЮНЕСКО, де використовують назви ґрунтів, які характерні для певних країн (чорнозем, підзол, солонець, солончак) і синтезовані назви (придумані для ґрунтів), поширені на кількох континентах (флювісоль, грейсоль, андосоль, каштанозем та ін.).

Тип ґрунту – опорна, основна одиниця систематики ґрунтів, яка об'єднує ґрунти одного типу ґрунтотворення, подібні за будовою генетичного профілю, процесами мінералізації органіки, біохімічними процесами, розміщенням у схожих природних умовах.

З усіх типів ґрунтів найродючішими є чорноземи (еталон родючості), вони займають до 60% усіх сільськогосподарських угідь України і розташовані в межах лісостепу і степу. Вміст гумусу в цих ґрунтах становить 4–9% , їх товщина сягає 1–1,5 м. До 18,5% площ орних земель припадає на дерново-підзолисті, дернові і сірі лісові ґрунти, які формувалися в умовах надмірної зволоженості, в них мало гумусу, вони переважно кислі, але мають високу природну родючість. Великі площі припадають на бурі лісові і буро-підзолисті ґрунти, поширені в межах лісової смуги вертикальних зон Карпат, Криму, Передкарпаття і Закарпаття, та лучні і болотні ґрунти, які трапляються в західних і північних районах України. Загалом ґрунти України наділені високою природною родючістю.

Ґрунтовий покрив України має виразний зональний характер, з чітким виокремленням найпоширеніших типів.

Дерново-підзолисті та дернові ґрунти поширені у поліській частині України. Вони утворюються переважно на піщаній основі за надмірного зволоження (окремими фрагментами у Західному та Малому Поліссі при неглибокому заляганні крейди трапляються перегнійно-карбонатні ґрунти – так звані рендзини). Усі різновиди ґрунтів цієї групи характеризуються незначним вмістом гумусу, несприятливими водно-фізичними властивостями, зокрема підвищеною кислотністю і низькою родючістю (виняток становлять рендзини, які належать до найродючіших ґрунтових видозмін).

Сірі лісові ґрунти домінують у південних районах Полісся та на північних околицях лісостепу, їх розглядають як перехідні до чорноземів і, залежно від переважаючих умов ґрунтотворення (лісових або степових), поділяють на ясно-сірі, сірі та темно-сірі підтипи. Сірі ґрунти теж мають незначний вміст гумусу і підвищену кислотність.

Чорноземи простягаються широкою смугою від Карпат до східних кордонів України, охоплюючи основну частину лісостепу і північ степової зони. Формуючись на відкладах лесового комплексу за сприятливих кліматичних умов (достатньо теплих і зволжених), чорноземи відрізняються підвищеним вмістом гумусу (4–9 %) і є найродючішими ґрунтами. Залежно від зміни природних умов (передусім зволоження) сформувалися різні види чорноземів: у лісостепу домінують чорноземи опідзолені і типові мало- і середньогумусні, у північному степу – чорноземи звичайні, у центральному степу – чорноземи південні.

Темно-каштанові ґрунти формуються в сухих умовах південної

частини степової зони (перехідні від південних чорноземів до каштанових ґрунтів), у найпосушливіших умовах Присивашся та на окремих ділянках Причорноморської і Приазовської низовин вони поступаються справжнім каштановим ґрунтам з виразними ознаками солонцюватості.

Солонці та солончаки становлять особливу групу ґрунтів у посушливих степах України. Солонці характеризуються незначною водопроникністю і наявністю ущільненого солонцевого горизонту, сформованого нагромадженням натрієвих солей при інтенсивному капілярному піднятті і наступному випаровуванні мінералізованих ґрунтових вод. Фрагментарно, з інтенсивним засоленням, солонці поступаються справжнім солончакам. Поряд з природними особливостями степу (плоский рельєф, незначна кількість атмосферних опадів, підвищене випаровування тощо) надмірному засоленню ґрунтів та утворенню солонців і навіть солончаків сприяють нерозважлива господарська діяльність, зокрема непродумана організація зрошувальних робіт.

Бурі лісові (буроземи) та буро-підзолисті ґрунти, які формуються за відносно теплого і достатньо вологого клімату під листяними або хвойними лісами, поширені у гірських районах та передгір'ях українських Карпат і Криму. Вони вирізняються грудкуватою або горіховою структурою і підвищеною кислотністю.

Лучні та болотні ґрунти, що формуються в умовах значного та надмірного зволоження, поширені у північних та західних регіонах України, де вони характеризуються розвитком процесів оглеєння. Проте трапляються подібні ґрунти і на окремих локаліях лісостепової і навіть степової зон (на заплавах річок, у глибоких ярах, балках та інших депресіях поверхні), де їх утворення супроводжується процесами засолення.

Рівень гумусованості ґрунтів теж має зональну залежність. Так, якщо дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються невисоким вмістом гумусу (0,7–2,0%), а у лісостепу гумусованість зростає від 1,0–2,5% у ясно-сірих ґрунтах до 4,0–6,0% у чорноземах типових, то у чорноземному степу кількість гумусу знижується у протилежному напрямку – з півночі на південь – від 6,0 до 1,5%. Протягом останніх десятиріч в Україні спостерігається стала тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах, що пояснюється як природними процесами (насамперед, ерозійно-дефляційними), так і спрацюванням гумусу в процесі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. За даними спостережень, протягом останніх 50 років середньорічні втрати гумусу на Поліссі становлять 0,1 т/га; у лісостепу – 0,8; у степу – 0,4 т/га, чим і пояснюється нагальна необхідність реалізації наукових розробок щодо відновлення родючості ґрунтів, запропонованих науковцями і практиками України та з успіхом апробованих у різних

природних зонах та на різних ґрунтових відмінах.

У сільському господарстві ґрунт є основним засобом виробництва, важливою ознакою якого є саме родючість. Людина, використовуючи ґрунт, змінює її за допомогою обробітку, внесення добрив, запровадження сівозмін, зрошення тощо. Залежно від способу використання ґрунт може поліпшуватися, ставати більш родючим, або навпаки.

Натепер однією із основних проблем людства є охорона і раціональне використання земель, тому що до 98% продуктів харчування населення Землі отримує за рахунок обробітку землі, а за своє існування людство втратило до двох мільярдів гектарів родючих земель. Земельний фонд становить 13 392 млн га, тобто приблизно чверть всієї поверхні Земної кулі (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Загальний баланс земельних ресурсів світу

Земельні ресурси світу поділяють на продуктивні, малопродуктивні та непродуктивні землі. Сільськогосподарські землі займають третю частину земельного фонду. Основним постачальником продуктів харчування є орні землі. Сьогодні можливостей для розширення орних площ практично не залишилося.

Навпаки, у багатьох країнах відбувається їх неухильне скорочення за рахунок деградації ґрунтів, опустелювання, а збільшення обсягу продовольчих ресурсів за останні десятиліття досягнуто за рахунок інтенсифікації сільського господарства. За даними ФАО (FAO – Food and Agriculture organization UN – спеціалізована установа ООН, створена у 1945 р., яка займається питанням продовольчих ресурсів і розвитку сільського і промислового господарств у світі), приблизно половина населення планети не отримує повноцінного харчування, від недоїдання щороку страждає до 800 млн людей, які проживають в Африці, Південній Америці, Південно-Східній Азії, і лише такі країни, як Австралія, Канада, Нова Зеландія, США, ПАР забезпечують своє населення продуктами харчування власного виробництва.

Задля збереження світового земельного фонду необхідно раціонально використовувати продуктивні землі, вживати заходів щодо охорони ґрунтового покриву, боротися з деградацією ґрунтів.

Деградовані ґрунти – ґрунти, що втратили або істотно зменшили свою родючість чи відчутно погіршили окремі властивості під впливом несприятливих природних або антропогенних чинників.

Основними причинами погіршення якості земель є природні стихійні лиха (вулкани, землетруси, затоплення) і антропогенні фактори (цілеспрямована діяльність людини): порушення правил агротехніки та сівоzmіни; вирубування охоронних лісів; розорювання схилів; неправильне ведення гідротехнічних меліорацій; надмірний випас худоби; забруднення ґрунтів різними речовинами у результаті сільськогосподарської діяльності; безпідставне вилучення сільськогосподарських земель.

Природа у процесі еволюції виробила механізм самовідновлення ґрунтів і оптимального пристосування до несприятливих умов. Сьогодні техногенні навантаження зростають до розмірів, які переважають поріг стійкості ґрунтів. Відновлення природних ресурсів природним шляхом уже неможливе. Оскільки зменшити, або хоча б стабілізувати техногенне навантаження практично неможливо, відбуваються незворотні негативні зміни у стані земельних ресурсів. Наймасштабнішу шкоду земельним ресурсам завдають процеси ґрунтової ерозії, опустелювання, засолення.

Ґрунтова ерозія (лат. *erosio* – роз’їдання) – руйнування та вилучення ґрунтів і підстеляючих материнських порід під дією вітру, атмосферних опадів і спричинених ними схилових стоків,

наслідком чого є деградація ґрунтів, забруднення водного і повітряного басейнів.

Ерозійні процеси поділяють на водні, вітрові та агротехнічні. При цьому вирізняють ерозію нормальну, яка проявляється на територіях, не порушених господарською діяльністю людини, та прискорену, що розвивається внаслідок антропогенного впливу (розорювання схилів, нерегульовані випаси на них худоби, суцільне вирубування лісів тощо). За сучасних умов переважають процеси прискореної ерозії сільськогосподарських угідь. За ступенем еродованості виокремлюють слабо-, середньо- та сильноеродовані землі. В Україні еродовано 12,9 млн га сільськогосподарських угідь (30,8%), у т. ч. 10,6 млн га ріллі (31,6%), а площі еродованої ріллі зростають приблизно на 70 тис. га.

Водна ерозія проявляється головним чином через площинний змив на схилах крутизною понад 4°, який зумовлює різні ступені змитості ґрунтів, а також через лінійний розмив, при якому відбувається повне руйнування сільськогосподарських угідь і формується яружно-балковий рельєф. Найнебезпечнішими, з огляду на активізацію водно-ерозійних процесів, в Україні є правобережжя Дніпра, Десни, Сейму, Сіверського Дінця, Донецька височина, хоч наслідки водної ерозії спостерігаються практично в усіх областях і регіонах України. Водна ерозія зумовлює вимивання значної частини родючого ґрунту, який, потрапляючи у водні об'єкти, забруднює їх.

Вітрова ерозія (дефляція) полягає у видуванні й перевідкладенні пилюватих (зрідка – дрібнопіщаних) частинок ґрунту і проявляється на розораних просторах степової і лісостепової зон, на переосушених територіях Полісся і Прикарпаття, проте найбільші площі дефляційних земель зосереджені на територіях Запорізької, Донецької, Херсонської і Луганської областей (по 350–400 тис. га в кожній). Значна частина ґрунту внаслідок дефляції потрапляє в атмосферу. Отже, ерозія ґрунтів глобально забруднює біосферу.

Захист ґрунтів від ерозії полягає в здійсненні організаційних, агротехнічних, лісомеліоративних та гідротехнічних заходів. Агротехнічні заходи передбачають регулювання поверхневого стоку талих і дощових вод, правильний обробіток ґрунту (оранка, культивування, посів поперек схилу), борознування, лункування для затримки стоку, обладнання території зливовідвідними борознами, застосування ґрунтозахисних сівозмін (насичення багаторічними травами, виключення просапних культур, полосне розміщення культур поперек схилів), залуження території.

Для боротьби з вітровою ерозією додатково накопичують вологу в ґрунті, створюють захисний рослинний покрив, впроваджують безвідвальний обробіток ґрунту (на поверхні залишається значна частина рослинних решток).

Лісомеліоративні заходи полягають у створенні лісонасаджень певного призначення: лісові й садові смуги (шириною 10–20 м) для захисту полів від вітрової ерозії та суховіїв; смуги для затримання і розподілення снігу; протиерозійні насадження на схилах уздовж балок ярів (шириною до 60 м); суцільне або часткове заліснення земель, непридатних для сільськогосподарського використання; лісові насадження на дні балок, ярів для закріплення русел, які чергуються із залуженими ділянками; водоохоронні насадження на берегах річок, озер, ставків, каналів для зниження замулення та розмиву.

Головною метою гідротехнічних заходів є створення гідротехнічних споруд (вали, тераси, канали та ін.), за допомогою яких перерозподіляють вологу в ґрунтовому профілі й на поверхні земель, відводять надлишкову вологу і поверхневий стік.

Вплив людини на природні процеси посилює тенденцію *аридизації* (лат. *aridus* – сухий) *суші* (поширення сухого клімату, для якого характерне недостатнє зволоження й високе випаровування при високій температурі повітря), яка може призводити до опустелювання, однак цей процес відбувається за будь-яких кліматичних умов, а його інтенсивність залежить від водного та теплового режиму.

Опустелювання – виснаження аридних та напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух.

Сьогодні на Землі приблизно 900 млн га займають пустелі та засушливі землі, 5–7 млн га родючих земель щорічно вилучають з освоєння внаслідок опустелювання.

Значного збитку ґрунтам завдає засолення та вторинне засолення, яке спричиняє повну непридатність ґрунтів для сільськогосподарського використання. Засолюються ґрунти в усіх країнах Близького та Середнього Сходу, у зрошуваних районах Австралії, США, Мексики, Аргентини, України.

Засолення ґрунтів – процес накопичення розчинних солей (переважно хлористих, сірчаноокислих сполук натрію і магнію) у ґрунті, який спричинює формування солончакуватих (глибинне засолення) і солончакових (поверхнєве засолення) ґрунтів.

Скорочення площі сільськогосподарських угідь відбувається також внаслідок будівництва та розширення міст, населених пунктів, промислових підприємств, доріг. Антропогенна діяльність спричиняє хімічне забруднення ґрунту.

Хімічне забруднення ґрунту – зміна природного хімічного складу ґрунту внаслідок проникнення в ґрунт нехарактерних для нього речовин або збільшення концентрацій природних речовин до величин, що перевищують норму.

Ґрунтам завдають шкоди два основні джерела хімічних забруднень:

- викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту;
- хімічні засоби захисту рослин та добрива, що використовуються у сільському господарстві.

Розподілення продуктів техногенезу на поверхні ґрунту зумовлено метеорологічними, топографічними, геохімічними факторами та характером джерел забруднення. Забруднення (миш'яком, свинцем, цинком, марганцем, залізом, сіркою), як правило, концентруються навколо промислових центрів та уздовж автомагістралей, а особливо навколо підприємств чорної металургії. У результаті роботи металургійного підприємства на поверхню ґрунту щорічно потрапляє не менше 150 тис. т міді, 122 тис. т цинку, 90 тис. т свинцю, 12 тис. т нікелю, 1500 т молібдену, 800 т кобальту, 31 т ртуті. Суперфосфатні заводи забруднюють ґрунт пилом, що містить залізо, мідь, миш'як, свинець, фтор.

Техногенні аномалії утворюються вздовж автомагістралей та в міських зонах, де особливо сильне забруднення свинцем (з вихлопними газами автотранспорту на земну поверхню потрапляє до 260 тис. т свинцю на рік), цинком, меншою мірою кадмієм та іншими металами. Ширина придорожніх аномалій свинцю досягає 100 м. Найбільше забруднена свинцем рослинність, що знаходиться на віддалі до 10 м від шосе, на висоті 1–2 м над рівнем поверхні (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Накопичення свинцю в ґрунтах уздовж автомагістралі, мг/кг

Глибина ґрунту, см	Віддаль від краю дороги, м					
	2,5	4,5	7,5	11,5	16,0	36,0
Трав'янистий покрив	13,9	12,2	14,9	7,7	4,6	3,3
0–6	772	410	118	74	54	40
6–12	464	28	78	14	22	24
12–18	36	18	16	16	16	18

Ґрунт має також властивість адсорбувати забруднюючі речовини з повітря. Доведено, що в середньому кожен квадратний метр поверхні за рік поглинає 6 кг забруднюючих речовин з атмосфери.

Хімічне забруднення ґрунтів спричиняє низку негативних явищ:

- зростання процесів ґрунтової ерозії;
- зміну структури ґрунту, зменшення його пористості;
- зниження водопроникності;
- погіршення водно-повітряного режиму;
- підкислення ґрунту;
- збільшення вимивання мінерального азоту, калію, заліза, фосфатів кальцію, легкоокислювальної органічної речовини;
- гальмування процесів трансформації азоту;
- пригнічення активності більшості ґрунтових ферментів – інвертази, уреази, каталази, фосфатази, що відіграють величезну роль у біогенних процесах ґрунту.

Отже, ґрунтовий покрив постійно змінюється, особливо під дією антропогенних чинників.

Особливості ґрунтового покриття в Україні. Земельний фонд України загалом становить 60,4 млн га, сільськогосподарські землі займають приблизно 72% території, з них сільськогосподарські угіддя – 69,3%; у т. ч. рілля – 54,4%; перелоги – 0,4%; багаторічні насадження – 1,6%; сіножаті – 3,8%; пасовища – 9,1%; лісові та інші насадження – 17,2%; заболочені землі – 1,6%; відкриті землі без рослинного покриття – 1,8%; землі, вкриті водою, – 4,0%. 159 тис. га займають радіаційно забруднені сільськогосподарські угіддя, що не використовуються в сільськогосподарському виробництві, 161,4 тис. га – порушені землі.

Відбуваються постійні зміни в структурі і площах земельних угідь за рахунок вилучення орних земель для створення захисних лісових насаджень та полезахисних лісових смуг, будівництва протиерозійних гідротехнічних споруд та ставків-мулонакопичувачів, укріплення берегів, захисту сільськогосподарських угідь, рекультивациі порушених

земель, переведення сильно-еродованих, заболочених, підтоплених площ у сіножаті та пасовища, збільшення площі земель природоохоронного призначення. За останні тридцять років площа продуктивних земель в Україні зменшилася на 30%.

Для України характерна висока розораність території, яка становить 57,1% і перевищує екологічно обґрунтовані межі (розораність території США – 15,8%, Великої Британії, Франції, Німеччини – від 28,1 до 31,8%). Саме висока розораність територій, тобто екстенсивне ведення сільського господарства, спричинили деградацію ґрунтового покриву, призвели до порушення природних процесів ґрунотворення.

Комплексний моніторинг ґрунтів і реалізація заходів, спрямованих на їх відновлення, є необхідною умовою збереження родючості ґрунтів. Їх деградація може стати в майбутньому глобальною екологічною катастрофою, оскільки саме сільськогосподарське виробництво забезпечує людство продуктами харчування.

Шляхи надходження й особливості міграції забруднюючих речовин у ґрунті

Усі види забруднюючих речовин, потрапляючи в навколишнє природне середовище, включаються у природний кругообіг, тобто мігрують (переміщуються). У наземних харчових ланцюгах, які зумовлюють надходження токсичних хімічних речовин в організм людини (атмосфера – ґрунт – рослина – людина; атмосфера – ґрунт – рослина – тварина – людина), ґрунт є найбільш ємною та інертною ланкою, тому від його складу залежить швидкість поширення речовин всіма ланцюгами. Щоб обмежити надходження забруднюючих речовин з ґрунту в рослини, необхідно знати особливості їх поведінки у ґрунті, а також засоби, які б дали змогу закріпити забруднювачі у ґрунтопоглинальному комплексі.

До складу ґрунту потрапляє величезний комплекс хімічних елементів. Рілля і лісові ґрунти забруднюються сіркою та її сполуками, які підкислюють ґрунт. Засолення ґрунтів відбувається внаслідок надходження з різних джерел содових солей. Токсичність ґрунтів спричиняють сполуки цинку, свинцю, міді, арсену, фтору, барію, ртуті. Однією із найнебезпечніших токсичних речовин, що потрапляють у ґрунт з відходами промисловості, є ртуть. Вивчення міграції сполук ртуті свідчить, що верхні шари родючих ґрунтів наділені дуже високою сорбційною здатністю, і вимивання з них ртуті практично відсутнє або зовсім незначне. Сполуки ртуті рухоміші у кислих ґрунтах з легким

механічним складом і невисоким вмістом гумусу. Органічні з'єднання здатні швидко випаровуватися з поверхні таких ґрунтів. Випаровування ртуті з ґрунту зменшується із збільшенням його вологості.

Канцерогеном, який згубно діє на всі ґрунтові організми, є свинець. Він надходить у ґрунт двома шляхами: природним — силікатний пил, вулканічні аерозолі, вулканічні силікатні аерозолі, дим лісових пожеж, морські солі, метеоритний пил; антропогенним — згорання етилованого бензину (у світі виробляється 3,5–10⁶ т свинцю, з яких 3,1–10⁵ т спалюється з етилованим бензином), виробництво свинцю (при виплавленні 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг), спалювання кам'яного вугілля, яке містить свинець, видобування свинцю. Він адсорбується гумусовим шаром ґрунту. Для цієї речовини характерна незначна міграція в дерново-підзолистих ґрунтах і транзитне перенесення з верхніх шарів у нижні на еродованих ґрунтах. Адсорбція свинцю гумусом активізується в лужному середовищі. Свинець спричиняє появу важкорозчинних осадів основних карбонатів, фосфатів або гідроокисів, що впливають на живлення рослин. Токсичність ґрунтів для рослин зумовлює концентрація свинцю в межах 20–30 мг/кг.

Миш'як надходить у ґрунт внаслідок згорання вугілля і як складова відходів медичної, металургійної, хімічної промисловості. Він акумулюється в ґрунтах, які вміщують активні форми заліза, алюмінію, кальцію. За значних концентрацій миш'яку відбувається його швидка міграція в нижні горизонти ґрунтового покриву.

Кадмій потрапляє у ґрунт при згорянні дизельного палива, при виплавці руд та внесенні добрив. Максимальна адсорбція кадмію відбувається в ґрунтах з великою ємністю вбирання, значним вмістом гумусу та високим показником рН. Міграція кадмію в глибину збільшується із зменшенням вмісту гумусу, а також у ґрунтах з легким механічним складом.

Хімічні речовини, які застосовують в сільському господарстві, потрапляють у навколишнє середовище у великих кількостях. Забруднювачами ґрунтів можуть бути мінеральні добрива і пестициди. Із 170 видів пестицидів, які застосовуються в Україні, 49 є особливо небезпечними внаслідок високої токсичності, надкумулятивності, стійкості. Пестицидами сільськогосподарські угіддя обробляють кілька разів на рік. Вони здатні мігрувати в рослини, воду, повітря, що небезпечно для людини. Одним з основних фізичних факторів, який визначає поведінку пестицидів у ґрунті, є сорбція (поглинання) ґрунтовими частинками, яка залежить від типу ґрунту, вологості, температури, хімічної природи пестициду. Для пестицидів характерні

вертикальна та горизонтальна міграції, на які впливають сума та інтенсивність опадів. Пестициди здатні активно (до 20% внесеної кількості) переходити в рослини. Інтенсивність переходу пестицидів з ґрунту в рослини залежить від сорбційної здатності ґрунту (чим більша сорбційна здатність, тим менший перехід), типу культури та будови і складу пестициду.

Зменшення з часом вмісту забруднюючих речовин у ґрунті та в рослинах визначається *періодом напіврозпаду речовини* – часом, необхідним для того, щоб препарат втратив не менше 95% своєї активності за нормальних умов та звичайної інтенсивності застосування (табл. 6.2).

Залишки пестицидів виявляють у більшій половині проаналізованих зразків ґрунту, з них приблизно 15 % перевищують ГДК. Найхарактернішими залишками є гербіциди симтриазинової групи (більше третини). Високими є рівні забруднення стійкими хлорорганічними засобами.

Таблиця 6.2

Період напіврозпаду (Т) забруднюючих речовин у ґрунтах

Сполуки	Період напіврозпаду
З'єднання миш'яку, свинцю, міді, ртуті	10–30 роки
Інсектициди, дільдрін, ДДТ	2–4 роки
Триазинові гербіциди	1–2 роки
Гербіциди бензойної кислоти	40 днів – 1 рік
Сечевидні гербіциди	4 міс. – 10 міс.
Гербіциди 2,4-Д та 2, 4, 5-Т	40 днів – 5 міс.
Фосфорорганічні інсектициди	2 тижні – 3 міс.
Карбонатні інсектициди	2 тижні – 1,5 міс.

В Україні найзабрудненішими залишками пестицидів є ґрунти лісостепової зони. Тут також більша частка земель, що містять понаднормову кількість залишків фосфорорганічних сполук (умовна щільність забруднення в 1,4 раза вища, ніж на Поліссі і в степових зонах).

Окрему групу забруднювачів ґрунту становлять нафтопродукти. Потрапляючи на ґрунт, вони адсорбуються його структурами, Дощі можуть вимивати водорозчинну фракцію і переміщувати її вглиб ґрунту. Нафта спричиняє утворення брилуватої структури ґрунту і, як наслідок, зміну його фізичних, хімічних та біологічних властивостей, яка погіршує родючість ґрунту. При забрудненні ґрунту нафтою зменшуються його вбірна ємність і обмінна здатність, що негативно впливає на доступність рухомих форм фосфору, калію, магнію. Внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами масово гинуть

ґрунтові організми і різко збільшується кількість збагаченої на азот органічної речовини.

Отже, забруднюючі речовини зумовлюють у ґрунті різні негативні процеси, які залежать як від типу ґрунту, так і від забруднювача, і для того, щоб спрогнозувати поведінку сторонньої речовини у ґрунті, необхідно знати фізико-хімічні властивості ґрунту і забруднюючої речовини.

6.2. Наукові і організаційні засади створення ґрунтового моніторингу

Широкомасштабний екологічний моніторинг як система спостережень, оцінювання та прогнозування досліджуваного об'єкта, завданням якої є вироблення раціональних управлінських рішень, дає змогу отримати фактичні дані про стан і динаміку екосистем. Ґрунтовий моніторинг – складова загального екологічного моніторингу, якому приділяють велику увагу в розвинутих країнах.

***Моніторинг ґрунтового покриття** – система стійких спостережень, діагностування, прогнозування та вироблення рекомендацій щодо управління станом ґрунтів з метою збереження і відтворення їх родючості.*

За масштабами спостережень та узагальненнями отриманої інформації виділяють локальний, регіональний і глобальний види моніторингу ґрунтів. Контролювання їх стану дає змогу отримати дані про середовище або конкретну його складову в зонах активної виробничої діяльності людини.

Потреба у здійсненні моніторингу ґрунтів зумовлена винятковою важливістю підтримки компонентів природного середовища, зокрема ґрунтового покриття, в стані, за якого він зберігає здатність до регуляції циклів біофільних елементів як основи життєдіяльності людини та біосфери загалом. В усьому світі антропогенний чинник за останні десятиріччя значно посилив фізичну, фізико-хімічну, біологічну, ерозійну деградацію ґрунтів, забруднення екотоксикантами. Ґрунтовий моніторинг не тільки забезпечує контролювання антропогенних впливів, а й запобігає його негативним наслідкам.

Моніторинг ґрунтів усі розвинуті країни здійснюють на основі рекомендацій ООН з 60–70 років минулого століття, зважаючи на

власні національні особливості. Як правило, ґрунтовий моніторинг проводять в проблемних регіонах.

Системи моніторингу основані на спостереженнях, дослідженнях, оцінюванні, прогнозуванні, оптимізації родючості ґрунтів, урожайності рослинності; особлива увага приділяється ерозії ґрунтів і опустелюванню.

Практика розвинутих країн свідчить, що ґрунтово-екологічний моніторинг як складова моніторингу довкілля дає змогу істотно підвищувати продуктивність ґрунтів, віддачу від засобів індустріалізації, поліпшувати якість сільськогосподарської продукції.

В Україні система спостережень за окремими складовими навколишнього середовища діє в гідрології, метеорології, агрохімії, ґрунтознавстві, лісівництві тощо. Однак системи відомчих засобів моніторингу стану ґрунтового покриву мають низку істотних недоліків: відсутність комплексної організації робіт на державному рівні (розрізненість та методична несумісність, відсутність позавідомчої мережі центрів розробки ґрунтово-екологічної інформації та алгоритмів її опрацювання; застарілість методичного та інформаційного забезпечення робіт на галузевих рівнях, відсутність еталонних зразків тощо).

Оперуючи наявною науковою інформацією про деградаційні процеси і вміст у ґрунті екотоксикантів, неможливо виробити чіткі управлінські рішення як на державному, так і на регіональному рівнях, оскільки вона лише частково відображає справжню сутність і масштаби природних та антропогенних процесів у ґрунтовому покриві.

Згідно з «Положенням про державну систему моніторингу довкілля», моніторинг ґрунтів слід здійснювати за загальнодержавною і регіональними (місцевими) програмами, які визначають спільні дії центральних і місцевих органів виконавчої влади, узгоджені з метою і завданнями щодо охорони навколишнього середовища, екологічної безпеки та раціонального природокористування.

Завданням ґрунтового моніторингу є контролювання динаміки основних фізичних, хімічних, біологічних та інших ґрунтових процесів — у природних умовах та за антропогенних навантажень.

В Україні розроблена концепція ґрунтового моніторингу (В. Медведєв, Т. Лактіонов, 1992), згідно з якою мета моніторингу — отримання інформації для вироблення управлінських рішень щодо стабілізації і поліпшення якості ґрунтів, екологізації землеробства та досягнення кінцевого результату — розширеного відтворення ґрунтової родючості. Земельним кодексом України передбачено проведення моніторингу ґрунтового покриву як основи практичних

заходів щодо екологічного оздоровлення ґрунтів. Такий моніторинг покликаний забезпечити:

- підтримання здатності ґрунтів до регуляції циклів біофільних елементів;
- контролювання і запобігання негативному розвитку процесів ґрунтоутворення, які проявляються в дегуміфікації, ерозії, переущільненні, підтопленні, засоленні тощо;
- поліпшення родючості ґрунтів, віддачі від меліорації і хімізації та підвищення якості сільськогосподарської продукції;
- вироблення критеріїв загальної оцінки сучасного стану ґрунтового покриву.

Об'єктами ґрунтового моніторингу є основні типи, підтипи (виділяють в межах типу ґрунту, вони якісно відрізняються за основними процесами ґрунтоутворення і є перехідними між типами), роди (виокремлюють в межах підтипу ґрунту за якісними генетичними особливостями, що формуються внаслідок впливу комплексу місцевих умов: складу ґрунтоутворюючих порід, хімізму ґрунтових вод), види (виділяють в межах роду, вони різняться за ступенем розвитку ґрунтоутворних процесів: опідзолення, гумусування, засолоненості) та різновиди (визначають за механічним складом верхніх ґрунтових горизонтів і ґрунтоутворюючих порід) ґрунтів, які обираються в межах ґрунтової провінції і максимально відображають мозаїчність (строкатість) ґрунтового покриву, всі види і рівні антропогенного навантаження.

Ґрунтова провінція — таксономічна одиниця в ґрунтово-географічному районуванні, яка позначає однорідні за складом і структурою ґрунтового покриву, сукупністю факторів ґрунтоутворення і можливістю господарського використання ґрунтів території.

Отримати необхідну інформацію для організації моніторингу можна з ґрунтово-картографічних матеріалів землеупорядних проектних установ, аналітичного і картографічного матеріалу періодичних агрохімічних обстежень, агрокліматичної інформації гідрометеослужби, відомостей наукових і проектних установ про ймовірні джерела забруднення ґрунтів тощо.

Постійними об'єктами контролю є природні об'єкти (ліси, заповідники), еталонні об'єкти високого рівня сільськогосподарського використання ґрунтів (держ- сортдільниці, варіанти стаціонарних дослідів, поля господарств, де запроваджено контурно-меліоративну систему землеробства), звичайні господарства.

Діяльність системи державного ґрунтового моніторингу контролюють Міністерство екології та природних ресурсів (визначення залишкової кількості пестицидів і важких металів на сільськогосподарських угіддях); Міністерство охорони здоров'я (спостереження за хімічним та біологічним забрудненням ґрунтів на території населених пунктів); Міністерство сільськогосподарської продукції (радіологічні, агрохімічні та токсикологічні спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання); Міністерство лісового господарства (визначення концентрації радіонуклідів токсичних речовин у лісовому ґрунті); Державний комітет гідрометеорології (визначення концентрації пестицидів, важких металів у ґрунті).

Забезпечує виконання завдань моніторингу ґрунтів низка організацій (рис. 6.2).

Відстежують мозаїчність ґрунтового покриву і рівні антропогенних дій в Україні 354 пункти спостереження (табл. 6.3).

Для автоматизованого оброблення даних і надання користувачам необхідної інформації створена головна станція з інформативно-обчислювальним комплексом (при УкрНДІ ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Соколовського) та дві базові станції: при УкрНДІ землеробства (Поліська) і при УкрНДІ захисту ґрунтів від ерозії (Степова). Експедиційні, польові та аналітичні роботи здійснюють проектно-дослідницькі станції хімізації (локальні станції у ґрунтових провінціях).

Гідрогеологомеліоративні експедиції Держкомітету з водного господарства здійснюють моніторинг ґрунтів меліоративного фонду, іригаційної ерозії; гідрометеостанції забезпечують кліматичною інформацією і оцінюють післядію злив і пилових бур; УкрНДІ «Укрземпроект» та його філіали забезпечують вихідну інформацію і контролюють землевикористання; Укргеологія контролює забруднення порід і вод, геологічну та техногенну ерозію. Держсортмережа і дослідні станції надають для моніторингу спеціальні варіанти дослідів.

Обґрунтований вибір пунктів спостережень, їх репрезентативність відповідно до ґрунтового-географічного районування, комплексні спостереження і дослідження, їх координацію й узагальнення передбачають науково-організаційні принципи організації ґрунтового моніторингу.

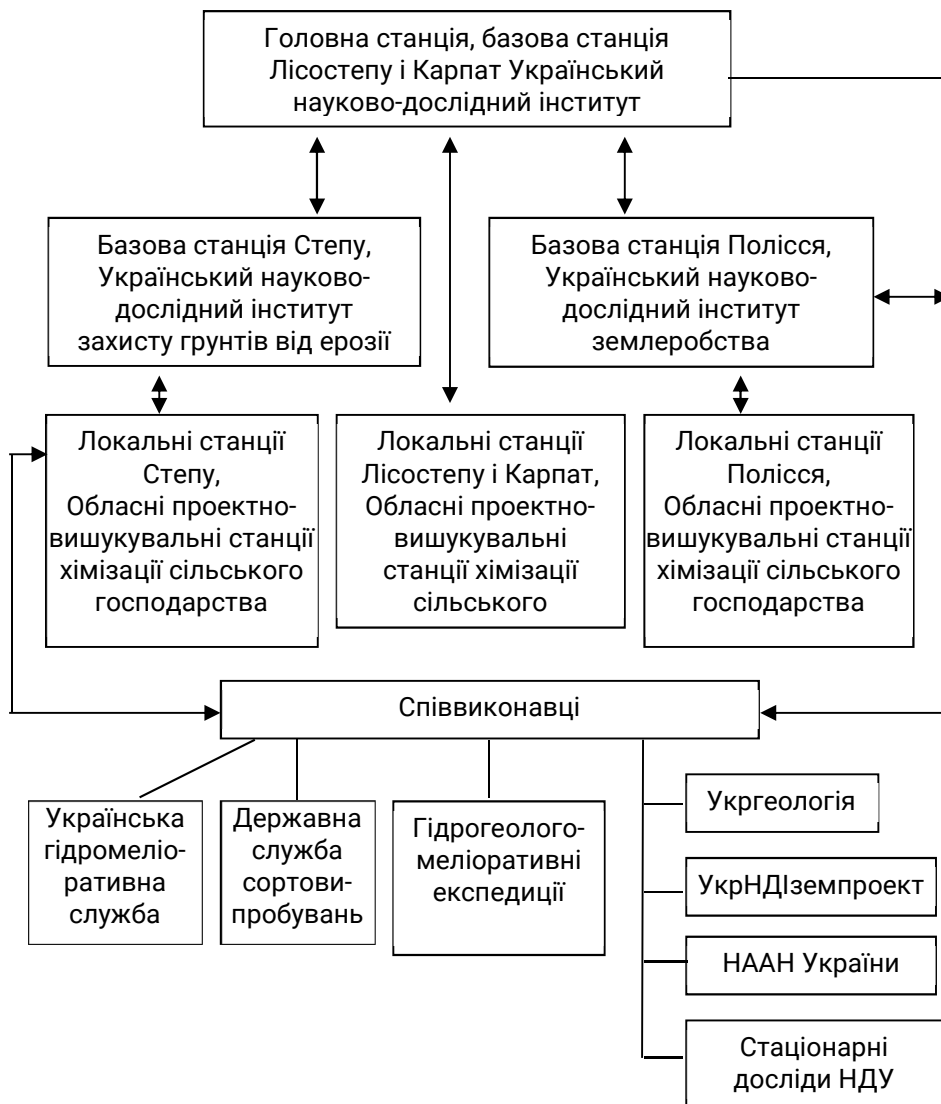


Рис. 6.2. Структура служби моніторингу ґрунтів

Таблиця 6.3

Кількість пунктів спостереження ґрунтового моніторингу України

Локальні станції (ґрунтові провінції)	Площа с./г. угідь, млн га		Кількість ґрунтових одиниць, що підлягають контролю		Кількість пунктів спостережень			
	Всього	В т.ч. рілля	Видів	Різновидів	Природні біоценози	Господарства	ДСУ	Дослідна мережа
<i>Поліська базова станція (при УНДІЗ)</i>								
Західно-поліська	1,64	0,88	30	51	34	71	10	6
Правобережно-поліська	1,60	1,09	28	42	32	56	12	6
Лівобережно-поліська	1,50	0,96	25	42	26	54	5	12
<i>Лісостепова базова станція (при УНДІГА)</i>								
Закарпатська	0,60	0,24	15	38	15	34	2	6
Передкарпатська	0,61	0,36	28	64	22	46	2	9
Західно-лісостепова	2,35	2,00	41	85	29	127	18	6
Правобережно-лісостепова	7,28	6,53	45	110	36	162	22	7
Лівобережно-лісостепова	6,00	5,00	36	84	41	158	14	6
<i>Степова базова станція (при УНДІЗГЕ)</i>								
Задністровська	0,98	0,77	17	22	-	108	3	6
Правобережно-степова	3,69	3,04	19	30	2	197	9	36
Лівобережно-степова	7,69	6,3	24	39	3	232	14	136
Південно-сухостепова	4,22	3,53	28	56	10	396	8	108
Кримська	1,82	1,40	28	32	8	252	8	10
Всього	39,98	32,10	-	-	258	1957	127	354
<i>Всього пунктів спостереження 2696</i>								

Питання вдосконалення системи моніторингу земель та ґрунтів є актуальним. Наявність належної інформації щодо їх стану дає змогу забезпечувати захист, ефективно управляти та стало використовувати. Інформація про стан земель та поширення окремих видів деградаційних процесів в Україні збираються різними суб'єктами моніторингу із використанням різних методологій. Тому вкрай проблематично їх співставити, просторово визначити уражені

території та в цілому частку деградованих земель країни. В Україні наразі впроваджується проект ГЕФ/ФАО «Інтегроване управління природними ресурсами деградованих ландшафтів Лісостепової та Степової зон України», головним бенефіціаром якого є Міндовкілля. У рамках реалізації проекту необхідно вдосконалити систему моніторингу земель та ґрунтів, а також сприяти досягненню нейтрального рівня їх деградації шляхом реалізації визначених національних завдань. У контексті впровадження Цілей Сталого Розвитку поряд з Україною у цьому процесі беруть участь ще 123 країни світу.

6.3. Критерії оцінювання і види ґрунтово-екологічного моніторингу

Складовою методичної основи ґрунтового моніторингу є система показників контролю, за допомогою яких можна впливати на стан і процеси в ґрунті, регулювати його родючість. Тому необхідним є встановлення регіональних критеріїв гранично допустимих навантажень на ґрунт і ГДК різних забруднювачів та необхідних видів моніторингу.

Критерії оцінювання ґрунтово-екологічного моніторингу. Як ознака виконуваної оцінки, мірило для оцінки предмета чи явища, вони мають бути порівнюваними у часі й просторі і сприяти управлінню ґрунтовими процесами з метою створення оптимальних умов росту та розвитку сільськогосподарських культур. Це зумовлює низку обмежень при доборі критеріїв оцінки при моніторингу ґрунтів. Найважливішими умовами обрання певних критеріїв є незначна мінливість за відносно довгий проміжок часу під впливом природних факторів при одночасній можливості встановити коливання показників внаслідок дії антропогенних і техногенних факторів; наявність простої і зручної методики, що дає змогу визначити і кількісно оцінити показник; наявність функціональної залежності між критерієм і дією антропогенних факторів; просторово-часову його симетричність (ізотропність) (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Процеси, показники і методи ґрунтового моніторингу

№	Процеси, які контролюються	Показники	Глибина зразків, см	Періодичність визначень
1	2	3	4	5
1.	Зміна структури ґрунтового покриву і контроль землекористування	Змитість, дефльованість, залуженість, засолонцьованість, засоленість, мочаристість, оглеєність, елювійованість, намитість, гумусність, окультуреність, глибина органогенного (торфового) шару, ступінь цього розкладання і зольності, дренаваність (осушеність), озалізненість, окарбоначеність осушених земель, вторинна насиченість і кислотність, зруйнованість і рекультивованість	-	Раз на 15 – 20 років
	Трансформація земельних угідь за ґрунтовим покривом	Структура ґрунтового покриву земель, які вилучаються для несільськогосподарських потреб і його оцінка в балах	-	Щороку
	Контроль оптимальності землекористування	Площі рекомендованих і фактичних угідь	-	Щороку
	Контроль оптимальності технологій	Рекомендовані і фактичні види та дози органічних і мінеральних добрив, пестицидів, способи основного обробітку, протиерозійні заходи	-	Щороку
	Контроль комплексної охорони ґрунтів (освоєння контурно-меліоративної організації території)	Організація територій, протяжність найпростіших гідротехнічних споруд, протяжність і висота лісових смуг, захищеність ділянки, % ; площа постійного залуження, в т.ч. на зразкових агроландшафтах	-	Раз на 5 років

продовження табл. 6.4

2.	Зміна основних властивостей і режимів			
	Гумусний стан	Загальний вміст гумусу Вміст рухомих гумусних речовин	0–20 30–40	Раз на 5 років Щороку
	Реакція ґрунтового розчину	pH водний pH сольовий Гідролітична кислотність	30–40 30–40 30–40	Раз на 5 років
	Ємність вбирання	Ємність катіонного обміну (обмінні основи)	30–40	Раз на 5 років
	Водний режим	Вміст вологи	0–100	3 03 по 01 місяць – подекадно, 01, 02, 11, 12 – раз на місяць
	Поживний режим	Визначення рухомих форм фосфору і калію в ґрунті	0–20	Раз на 5 років
	Санітарний стан	Визначення нітратів у ґрунті Валовий вміст важких металів Рухомі форми важких металів Вміст пестицидів у ґрунті і воді Вміст нітратів у рослинах Радіологічне обстеження: визначення вмісту стронцію-90; β-активності; γ- активності	30–40 0–20 0–20 0–20 – 0–20 0–10 10–20	Щороку Раз на 5 років Щороку Щороку
	Агрофізичні властивості	Рівноважна щільність Структурно-агрегатний склад Водопроникність	20–40 20–40 3	Раз на 5 років Раз на 5 років
	Біологічна активність у ґрунті	Азотфіксація Нітрифікація Денітрифікація Активність пероксидази та інвертази Сумарна біологічна активність	0–20 30–40 30–40 30–40 30–40	

продовження табл. 6.4

3. Оцінка інтенсивності прояву процесів ерозії			
Пошкодження угідь та посівів	Площа (га) в межах адміністративних районів, областей і в цілому по країні Виділяють: рілля, багаторічні насадження (сади, виноградники та ін), природні луки й пасовища	-	Щороку По мірі прояву
Осередки й ареали поширення пилових бур	Площа (га) в межах адміністративних районів, областей і в цілому по країні	-	Див. графу 3
Кількість та інтенсивність зливових опадів	Атмосферні опади (мм) подекадно	-	Щодня за період прояву ерозії
Весняні рідкі й тверді стоки	Інтенсивність опадів (мм/хв) за теплий період. Матеріали снігомірної зйомки. Стік максимальний та інші показники стоку за період танення снігу	-	У період прояву ерозії
Швидкість вітру при виникненні пилових бур і локальному прояві вітрової ерозії	Швидкість вітру (м/с) по восьми румбах (7, 13, 19 год за місцевим часом)	-	До і після прояву ерозії
Облік динаміки проектного покриття ґрунту рослинністю або її рештками	Площа і відсоток поверхні ґрунту, що вкрита рослинністю або її рештками	-	У період прояву ерозії
Зміна глибини гумусових горизонтів	Глибина (см) гумусового горизонту	-	До і після прояву ерозії
Визначення зміни властивостей ґрунту під впливом ерозійних процесів	Вміст гумусу (вихідний, після впливу ерозії у ґрунті та в наносі); якісний склад органічної речовини (в тих самих зразках) Вміст фосфору і калію Структурно-агрегатний склад	0-10 0-10 0-10	До і після прояву ерозії

продовження табл. 6.4

4.	Визначення втрат ґрунту і води на стокових майданчиках Визначення втрат ґрунту на контрольних ділянках Визначення прогнозних втрат води і ґрунту при ерозійних процесах залежно від господарського використання і стану ґрунту Іригаційна ерозія Облік характеру пошкоджень поверхні ґрунту	Щільність складення ґрунту Маса рідкого (м ³ /га) і твердого (т/га) стоку Маса (т/га) втрат ґрунту Маса рідкого (м ³ /га) і твердого (т/га) стоків; еколого-економічні збитки Облік зруйнованої водою площі ґрунту Облік маси (т/га) конусів виносу Визначення інтенсивності прояву вітрової ерозії	0–10 10–20 30–40 - -	Те саме У період прояву ерозії Те саме У кінці періоду прояву ерозії
	Стан ґрунтів меліоративного фонду			
	Якість вод для зрошення	Хімічний склад зрошувальних вод, концентрації забруднюючих речовин, активність іонів Са, Na, К, Н, NO ₃ , Cl, J; наявність радіоактивних сполук	-	Двічі на рік
	Рівень і склад підґрунтових вод	Глибина залягання підґрунтових вод, хімічний склад (рН, NO ₃ , Са, Mg, Na, К); концентрації забруднюючих речовин (Cl, SO ₄ , HCO ₃)	-	Двічі на рік
	Засоленість ґрунтів і підґрунтя зони аерації	Вміст водорозчинних солей	0–25 25–50 50–75 75–99	Раз на 3–5 років
	Вторинне засолювання	Склад увібраних катіонів: активність іонів: Н, Са, Na; розрахунок співвідношення Са/Na, Na/Ca	0–20 20–40	Раз на 5 років
	Оцінка темпів спрацювання осушених торфовищ Вторинне осушення Трансформація органічної речовини	Глибина органічних горизонтів Щільність складення торфу Зольність торфу Ступінь розкладання торфу Ступінь гуміфікації торфу	- 0–20 30–40 30–40 30–40	Раз на 5 років
	Вторинне озалізнєння осушених гідроморфних ґрунтів	Форми заліза	30–40	Раз на 5 років

продовження табл. 6.4

5.	Оцінка ефективної родючості земель	Якість рослинницької продукції: вміст азоту й сирого протеїну, нітратів, фосфору, масова частка калію, цукру в цукрових буряках Вміст у харчових продуктах і кормах токсичних елементів: заліза, міді, свинцю, кадмію, цинку	- -	Щороку
----	------------------------------------	--	--------	--------

Для об'єктивного інформаційного забезпечення і прийняття правильних рішень ґрунтовий моніторинг повинен забезпечувати вихідні, поточні та періодичні дані про основні характеристики ґрунтового покриву. Обов'язковими оціночними критеріями є гранулометричний та мінералогічний склад, дані гумусного стану ґрунту, оціночні дані формування режимів ґрунту.

Види ґрунтово-екологічного моніторингу. Залежно від характеру контрольованої інформації та поставленої мети виокремлюють (С. І. Веремеєнко) перспективний (періодичність спостережень 1 раз на 10 років), віддалений (періодичність спостережень 1 раз на 5–10 років) та оперативний (щорічні режимні спостереження) види моніторингу (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Види ґрунтового моніторингу, оціночні критерії та процеси (зона Полісся)

Види моніторингу, періодичність спостережень	Показники, оцінюючі критерії	Процеси, які контролюються
1. Перспективний Не частіше 1 разу за 10 років	1. Гранулометричний склад: - вміст фізичної глини та піску; - співвідношення фракцій за горизонтами	Лесиваж, кольматаж
	2. Хімічний склад: - валовий вміст макро- та мікроелементів, важких металів; - молекулярні співвідношення SiO_2 : R_2O_3 ; - фракційний склад макроелементів	Опідзолення, оглеєння, вилуговування та акумуляція хімічних елементів
	3. Мінералогічний склад: кількісний та якісний склад мінералів мулистої фракції	Швидкість та спрямованість процесів трансформації мінеральної частини ґрунту

продовження табл. 6.5

2. Віддалений 1 раз в 5–10 років	1. Оцінка гумусного стану ґрунту - вміст гумусу; - валові запаси гумусу; - якісний склад гумусу; - баланс органічної речовини	Особливість та інтенсивність трансформації ґрунтової органіки
	2. Оцінка темпів спрацювання торфових ґрунтів: - потужність органогенного горизонту та запаси органіки; - зольність та ступінь розкладу торфу; - ступінь гуміфікації торфу	Спрямування процесу в бік дегуміфікації або гумусонакопичення
	3. Біологічна активність: - азотфіксація, нітрифікація та денітрифікація; - целюлозолітична активність; - загальна біологічна активність; - фермативна активність	Інтенсивність та спрямованість процесів трансформації свіжих органічних решток та гумусу, міграція макроелементів
3. Оперативний Щорічно режимні спостереження здійснюються протягом року або вегетаційного періоду	1. Поживний режим: - вміст рухомих форм макро- та мікроелементів; - використовувані запаси макроелементів	Забезпеченість ґрунту поживними елементами
	Водний режим: - вологість ґрунту; - запаси продуктивної вологи; 2.1. Режим РГВ на меліорованих землях	Особливості накопичення та витрат вологи в ґрунті
	3. Температурний режим: - температура ґрунту; - індекс прогрітості; - суми активних та ефективних температур	Теплообмін в ґрунтах, теплозабезпеченість ґрунту
	4. Оцінка агроекологічного стану: - збалансованість за поживними елементами; - щільність радіоактивного забруднення; - вміст рухомих форм важких металів; - вміст пестицидів. 4.1. Оцінка інтенсивності проявів ерозії: - розвиток водної лінійної та площинної ерозії; - дефляція та виникнення пилових бур; - іригаційна ерозія	Можливість забезпечення урожаю поживними елементами ґрунту та отримання екологічно чистої продукції Розвиток та інтенсивність ерозійних процесів
	5. Оцінка фізико-хімічного стану ґрунтів: - рН сольове та водне; - гідролітична кислотність; - ємність катіонного обміну; - ступінь насичення основами	Зміна фізико-хімічних властивостей ґрунту, прояв фізико-хімічної деградації ґрунтів

Перспективний та віддалений моніторинги дають змогу контролювати показники, що характеризують стан структурної частини ґрунту, оцінюючи яку, з'ясовують потенційну родючість. Ці показники (валовий, хімічний, мінералогічний, гранулометричний склад, вміст валових запасів та якісного складу гумусу, валові запаси азоту, фосфору, калію, мікроелементів, важких металів, радіонуклідів) малодинамічні, кількісно змінюються дуже повільно. Контроль за ними слід здійснювати не частіше, як один раз на 5–10 років.

Оперативний моніторинг забезпечує постійне спостереження за найбільш динамічними показниками (рухомі форми поживних елементів, рН, фізичний стан ґрунту, вміст рухомих форм важких металів), що зумовлюють рівень ефективної родючості та агроекологічний стан ґрунтів.

Система моніторингу ґрунтів, яка передбачає комплексне виконання перспективного, віддаленого та оперативного його видів, сприяє отримванню об'єктивної інформації про гранулометричний, мінералогічний склад ґрунту, вміст у ньому гумусу; показники формування водного, температурного, поживного, окисно-відновного режимів та показники екологічного стану ґрунту (рівень еродованості, ступінь деградованості за рівнем забруднення важкими металами, пестицидами). На основі інформації про стан ґрунту розробляють заходи з управління продуктивністю ґрунтів, тобто підвищення їх родючості та поліпшення екологічного стану ґрунтового покриву.

6.4. Основні принципи спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунту

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів проявляються як на регіональному, так і на глобальному рівнях. Тому розроблення програм спостережень за хімічним забрудненням ґрунту є актуальним завданням. Складання таких програм передусім потребує адекватної оцінки сучасного стану ґрунту та прогнозу його змін. Необхідну інформацію отримують за допомогою системи спостережень, яку здійснюють з метою виконання таких завдань:

- реєстрація наявного рівня хімічного забруднення ґрунтів; виявлення географічних закономірностей та динаміки тимчасових змін забруднення ґрунтів залежно від їх розміщення та технологічних параметрів джерел забруднення;

- прогнозування змін хімічного складу ґрунтів у майбутньому та оцінювання можливих наслідків забруднення ґрунтів;
- обґрунтування складу та характеру заходів щодо регулювання можливих негативних наслідків забруднення ґрунтів і заходів, спрямованих на корінне поліпшення забруднених ґрунтів;
- забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень забруднення ґрунтів.

Зміст і характер проведення спостережень за рівнем забруднення ґрунтів та їх картографування у різних (сільських або міських) умовах мають певні особливості.

Залежно від завдань, які необхідно виконати, виокремлюють такі види спостережень:

1. Режимні спостереження (систематичні спостереження за рівнем вмісту хімічних речовин в ґрунтах протягом визначеного часу).
2. Комплексні спостереження (охоплюють дослідження процесів міграції забруднюючих речовин в системі «атмосферне повітря» – «ґрунт», «ґрунт – рослина», «ґрунт – вода», «ґрунт – відклади дна»).
3. Вивчення вертикальної міграції забруднюючих речовин в ґрунтах.
4. Спостереження за рівнем забруднення ґрунтів у визначених відповідно до запитів певних організацій пунктах.

На підставі спостереження за рівнем забруднення ґрунтів одержують інформацію не тільки про ступінь їх хімічного забруднення, а й з'ясовують тенденції розвитку процесів і прогнозують зміни забруднення під дією різноманітних факторів.

У зв'язку з нерівномірним забрудненням довкілля актуальним є закладення стаціонарних площадок екологічних досліджень у межах адміністративних районів за трьома методами. За першим методом як основу розміщення сітки стаціонарних площадок застосовують розу вітрів, орієнтуючись на 2–3 напрямки. На карту у відповідному масштабі в підвітряному напрямку наносять прямі лінії (протилежні напрямку вітру) з позначенням віддалей від джерела забруднення (0,5, 1, 5, 10, 20, 30, 50 км). У цих точках закладають постійні або тимчасові ділянки екологічних досліджень. Згідно з другим методом площадки екологічних досліджень розташовують на перетині ліній двокілометрової сітки на ґрунтовій карті. Відповідно до третього методу на ґрунтову карту наносять основний напрямок вітру та проводять радіуси відповідних румбів. Потім окреслюють дуги на віддалі 2, 3, 4, 5 км від джерела забруднення. Віддаль між радіусами повинна бути не більша як $22,5^\circ$. У точках перетину радіусів і дуг закладають стаціонарні площадки або відбирають проби.

Як правило, ґрунтові проби відбирають на віддалі 5–50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас, за переважаючими напрямками розсіювання викидів. У зонах дії основних автомагістралей проби відбирають в межах 10–200 м, селищних доріг – 5–50 м від дороги. Опорні розрізи закладають на глибині 2 м або до рівня ґрунтових вод, загальні розрізи – до глибини 30 см. Проби сухих ґрунтів відбирають у полотняні щільні мішечки, мокрі – в поліетиленові, які після доставки в лабораторію негайно сушать у приміщенні, що добре провітрюється, й аналізують.

Здійснення моніторингу ґрунтів у такий спосіб дає змогу виявити локальні ділянки забруднення ґрунтів і визначити рівень їх забруднення певними хімічними речовинами, встановити джерела забруднення ґрунту, дослідити міграційні особливості шкідливих речовин у ґрунті та розробити комплекс заходів, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації.

6.5. Особливості організації спостереження і контролювання забруднення ґрунтів пестицидами

Пестициди різних видів, які широко застосовують для боротьби із шкідниками, бур'янами та хворобами сільськогосподарських рослин на полях, завдають значної шкоди довкіллю.

При підготовці до польових спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами вивчають наявний матеріал про фізико-географічні умови об'єкта досліджень, детально ознайомлюються з інформацією про тривалість застосування пестицидів у господарствах, виявляють господарства, де найінтенсивніше застосовували пестициди протягом останніх 5–7 років, аналізують матеріал про урожайність сільськогосподарських культур.

Дослідження проводяться на постійних та тимчасових пунктах спостережень. Постійні пункти (діють протягом 5 років і більше) організовують на обстежуваних територіях адміністративних районів. Їх кількість залежить від розмірів території. Постійні пункти обов'язково обладнують на території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів та лісгоспів. На тимчасових пунктах спостереження здійснюють протягом одного вегетаційного періоду або року. Як правило, на кожній території району досліджують 8–10 полів основної сівозміни.

Проби відбирають 2 рази на рік: весною, після сівби, та восени, після збору врожаю. При встановленні багаторічної динаміки залишків пестицидів у ґрунтах або їх міграції в системі «ґрунт – рослина» спостереження проводять не менше 6 разів на рік (фонові – перед сівбою, 2–4 рази під час вегетації культур і 1–2 рази в період збору врожаю).

Для оцінки площинного забруднення ґрунтів пестицидами відбирають 25–30 проб вагою 15–20 г по діагоналі ділянки (глибина відбору проб 0–20 см) спеціальним буром. Ґрунт, отриманий з підорного шару, вилучають. Відбір проб можна проводити і лопатою. Якщо спостереження проводять у садах, то кожна проба відбирається на відстані 1 м від стовбура. Одноразові проби, з яких формується вихідна проба, повинні бути близькими за кольором, структурою, механічним складом.

Для вивчення вертикальної міграції пестицидів закладають ґрунтові розрізи (розміром 0,8x1,5x2,0 м) – глибокі шурфи, які перетинають усю серію ґрунтових горизонтів і відкривають верхню частину материнської породи. Перед відбором проб коротко описують місця розміщення розрізу і ґрунтових горизонтів (вологість, колір, забарвлення, механічний склад, структура, складення, новоутворення, включення, розвиток кореневої системи). Відбирають з кожного генетичного горизонту по одному зразку товщиною 10 см.

Відібрані будь-яким способом проби зсипають на папір, перемішують і квартують (послідовно ділять на чотири частини) 3–4 рази, ґрунт після квартування ділять на 6–9 частин, з центрів яких беруть приблизно однакову його кількість в крафт-папір. Маса зразка повинна становити 400–500 г. Його супроводжують такими даними: порядковий номер зразка, місце відбору, рельєф, вид сільськогосподарського угіддя, площа поля, дата відбору, прізвище того, хто здійснював відбір. Ці проби аналізують у природному вологому стані. Якщо протягом дня аналізи провести неможливо, то проби висушують до повітряно-сухого стану. Середня проба сухого зразка – 200 г. Відібрана проба проходить підготовку до аналізу: розтирається в фарфоровій ступці та просіюється через сито з отворами 0,5 мм, після чого відбирають зразки для аналізу по 10–50 г. Одна проба характеризує неоднакові (табл. 6.6) площі поля з огляду на різні категорії місцевості та ґрунтових умов.

Таблиця 6.6

Категорія місцевості та ґрунтових умов при виборі площі поля для спостереження за рівнем забруднення ґрунтів пестицидами

Категорія місцевості та ґрунтових умов	Площа поля, що характеризується 1 пробою, га
Лісова зона, райони з хвилястим рельєфом, з різними ґрунтоутворюючими породами і комплексним ґрунтовим покривом	1–3
Лісостепові і степові райони з змінним рельєфом	3–6
Степові райони з рівнинним або слабозмінним рельєфом та одноманітним ґрунтовим покривом	10–20
Гірські райони із значною мікрокомплексністю ґрунтового покриву та незначними розмірами сільськогосподарських полів	0,5–3
Зрошувальна зона	2–3

Мережа тимчасових та постійних пунктів спостереження за забрудненням ґрунтів пестицидами забезпечує інформацією для визначення залишкової кількості пестицидів, дослідження їх вертикальної і горизонтальної міграції, оцінювання ймовірності забруднення пестицидами ґрунтових вод і сільськогосподарських культур. На основі осмислення отриманої інформації формують рекомендації щодо застосування певних пестицидів у різних умовах.

6.6. Організація моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами

Життєво важливою для населення є інформація про забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами. Однак фундаментальні дослідження з цієї проблеми відсутні, а фрагментарні дані неоднозначні, нерідко суперечливі.

Більшість особливо забруднених важкими металами земель зосереджена в промислових зонах та прилеглих до них територіях на відстані 1–5 км, а концентрації важких металів на землях, віддалених більше ніж на 20–50 км від промислових комплексів, перебувають у межах норми. Забруднення важкими металами особливо небезпечно тому, що вони легко переходять із ґрунту в рослинну продукцію, а при її споживанні – в організм тварини і людини.

Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в містах і їх околицях має експедиційний характер. Перед реалізацією польової програми таких спостережень визначають кількість точок відбору проб, складають схему їх територіального розміщення, планують польові маршрути і послідовність робіт, встановлюють терміни виконання робіт, формують топографічний матеріал і ґрунтові карти, проводять інвентаризацію джерел забруднення прилеглих територій.

Матеріал для аналізу рекомендовано збирати в сухий період року – влітку або ранньою осінню (період збирання врожаю основних сільськогосподарських культур). При стаціонарних спостереженнях відбір проб проводять незалежно від експедиційних робіт. Повторний моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами обстеженої території здійснюють через 5–10 років.

При виборі ділянок спостереження вихідним документом є топографічна основа. Контури міста, промислового комплексу розміщують в центрі плану місцевості. Із геометричного центру за допомогою циркуля наносять кола на відстанях 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 8,0; 10,0; 20,0; 30,0; 50,0 км, тобто позначають зону можливого забруднення ґрунтів важкими металами. На план місцевості наносять контури багаторічної «рози вітрів» за 8–16 румбами. Найдовший вектор, який відповідає найбільшій повторюваності вітрів, спрямовують у підвітряну сторону, його довжина становить 25–30 км (на плані – 25–30 см). Отже, контур, утворений розою вітрів, схематично охоплює територію найбільшого забруднення важкими металами. У напрямку радіусів будують сектори шириною 200–300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1–3 км. У місцях перетину осей секторів з колами розміщуються так звані ключові ділянки.

Ключова ділянка – ділянка (площа 1–10 га), яка характеризує типові поєднання ґрунтових умов і умов рельєфу, рослинності та інших компонентів фізико-географічного середовища.

На цих ділянках розташовують мережу опорних розрізів, пункти і площадки відбору проб.

При спостереженні за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами велике значення має порівняння змін, які відбуваються залежно від збільшення чи зменшення впливу того чи іншого фактора. Ці закономірності можна виявити за допомогою ґрунтово-геоморфологічних профілів, які перетинають усю територію вздовж переважаючих напрямків вітру.

Ґрунтово-геоморфологічний профіль – вузька, лінійоподібна смуга земної поверхні, на якій встановлена кореляція ступеня забруднення ґрунтів з одним або кількома екологічними факторами.

Комплексний аналіз інформації, отриманої з ґрунтово-геоморфологічних профілів і ключових ділянок дає змогу отримати цілісну характеристику ситуації щодо забруднень важкими металами. Техногенні викиди забруднюють ґрунтовий покрив через атмосферу і нагромаджуються в поверхневих шарах ґрунту, тому відбір проб проводять з глибини 0–10 та 0–20 см на ріллі та з глибини 0–2,5; 2,5–5; 5–10; 10–20; 20–40 см на цілині або старому перелозі.

З метою встановлення інтенсивності надходження важких металів у ґрунт щорічно відбирають проби снігу ранньою весною до початку підсніжного стоку талої води. З 1 га отримують 20–30 точкових проб, які утворюють об'єднаний зразок.

Реалізуючи програму спостережень за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами в містах, зважають на планування населеного пункту, рельєф місцевості, висоту будівель, розподілення атмосферних опадів і дощового стоку, частку в забрудненні території міста викидами автотранспорту та місцевих промислових підприємств. Відбір проб проводиться за мережею квадратів. З території 100 га відбирають 5–6 зразків на глибині 20 см.

Складання карт забруднення ґрунтів важкими металами. При дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами складають спеціальні ґрунотовтехнохімічні карти, де вказують не тільки типи, підтипи, види, різновиди ґрунтів, а й ступінь забруднення ґрунтів цими речовинами.

Карта забруднення ґрунту – топографічне зменшене зображення узагальненого математично визначеного розподілення забруднених ґрунтів на певній території.

Процес побудови карт забруднення ґрунтів передбачає:

- підготовку топографічної основи;
- розроблення шкали ступеня забруднення ґрунту;
- коректування ґрунтових контурів на базі польових обстежень;
- оформлення карти і допоміжних позначень, які характеризують умови забруднення ґрунту.

Оцінювання та картографування ступеня забруднення ґрунту різними інгредієнтами здійснюють за шкалою ступеня забруднення

ґрунтів (у відносних одиницях: відношення ГДК концентрації забруднюючої речовини до наявної концентрації її у ґрунті):

- незабруднені ґрунти – менше 1 (для вирощування екологічно чистих продуктів);
- слабозабруднені ґрунти – 1–3 (землі для загального використання без обмежень структури посівних культур);
- середньозабруднені – 3–5 (землі для вирощування кормових культур);
- сильнозабруднені ґрунти – більше 5 (землі з обмеженим сільським призначенням).

Ускладнювати побудову цих карт може відсутність кількісних показників ГДК, оскільки їх нормативи розроблені не для всіх важких металів. Інколи для характеристики ґрунту використовують *кларк хімічного елемента* – показник, який відображає середній його вміст в незабрудненому ґрунті (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Кларки хімічних елементів і їх ГДК в ґрунті

Елемент	Кларк, мг/кг	ГДК, мг/кг
Ванадій	100	-
Марганець	850	1400
Хром	75	100
Кобальт	8	50
Нікель	40	50
Мідь	20	100
Цинк	50	300
Селен	0.01	10
Кадмій	0.5	302
Ртуть	0.02	3
Свинець	10	2
Стронцій	300	1000

Використовують також карти з виокремленням таких екологічних класів ґрунтів: незабруднених, екологічно чистих; слабозабруднених (акумулятивні важкі метали III класу токсичності: барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій); середньозабруднених (переважають метали II класу токсичності: бор, кобальт, молібден, мідь, сурма, хром); сильнозабруднених (поширені метали I класу токсичності: миш'як, кадмій, нікель, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор, берилій, талій); сильнозабруднених нітратами; радіоактивно забруднених.

Кarti забруднення ґрунтів важкими металами відображають рівень забруднення, дають змогу прогнозувати процеси, які у них відбуватимуться. Кarti супроводжуються пояснювальною запискою,

в якій описуються фізико-географічні й метеорологічні умови регіону і характеризуються джерела забруднення. Кожному значенню шкали ступеня забруднення ґрунтів на карті відповідають певний колір і штриховка. Такі карти створюють для країн та Землі загалом.

З кожним роком площі ґрунтів, придатних для сільського господарства, скорочуються. Неправильне землекористування, забруднення промисловими, сільськогосподарськими і побутовими відходами посилили деградаційні процеси в ґрунті. З метою отримання систематичної об'єктивної інформації про зміни стану ґрунту, виявлення їх причин і тенденцій розвитку, оптимізації впливу людини на ґрунтовий покрив формують систему моніторингу стану ґрунтів. Його здійснюють за допомогою відповідних служб на визначених об'єктах контролю, він є найдоцільнішою системою науково- інформаційного забезпечення природоохоронних і управлінських рішень.

6.7. Моніторинг меліорованих земель

Меліорація земель як комплекс організаційно-господарських і технологічних заходів є важливим фактором соціально-економічних перетворень, що впливає на розвиток агропромислового комплексу, народного господарства загалом. Як складова оптимізації природного середовища вона спрямована на поліпшення земельних угідь з метою оптимального використання природного потенціалу ґрунтів і передбачає зрошування, осушування, дехімізацію та інші заходи. Однак меліорація може спричиняти і негативні явища та процеси: пересушування або перезволоження земель; розвиток небажаних інженерно-геологічних процесів; недостатній приріст урожайності сільськогосподарських культур. Тому необхідні отримання систематичної об'єктивної інформації про всі зміни на меліорованих територіях, аналіз їх причин і тенденцій розвитку, прогнозування меліоративного стану і його оптимізація, тобто створення системи меліоративного моніторингу.

Меліоративний моніторинг — система спостережень, оцінювання, прогнозування та прийняття рішень з метою оптимізації меліорованих земель і прилеглих до них територій.

Основними завданнями меліоративного моніторингу є:

- вивчення закономірностей багаторічного природного і

трансформованого меліоративною діяльністю людини рівневого та гідрохімічного режиму й балансу ґрунтових вод;

- вивчення режиму вологості ґрунтів та порід зони аерації;
- вивчення змін гідрогеологічних, гідрологічних та інженерно-геологічних умов на меліорованих землях і прилеглих до них територіях;
- аналіз та узагальнення гідрогеолого-меліоративної інформації з метою оцінки фактичного стану осушуваних та зрошуваних земель, визначення ступеня меліоративного впливу на навколишнє природне середовище;
- гідрогеологічне прогнозування.

Окремі блоки та прямі і зворотні зв'язки між ними (рис. 6.3) формують систему моніторингу меліорованих земель.

Блок «Спостереження» передбачає вибір індикаторних елементів і параметрів меліоративного стану земель, що підлягають спостереженню та оцінюванню. Блок «Оцінка фактичного стану меліорованих земель» оснований на порівняльному аналізі наявного меліоративного стану осушених або зволжених земель з оцінними критеріями для з'ясування ступеня несприятливих відхилень у меліоративній ситуації. Важливим елементом блоку є обрання науково обґрунтованих критеріїв, які повинні диференціювати меліоративний стан земель залежно від дії осушувальної або зрошувальної мережі й нормативно обґрунтувати напрями його оптимізації.

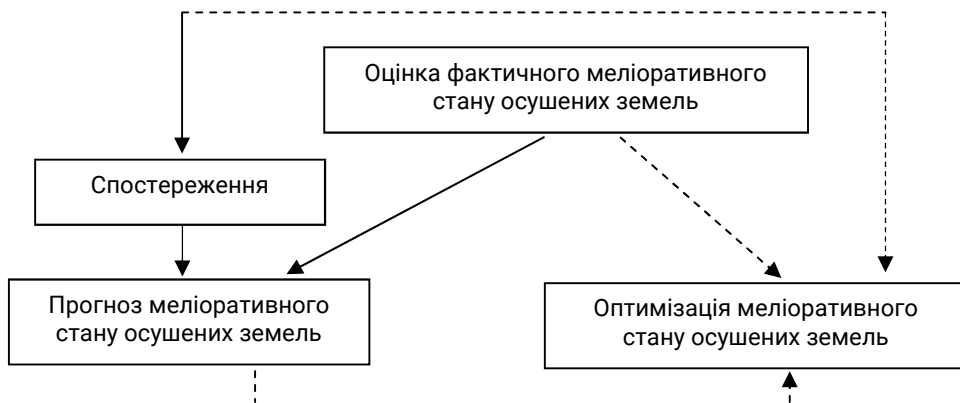


Рис. 6.3. Меліоративний моніторинг земель

Блок «Прогноз стану меліорованих земель» базується на інформації про стан меліоративних земель натеper і в минулому. Першочергове значення має прогнозування глибини залягання ґрунтових вод, яке є головним критерієм завчасної оцінки меліоративної ситуації й основою для розроблення і оперативної

реалізації необхідних експлуатаційних заходів з метою регулювання водного режиму території. При прогнозуванні рівнів ґрунтових вод необхідне встановлення ступеня і особливостей впливу меліоративних заходів на прилеглі землі з тим, щоб зміни в натурально-природній ситуації не порушували екологічної рівноваги.

Реалізуючи блок «Оптимізація меліоративного стану земель», необхідно виявити й ідентифікувати процеси та явища, що порушують нормальне функціонування меліоративних систем, і визначити заходи, які сприятимуть оптимізації становища.

Блоки «Спостереження», «Оцінка стану меліорованих земель», «Прогноз стану меліорованих земель» формують інформаційну систему моніторингу, а блок «Оптимізація меліоративного стану земель» – систему управління.

Система меліоративного моніторингу зорієнтована на накопичення необхідних обсягів порівнюваної інформації, оцінювання наявної меліоративної ситуації, її прогнозування та прийняття рішень із питань оптимізації.

Еталонні об'єкти і методика організації еколого-меліоративного моніторингу. Контролювання і аналізування змін, які відбуваються в природних комплексах внаслідок дії меліоративних заходів, може забезпечити організація еколого-меліоративного моніторингу – системи комплексних спостережень, оцінювання та прогнозування стану природного середовища на меліорованих і прилеглих землях, а також загальних спостережень за ситуацією на території водозбору.

Еколого-меліоративний моніторинг може бути локальним, регіональним і національним. Ці види є складовими глобального біосферного моніторингу, який комплексно оцінює зміни в природних комплексах внаслідок антропогенної дії.

На локальному рівні основну увагу приділяють отриманню безпосередніх характеристик стану земель, параметрів складових геологічного середовища і режиму його функціонування. Локальний еколого-меліоративний моніторинг забезпечує гідрогеологомеліоративна служба, а спостереження і дослідження проводяться спільно із зацікавленими проектними й науково-дослідницькими організаціями за єдиною методикою.

На регіональному рівні вирішують питання оцінювання просторово-часової мінливості параметрів геологічного середовища (багатокомпонентної динамічної системи, що охоплює верхню частину літосфери, яка перебуває під техногенним впливом (рельєф, ґрунти, підземні води, форми прояву екзогенних геологічних процесів)), формують бази даних регіонів, нормативно-довідкову і нормативно-

методичну базу галузі у складі регіональних центрів моніторингу. Результати узагальнень передають у національний і галузеві центри.

На національному рівні узагальнюють інформацію по галузях загалом, формують бази даних галузевого центру моніторингу, розробляють заходи та координують роботи з іншими відомствами — суб'єктами державного моніторингу довкілля, міжнародними центрами екологічного моніторингу.

Загальне оцінювання впливу меліорації на природні комплекси здійснюється за допомогою:

- порівняння даних про стан природних комплексів у природних умовах (до проведення меліорації) і в техногенних умовах (через 3—5 років після введення осушеного або зрошеного об'єкту меліорації в експлуатацію);
- порівняння інформації про стан природних комплексів за техногенних умов з аналогом, розташованим поза зоною впливу меліорації (на прилеглих зонах);
- встановлення фактичної зони впливу меліорації на прилеглі землі і порівняння з проектною (прогнозованою).

Антропогенний вплив меліорації на природні комплекси призводить до змін:

- режиму рівня ґрунтових вод (РГВ) на гідромеліоративних системах і прилеглих територіях;
- режимів стоку води на водотоках і у водоприймачах при їх регулюванні;
- водного, сольового, окисно-відновного і поживного режимів ґрунтів;
- напрямку природних ґрунтоутворюючих процесів;
- природної родючості ґрунтів, забруднення вод і ґрунтів добривами і пестицидами;
- спотворення і часткової ліквідації природних ландшафтів;
- видового і кількісного складу флори та фауни, характерних для природних екосистем.

Ефективність еколого-меліоративного моніторингу значною мірою залежить від точності вибору і обґрунтування об'єкта досліджень, яким може бути еталонна (типова) осушувальна або зрошувальна система, що у достатньому обсязі характеризує весь комплекс природних умов, а також різновиди способів осушення (зрошування тощо), рівня експлуатації сільськогосподарських меліорованих земель, включаючи і природоохоронні заходи.

При типізації меліоративних систем загальними природними ознаками для виокремлення еталонних систем є: водозбір річки,

рельєф, ландшафт, типи водного живлення, ґрунтовий покрив, наявність або відсутність постійних водних джерел для зволоження.

Об'єкти спостережень і досліджень (еталонні системи) обирають не лише за природними факторами, а й за антропогенними, вдаючись до типізації, вибору типу і виду меліоративної системи певного класу, характерного для тієї чи іншої таксономічної одиниці природного районування. Основними таксономічними одиницями, які обумовлюють вибір еталонних систем за природними факторами, є водозбори річок.

Методика спостережень і досліджень на еталонних водозборах.

Моніторинг стану природного середовища на еталонних водозборах здійснюють, використовуючи метод профілів і метод локальних зон.

Метод профілів полягає в тому, що через весь водозбір системи прокладається нівелірний хід (розрахунковий створ), переважно прямолінійний. Таких ходів може бути кілька залежно від крутизни схилів і довжини водозбору. Вздовж розрахункового ходу послідовно виконують: заміри РГВ; відбори проб ґрунту; відбори проб води на гідрохімічний аналіз; ботанічні й загальні ситуаційні спостереження за станом лісової і лісокущової рослинності, лісової підстилки та ін.

Інформацію, отриману з ділянок детального спостереження, доповнюють даними з локальних зон, отриманими внаслідок спостережень за об'єктами забруднення і проявами ерозійної діяльності (тваринницькими фермами, місцями сховищ мінеральних добрив і пестицидів, гноєсховищами та ін.).

Нівелірні ходи і локальні зони наносять на картографічну основу, додаючи до кожного з них опис і журнал спостережень. Залежно від мети і завдання спостережень визначають обсяг інструментальних робіт. Для впорядкування робіт і визначення їх об'єму виокремлюють 5 зон впливу меліоративної системи:

- 1) внутрішня зона в контурах меліоративної системи;
- 2) внутрішня зона, яка охоплює немеліоровані площі в контурах меліоративної системи;
- 3) зона впливу безпосередньо прилеглих земель;
- 4) віддалена зона впливу;
- 5) зона повітряного простору.

До додаткових ознак належать локальні пониження на прилеглий території і локальні підвищення на об'єкті меліорації (на загальному фоні рельєфу); механічний склад ґрунту і висота капілярного підняття води, потужність ґрунтового покриву і тип ґрунту, домінуюча рослинність на прилеглих землях, загальний напрямок потоку ґрунтових вод, хімічний склад ґрунтових вод і прогноз його змін після зниження рівня ґрунтових вод.

Основою ґрунтово-меліоративних досліджень на еталонних об'єктах є проведення ґрунтово-меліоративної зйомки, масштаб якої залежить від площі об'єкта і складності природних умов. Вона супроводжується закладанням ґрунтових розрізів, які поділяють на основні, контрольні і прикопки.

Основні ґрунтові розрізи глибиною 2,0 м (до РГВ) закладають на переважаючих геоморфологічних елементах для вивчення будови й особливостей ґрунтового профілю, характеру ґрунтоутворюючих і підстилаючих порід, розподілу вологи, щільності та ін.

Контрольні ґрунтові розрізи глибиною 1–1,5 м закладають для вивчення ступеня варіації найістотніших ознак ґрунтів, виявлених при описі основних розрізів.

Прикопки глибиною 80 см закладають для уточнення меж поширення різних типів ґрунтів.

Кількість розрізів, які закладають при ґрунтовій зйомці еталонних масивів, залежить від її масштабу і складності природних умов об'єкта. Середня кількість основних і контрольних розрізів, які закладаються на кожні 100 га досліджуваного еталонного масиву, становить від 3 до 7 при масштабі 1 : 10 000, від 8 до 15 при масштабі 1 : 5000 і від 20 до 35 при масштабі зйомки 1 : 2000.

На торфових масивах при проведенні ґрунтово-меліоративної зйомки виконують зондування торфовищ по поперечниках, закладених залежно від складності об'єкта через 25 або 50 см на всю глибину торфовища до мінерального дна. Зразки торфу відбирають з усіх основних розрізів і не менше як з 20–50% контрольних розрізів до глибини 0,3–0,5 м через кожні 10–15 см.

На обводнених мінеральних ґрунтах відповідно до складності ґрунтового покриву додатково до кожного розрізу закладають від 1 до 3 прикопок. Зразки мінеральних ґрунтів відбирають з генетичних горизонтів. Кількість і види аналізів по кожному розрізу визначають з урахуванням типових особливостей і відмінних ознак різних ґрунтів.

При проведенні ґрунтово-меліоративної зйомки еталонних осушувальних або зволожувальних масивів необхідно охоплювати спостереженнями і прилеглі землі, площі яких приблизно в 1,5 раза перевищують площу еталонного об'єкта.

Водно-фізичні властивості ґрунтів вивчають на дослідних ділянках, закладених на типових для масиву ґрунтах. Кількість аналізів водно-фізичних властивостей ґрунтів залежить від складності ґрунтового покриву.

Завершальним етапом ґрунтово-меліоративної зйомки є складання ґрунтово-меліоративної карти з виокремленням типових ґрунтових ділянок. У цій карті синтезують матеріали ґрунтових,

гідрогеологічних та інших досліджень. Вона є фоною при оцінюванні змін, зумовлених меліорацією. Ґрунтові ділянки в майбутньому використовують для здійснення на них спеціальних видів спостережень для оцінювання окремих типів ґрунтів.

Критерії оцінювання екологічного стану осушуваних та прилеглих до них земель

Одним з основних видів меліорації є осушення. Це комплекс заходів, спрямованих на попередження або ліквідацію негативного впливу води на господарську діяльність людей. Осушення дає змогу освоювати нові землі, підвищувати їх родючість, забезпечувати раціональне використання засобів механізації і хімізації. Об'єктами осушення у сільськогосподарських цілях є болота, заболочені і мінеральні ґрунти постійного або тимчасового перезволоження. В основі більшості осушувальних меліорацій лежить підсилення аерації ґрунту, забезпечення аеробних умов для розкладу органічної речовини. Цей вид меліорації суттєво впливає не тільки на екологічний стан осушуваних територій, а й на стан прилеглих до них земель.

Оцінити екологічний стан об'єкта можна шляхом порівняння одержаної внаслідок польових, лабораторних і камеральних (науково оброблених матеріалів, зібраних під час польових і лабораторних спостережень) досліджень інформації із прийнятими за основу даними (базовими). Відхилення параметрів будь-якого компонента природного середовища на 30–35% від базових у процесі антропогенного впливу на природний об'єкт є загальним екологічним обмеженням.

Екологічне обмеження – система кількісних і якісних параметрів екологічної стійкості природного об'єкта, зміна яких в результаті водогосподарської і меліоративної діяльності призводить до порушення системних властивостей, функціональних характеристик об'єкта і незворотних екологічних наслідків у відповідних ландшафтно-кліматичних умовах.

Екологічну оцінку будь-якого з підконтрольних факторів зумовлює відхилення від прийнятої за основу системи даних, які характеризують природний стан об'єкта:

- сприятливий стан (відхилення до 10%);
- задовільний стан (відхилення не більше 30%);
- незадовільний (відхилення більше 30%).

Оцінку проводять з метою створення на осушуваних землях оптимального водно-повітряного режиму для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим важливе значення має правильний добір критеріїв меліоративної спрямованості. Їх поділяють на дві групи.

До першої групи критеріїв належать:

1. Вологість кореневмісного шару. Практично для усіх культур, крім трав, оптимальною є вологість 60–75% від повної вологемності, а величина аерації – 20–40%. Вологість кореневмісного шару в поєднанні з повітряним режимом повинна забезпечувати біологічні потреби під час різних фаз розвитку рослин, оскільки це безпосередньо впливає на формування врожаю сільськогосподарських культур. Від водного режиму ґрунтів залежать терміни та умови обробітку ґрунту, особливо у весняний період.

2. Технічний стан осушувальної мережі. Найбільш руйнівний вплив на меліоративні споруди мають природні (розмиви укосів каналів; заростання і запливання каналів; зміщення дренажних труб; закупорювання дренажних ліній мулом, окисом заліза, корінням рослин; занесення каналів в процесі дефляції торфовищ) та антропогенні фактори (спорудження у каналах перепон; загат для риборозведення; переїздів та інших споруд, не передбачених проектом).

Вплив цих факторів значною мірою визначає технічні особливості регулювання водно-повітряного режиму осушуваних ґрунтів, можливість проведення сільськогосподарських робіт в оптимальні строки. Тому технічний стан осушувальної мережі є важливим критерієм оцінки меліорованого стану осушуваних земель.

3. Термін поверхневого перезволоження. При затопленні сільськогосподарських угідь порушується взаємозв'язок ґрунтового повітря з атмосферним, що призводить до загибелі кореневої системи рослин. Весняне затоплення затримує початок польових робіт і вегетаційний період, призводить до порушення процесів фотосинтезу, загибелі посівів озимих культур.

4. Культуртехнічний стан земель. Його характеризують такі показники, як мікрорельєф поверхні, зачагарникованість, забрудненість камінням та ін. Мікрорельєф поверхні впливає на рівномірність зволоження ґрунтів, терміни відводу гравітаційної вологи, графік проведення сільськогосподарських робіт. Інші показники культурнотехнічного стану визначають можливість використання меліорованих земель як сільгоспугідь.

До другої групи критеріїв відносять:

1. Рівень ґрунтових вод (РГВ), або верховодки. За ступенем участі ґрунтових вод у водному живленні рослин можливі три варіанти:

- РГВ залягають на оптимальній для росту і розвитку сільськогосподарських культур глибині;
- РГВ залягають близько від поверхні й спричиняють перезволоження кореневмісного шару ґрунтів;
- РГВ залягають дуже глибоко і не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунтового покриву.

Оптимальні глибини залягання ґрунтових вод диференціюються залежно від кліматичних зон, ґрунтових різновидів, культур, періодів року. Рівень ґрунтових вод (верховодки) може використовуватись також як критерій оцінки екологічної ситуації, тобто пересушення або перезволоження земель.

2. Рівень родючості і загальний екологічний стан ґрунтів. Для успішної меліорації земель необхідне окультурення ґрунтів з метою забезпечення їх високої родючості та стабільності. Ступінь окультуреності визначається за такими основними параметрами: потужність, структура і водно-фізичні властивості водного горизонту; вміст гумусу і його склад; ступінь насичення обмінними катіонами; реакція ґрунтового розчину; вміст рухомих форм N, P, K; наявністю мікроелементів.

Комплексну оцінку еколого-меліоративної ситуації на осушуваних землях забезпечує використання критеріїв меліоративної спрямованості в поєднанні з критеріями екологічної ситуації, до яких належать:

- наявність негативних процесів (деградація ґрунтового покриву; вторинне заболочування; дефляція, водна ерозія, усідання торфу; наявність самовиливних свердловин);
- хімічний склад підземних, дренажних, поверхневих вод і гідрохімічний режим земель;
- стан рослинності (густота травостою; наявність і площа залисин; стан сільськогосподарських рослин);
- якість сільськогосподарської продукції. Цей критерій є найважливішим, оскільки він пов'язаний з якістю життя і здоров'ям людей.

Оскільки осушування має суттєвий вплив на стан навколишнього природного середовища, у всіх проектах передбачають природоохоронні заходи, спрямовані на запобігання або мінімізацію негативних екологічних наслідків меліорації. Для успішного прогнозування таких заходів необхідний постійний моніторинг усіх ґрунтів, на які діють антропогенні чинники.

Критерії оцінювання екологічного стану зрошуваних і прилеглих до них земель

Поширеним видом меліорацій є *зрошення* – штучне зволоження ґрунту з метою забезпечення необхідного водного та пов'язаного з ним теплового режимів на сільськогосподарських землях, які зазнають дефіциту вологи, для успішного розвитку вирощуваних культур. Цей вид меліорації впливає на екологічний стан зрошуваних і прилеглих до них земель, а отже, з метою оцінювання і прогнозування змін, що відбуваються на цих територіях, необхідно запроваджувати еколого-меліоративний моніторинг.

Еколого-меліоративний моніторинг зрошуваних і прилеглих до них земель передбачає здійснення спостереження за:

- еколого-меліоративним станом земель і динамікою його мінливості. При цьому визначають рівневий і гідрохімічний режими ґрунтових та підземних вод, водно-сольовий режим ґрунтів і порід зони аерації, окисно-відновний і поживний режими ґрунтів, поширення й інтенсивність розвитку негативних геоекологічних та ґрунтоутворюючих процесів, стан забруднення ґрунтів і підземних вод;
- технічним станом зрошувальних та колекторно-дренажних систем спостережної мережі;
- кількістю та якістю поливних і дренажно-стічних вод.

Кількісне оцінювання еколого-меліоративного стану земель (загального стану геологічного середовища, що зазнало впливу меліорації) на певний момент часу проводять за комплексом гідрогеологічних, інженерно-геологічних і ґрунтово-меліоративних показників, а також показників забруднення ґрунтів і вод (ґрунтових, підземних, дренажно-скидних). До гідрогеологічних показників належать: середня за вегетаційно-поливний період глибина залягання рівня ґрунтових вод (РГВ); глибина залягання РГВ у передпосівний період; мінералізація ґрунтових вод, їх гідрохімічний склад. Інженерно-геологічні показники охоплюють коефіцієнт пористості орного шару, підорного шару і товщі порід, а також ступінь прояву екзогенних геологічних процесів. При оцінюванні ґрунтово-меліоративних показників встановлюють ступінь засолення верхнього метрового шару і зони аерації (при РГВ до 5,0 м), ступінь солонцюватості ґрунтів, ступінь обслуговування ґрунтів, глибину залягання першого від поверхні сольового горизонту, глибину залягання солонцевого горизонту. До показників забруднення належать загальне забруднення ґрунтових, підземних і скидних вод.

Для оцінювання прийнято шкалу – геометричну прогресію, що розширюється відповідно до погіршення еколого-меліоративного

стану зрошуваних і прилеглих до них земель. За критеріями оцінювання обов'язкових показників виділяють п'ять категорій стану: добрий (0,2 бала); задовільний (1,0 бал); задовільний із загрозою погіршення (5,0 балів); незадовільний (25,0 балів); дуже незадовільний (125,0 балів).

Сумарну оцінку еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель виконують окремо за групами показників за середнім балом B_c , який розраховують за формулою:

$$B_c = \sum_{i=1}^n B_{i,m} / n = \sum_{i=1}^n 0,2 \cdot 5^{m-1} / n, \quad (6.1)$$

де n – число показників, за якими виконують оцінку; m – порядковий номер категорії еколого-меліоративного стану $m = 1, 2, 3, 4, 5$; $B_{i,m}$ – бал i -го показника у категорії m (0,2–125,0 балів).

Інтегральне (підсумкове) оцінювання еколого-меліоративного стану наведено у табл. 6.8.

Таблиця 6.8

Інтегральна оцінка еколого-меліоративного стану

Оцінка окремого показника стану, бали	Середній бал, B_c	Еколого-меліоративний стан (якісна характеристика категорії)
0,2	До 0,4	Добрий
1,0	0,4–2,0	Задовільний
5,0	2,0–10,0	Задовільний з загрозою погіршення
25,0	100–30,0	Незадовільний
125,0	Понад 30,0	Дуже незадовільний

Еколого-меліоративний стан зрошуваних і прилеглих до них земель оцінюють щороку з метою отримання поточної і оперативної інформації, необхідної для ведення обліку меліоративного стану земель і еколого-меліоративного моніторингу. За результатами оцінювання розробляють заходи для запобігання розвитку негативних явищ на зрошуваних і прилеглих до них землях.

Прогнозування еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель виконують на основі оцінювання потенційної і фактичної стійкості земель.

Еколого-меліоративна стійкість землі – здатність геологічного середовища протистояти впливу зрошувальних меліорацій, враховуючи рівень техногенного навантаження.

Потенційною еколого-меліоративною стійкістю земель вважають природно зумовлену здатність геологічного середовища протистояти

дії зрошення. Вона характеризує максимально можливі зміни, що виникають під дією агротехнічного навантаження без запобіжних або природоохоронних заходів. Цю стійкість визначають на початку ведення моніторингу зрошуваних і прилеглих до них земель на основі оцінювання показників еколого-меліоративного стану.

Залежно від результатів оцінювання виокремлюють чотири категорії стійкості земель: стійкі (1,0 бал), умовно нестійкі (5,0 балів), нестійкі (25,0 балів), дуже нестійкі (125,0 балів). До першої категорії відносять землі з середнім балом стійкості менше 2; до другої – 2–10; до третьої – 10–30, до четвертої – понад 30 балів.

Фактична еколого-меліоративна стійкість земель вказує на ступінь трансформації геологічного середовища під впливом техногенних чинників на певний момент часу. Її оцінюють за показниками, що характеризують еколого-меліоративний стан земель і його зміни у часі з урахуванням рівня техногенного навантаження. За результатами оцінювання виокремлюють п'ять категорій фактичної еколого-меліоративної стійкості: стійкі (0,2 бала), умовно стійкі (1,0 бал), умовно нестійкі (5,0 балів), нестійкі (25,0 балів) і дуже нестійкі (125,0 балів). До I категорії відносять землі, де за розрахунками середній бал B_c не перевищує 0,4 бала; до II – 0,4–2,0; III – 2,0–5,0; IV – 5,0–10,0; V – понад 10,0 балів. Оцінювання фактичної еколого-меліоративної стійкості земель залежно від їх еколого-меліоративного стану та техногенного навантаження виконують щороку, за умови, що $B_c > 2,0$ балів і один раз на 4–5 років при $B_c < 2,0$.

Прогнозування еколого-меліоративного стану земель в умовах зрошення здійснюють шляхом зіставлення потенційної і фактичної еколого-меліоративної стійкості земель на різні періоди часу з урахуванням рівня техногенного навантаження на територію.

Оцінюючи позитивні і негативні процеси, що супроводжують меліорацію, необхідно проводити систематичні спостереження і контролювання змін, які відбуваються як на меліорованих землях, так і на прилеглих до них територіях. Для з'ясування ситуації на досліджуваних землях і отримання комплексної інформації, крім проведення звичайних спостережень, доцільно використовувати дані аерокосмічної зйомки, отриманої за допомогою супутників, космічних кораблів, літаків. Ці дані дають змогу розробити ефективні природоохоронні заходи по раціональному використанню водних і земельних ресурсів.

Запитання. Завдання

1. Охарактеризуйте сучасний стан ґрунтового покриву Землі.
2. Чому збереження земельного фонду є однією з основних умов життя на Землі?
3. Проаналізуйте основні причини погіршення якості земель.
4. Охарактеризуйте поведінку основних забруднюючих речовин у ґрунті.
5. Які основні завдання та мета ґрунтового моніторингу?
6. Чим визначається необхідність проведення моніторингу ґрунтів?
7. Охарактеризуйте об'єкти ґрунтового моніторингу.
8. Які види ґрунтового моніторингу є необхідними? Яка періодичність їх проведення?
9. За якими основними принципами здійснюють спостереження за рівнем хімічного забруднення ґрунту?
10. Які вимоги щодо організації спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами, важкими металами є основними?
11. На основі якої інформації складаються карти забруднення ґрунтів?
12. Визначте сутність поняття «меліоративний моніторинг».
13. Які завдання меліоративного моніторингу є основними?
14. Охарактеризуйте блоки схеми меліоративного моніторингу.
15. Як виявляється антропогенний вплив меліорацій на природні комплекси?
16. За якими критеріями обирають еталонну систему?
17. Охарактеризуйте методики спостережень і досліджень на еталонних водозборах.
18. За якими критеріями оцінюють екологічний стан осушуваних територій?
19. Які критерії є основними при оцінюванні екологічного стану зрошуваних територій?

7. Радіоактивне забруднення природного середовища і його моніторинг

Практичне застосування енергії атомного ядра було важливим етапом науково-технічного прогресу, однак воно спричинило нові складні екологічні проблеми. Випробовування атомної зброї, вибухи атомних бомб над японськими містами Хіросімою та Нагасакі 6 і 9 серпня 1945 року, аварія на Чорнобильській АЕС 26 квітня 1986 року та інші радіоактивні аварії, розробки радіоактивних руд, поховання радіоактивних відходів тощо змінюють природний радіаційний фон та забруднюють радіоактивними речовинами біосферу.

Потрапляння радіоактивних ізотопів у довкілля супроводжується перевищенням природного рівня радіоактивності, призводить до погіршення здоров'я населення, а інколи — до генетичних порушень. З метою контролювання радіаційної ситуації на певних територіях створений радіаційний моніторинг, тобто система спостереження, попередження, оцінювання та прогнозування радіаційного стану довкілля.

7.1. Джерела радіоактивного забруднення навколишнього природного середовища

На людство постійно впливає природний фон радіоактивного випромінювання (табл. 7.1). Його джерела поділяють на дві категорії:

Таблиця 7.1

Середній рівень природного фону (за даними ІШвСБАІІ, 1982)

Джерела опромінення	Загальна щорічна доза, мкЗв (мікроЗіверт)
Зовнішнього:	
• космічні промені	310
• радіоактивні елементи та ізотопи	350

продовження табл. 7.1

Внутрішнього:	
• космогенні радіонукліди	
⁷ Be	3
¹⁴ C	12
• земні радіонукліди:	
⁴⁰ K	180
⁸⁷ Rb	6
²³⁸ U, ²³⁴ U	10
²³⁰ Th	7
²³⁰ Th	3
²³² Ra	7
²²⁶ Ra	183
²²² Rn, ²¹⁴ Po	800
²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po	130
Разом	1992

- зовнішнє випромінювання (космічне випромінювання, тобто йонізуюче випромінювання, що безперервно надходить на поверхню Землі зі світового простору (табл. 7.2), сонячна радіація, випромінювання гірських порід земної кори та повітря);

Таблиця 7.2

Характеристика радіонуклідів, індукованих космічним випромінюванням

Радіонуклід	Швидкість утворення, ат/см ² с (атомів в 1 квадратному сантиметрі за 1 секунду)	Період напіврозпаду	Енергія випромінювань Ев, кеВ
³ H	0,20	12,4 років	18,6
⁷ Be	8,1 · 10 ⁻²	53 дні	3,3
¹⁰ Be	4,5 · 10 ⁻²	2,5 · 10 ⁵ років	555
¹⁴ C	2,5	5730 років	156
²² Na	8,6 · 10 ⁻⁵	2,6 року	545
²⁴ Na	3,0 · 10 ⁻⁵	15 год	1389
²⁸ Mg	1,7 · 10 ⁻⁴	21,2 год	460
²⁶ Al	1,7 · 10 ⁻⁴	7,4 · 10 ⁵ років	1170
³¹ Si	4,4 · 10 ⁻⁴	2,6 год	1480
³² Si	1,6 · 10 ⁻⁴	700 років	210
³² P	8,1 · 10 ⁻⁴	14,3 дні	1710
³³ P	6,8 · 10 ⁻⁴	25 днів	248
³⁵ S	1,4 · 10 ⁻³	87 днів	167
³⁸ S	4,9 · 10 ⁻⁵	2,87 год	3000
³⁴ Cl	2,0 · 10 ⁻⁴	30 хв	2480
³⁶ Cl	1,1 · 10 ⁻³	3,1 · 10 ⁵ років	714
³⁸ Cl	2,0 · 10 ⁻³	37,3 хв	4910
³⁹ Cl	1,4 · 10 ⁻³	55,5 хв	3450
³⁹ Ar	5,6 · 10 ⁻³	270 років	565
⁸¹ Kr	1,5 · 10 ⁻⁷	2,1 · 10 ⁵ років	е.з.

- внутрішнє опромінення, зумовлене природними радіоактивними речовинами, які потрапляють всередину організму з повітрям, водою, продуктами харчування. До них належать радіоактивні гази (радон, торон), що поступають з глибини земних надр, радіоактивні калій, уран, торій, рубідій, радій, які входять до складу харчових продуктів, рослин і води.

Основним радіонуклідом, що формує природне опромінення, є дочірній продукт радію-226 – радон-222. Середня концентрація його у повітрі за межами приміщень коливається у межах 0,0037–0,0185 Бк/дм³ (Бекерель на літр). Радіонуклід надходить із ґрунту до атмосфери, найбільша концентрація радону в приземному шарі повітря спостерігається навесні.

Серед природних джерел опромінення виділяють керовану (опромінення, що створюється природними радіоактивними речовинами, присутніми у воді, повітрі, будівельних матеріалах, яке людина може змінювати певними природоохоронними заходами) й некеровану (опромінення, що створюється космічними і земними радіоактивними речовинами, яким людина не спроможна управляти) компоненти (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

**Структура річних ефективних доз опромінення людини
від природної радіоактивності**

Вид опромінення	Річна ефективна доза опромінення, мЗв (міліЗіверт)	Відсоток
<i>Некерована компонента</i>		
Внутрішнє β-опромінення	0,2	4,1
Космічне випромінювання	0,3	5,9
Природний γ-фон	0,15	3,1
<i>Керована компонента</i>		
²³⁸ U, ²³⁴ U, ²³⁶ Ra, ²²² Rn у воді	0,17	3,5
Радіоактивність будівельних матеріалів	0,26	5,5
²²² Rn у повітрі	3,8	77,9

Радіобіологічні ефекти, ознаки, явища, наслідок впливу йонізуючого випромінювання на біологічні системи визначаються величиною дози і способом опромінення. Характеризують радіологічні процеси такі величини:

– доза йонізуючого випромінювання (D) – відношення середньої енергії dW , переданої йонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси dm речовини в даному об'ємі: $D = dW/dm$. Одиниця поглинутої дози в Міжнародній системі СІ називається грей (Гр). Грей дорівнює поглинутій дозі випромінювання,

при якій речовині масою 1 кг передається енергія йонізуючого випромінювання 1 Дж. 1 Дж = 0,238 кал. Позасистемною одиницею поглинутої дози є рад (rad – radiation absorbed dose). Рад дорівнює поглинутій дозі йонізуючого випромінювання, при якій речовині масою 1 г передається енергія йонізуючого випромінювання 100 ерг (ерг – одиниця роботи, енергії і кількості теплоти в СГС системі одиниць).

1 ерг = 10^{-7} Дж. 1 Гр = 100 рад, 1 рад = 0,01 Гр.;

– *керма (K)* (kinetic energy released in material) – відношення суми початкових кінетичних енергій dW_k всіх заряджених йонізуючих частинок, утворених під дією побічного йонізуючого випромінювання в елементарному об'ємі речовини, до маси речовини в даному об'ємі: $K = dW_k/dm$. Одиниці керми – грей (Гр) та рад – відповідно збігаються з одиницями поглинутої дози. Керма застосовується як для фотонів, так і нейтронів, використовуються при оцінюванні впливу на середовище стороннього йонізуючого випромінювання;

– *експозиційна доза X* – якісна характеристика фотонного випромінювання, яка ґрунтується на його здатності йонізувати атоми та молекули сухого атмосферного повітря і являє собою відношення сумарного заряду dQ усіх йонів одного знаку, створених у повітрі, коли всі електрони і позитрони, вивільнені фотонами в елементарному об'ємі повітря з масою dm , повністю зупинились, до маси повітря в даному об'ємі: $X = dQ/dm$. Одиниця експозиційної дози в Міжнародній системі одиниць СІ – кулон на кілограм (Кл/кг). Кулон – одиниця електричного заряду та електричної індукції в системі СІ; кулон на кілограм дорівнює експозиційній дозі, при якій всі електрони і позитрони, вивільнені фотонами в об'ємі повітря масою 1 кг, створюють в повітрі йони, що несуть електричний заряд кожного знаку 1 Кл. Рентген теж є одиницею експозиційної дози фотонного випромінювання, при проходженні якого через 0,001293 г повітря в результаті завершення всіх йонізаційних процесів в повітрі створюються йони, які несуть одну електростатичну одиницю кількості кожного знаку: $1Р = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг. Експозиційна доза характеризує, з одного боку, джерело йонізуючого випромінювання, а з іншого – йонізаційне поле, створене даним джерелом;

– *еквівалентна доза йонізуючого випромінювання H* – це добуток поглинутих доз D на середній коефіцієнт якості випромінювання k в даному об'ємі біологічної тканини стандартного складу: $H = kD$. Одиниця еквівалентної дози в системі СІ – зіверт (Зв) – це одиниця еквівалентної дози в біологічній тканині, яка створює такий самий біологічний ефект, як і поглинута доза в 1 Гр стандартного рентгенівського або гамма-випромінювання;

– *ефективна доза опромінення* – поглинута доза, в якій враховано поправку на тканину. Позасистемною одиницею ефективної дози є бер (біологічний еквівалент рентгена). 1 бер = 0,01 Зв. У разі рівномірного опромінення всього організму інтенсивність прояву радіобіологічного ефекту інша, ніж у разі, коли опромінення зазнає окремий орган чи тканина, або коли опромінення окремих тканин неоднорідне. При цьому використовують коефіцієнт зважування на тканину, який показує відносний внесок того чи іншого органа або тканини у формування радіобіологічних реакцій усього організму (наприклад, для кісткового мозку, легень, шлунка цей коефіцієнт становить 0,12; сечового міхура, молочної залози, печінки, стравохода, щитоподібної залози – 0,01).

Значення ефективної дози опромінення людини (з 1982 р. за даними наукового комітету ООН) становить 200 мбер (мілібер) на рік.

Отже, ураження радіоактивним випромінюванням людина може отримати в результаті як зовнішнього, так і внутрішнього опромінення. При зовнішньому опроміненні найнебезпечнішим є випромінювання, яке має високу проникну здатність, зокрема гамма-випромінювання, яке в повітрі може поширюватися на сотні метрів. Захищають від гамма-випромінювання важкі метали (свинець).

Довжина пробігу бета-частинок в повітрі до 20 м, у воді та живих тканинах – до 3 см, в металі – до 1 см. Їх майже повністю поглинає віконне та автомобільне скло. Одяг поглинає до 50% бета-частинок. При зовнішньому опроміненні організму на глибину 1 мм проникає 20 – 25 % бета-частинок. Тому зовнішнє бета-опромінення небезпечне лише при потраплянні радіоактивних речовин безпосередньо на шкіру.

Нейтронне випромінювання утворює потік нейтронів із швидкістю 20 тис. км/с. Вони легко проникають в живу тканину і поглинаються ядрами її атомів. Захисними є водневмісні матеріали (поліетилен, парафін, вода).

Найнебезпечнішим внутрішнім випромінюванням є те, яке має високу йонізуючу здатність. Воно діє на незахищені тканини, органи, системи тіла на молекулярному і клітинному рівнях. Дуже небезпечне при попаданні всередину організму альфа-випромінювання.

У ХХ ст. на людину почали впливати, крім природних, штучні, зумовлені людською діяльністю, йонізуючі випромінювання. Натепер до основних антропогенних джерел радіоактивного забруднення навколишнього середовища належать:

1) уранова промисловість, яка займається видобутком, переробкою, збагаченням та виготовленням ядерного палива, основною сировиною для якого є уран-235. Аварійні ситуації можуть

виникнути при виготовленні, зберіганні та транспортуванні тепловиділяючих елементів;

2) ядерні реактори різних типів, у активній зоні яких зосереджена велика кількість радіоактивних речовин. За даними Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), у 26 країнах світу експлуатується 416 ядерних енергоблоків, які виробляють приблизно 16% усієї електроенергії;

3) радіохімічна промисловість, на підприємствах якої відбувається регенерація відпрацьованого ядерного палива. Вони періодично скидають радіоактивні води, хоча і в допустимих концентраціях. Деяка кількість радіоактивного йоду потрапляє в атмосферу;

4) місця переробки та захоронення радіоактивних відходів, де можливі аварії, спричинені руйнуванням захоронень;

5) використання радіонуклідів у народному господарстві (у промисловості, медицині, геології, сільському господарстві, енергетиці) у вигляді закритих радіоактивних джерел (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

Викиди природних радіонуклідів і їх вміст в атмосфері в районі розміщення ТЕС потужністю 1 ГВт

Радіонуклід	Концентрація в повітрі		Щільність забруднення місцевості	
	10^{-5} Бк/м ³	10^{-18} Кі/дм ³	10^7 Бк/м ²	10^5 Кі/км ²
²¹⁰ Pb	15	4,0	115	31
⁴⁰ K	-	-	389	105
²³² Th	6,3	1,7	-	19
²²⁸ Ra	4,1	1,1	9,3	2,5
²²⁶ Ra	6,3	1,7	39	10,5
²¹⁰ Po	14,4	3,9	70	19

Забруднюють навколишнє середовище радіонуклідами радіоізотопні лабораторії, які використовують радіонукліди у відкритому вигляді для наукових і виробничих цілей. Скиди радіоактивних відходів у стічні води навіть у низьких концентраціях протягом певного часу призводять до поступового накопичення радіонуклідів у навколишньому середовищі;

б) ядерні вибухи (табл. 7.5), що спричиняють радіоактивне забруднення місцевості внаслідок локального і глобального випадання радіоактивних опадів.

Таблиця 7.5

**Вихід довгоіснуючих радіонуклідів унаслідок ядерного вибуху,
потужність якого еквівалентна 1 Мт тротилу**

Радіонуклід	Період напіврозпаду	Активність, МБк
⁸⁹ Sr	53 доби	7,1 · 10 ¹¹
⁹⁰ Sr	28 років	3,7 · 10 ⁹
⁹⁵ Zr	65 діб	9,3 · 10 ¹¹
¹⁰³ Ru	40 діб	6,8 · 10 ¹¹
¹⁰⁶ Ru	1 рік	1,1 · 10 ¹⁰
¹³¹ I	8 діб	4,6 · 10 ¹²
¹³⁷ Cs	30 років	5,9 · 10 ⁹
¹³¹ Ce	1 рік	1,4 · 10 ¹²
¹⁴⁴ Ce	33 доби	1,4 · 10 ¹¹

Глобальної шкоди довкіллю і людству загалом завдала аварія, яка сталася 26 квітня 1986 року на Чорнобильській АЕС. За масштабами викиду радіоактивних речовин вона не мала аналогів у світі. В атмосферу потрапило до 100% радіоактивних благородних газів, 20–50% ізотопів йоду, 12–30% цезію-137, цезію-134, 3–4% летких радіонуклідів від їх вмісту в реакторі на момент аварії (табл. 7.6).

Таблиця 7.6

Оцінка радіонуклідного складу викидів аварійного блоку ЧАЕС

Нуклід	Активність викиду, ПБк (1015), за станом на			Частка активності, викинутої з реактора до 6.05.1986 р., %	
	26.04.86 р.	06.05.86 р.		до 6.05.1986 р., %	
	29	29	39–40	29	39–40
1	2	3	4	5	6
¹³³ Xe	195	1665	6290–6500	До100	До 100
^{85m} Kr	5,5	-	-	До100	-
⁸⁵ Kr	-	33	28–33	До100	до 100
¹³¹ I	167	270	1200–1760	20	38–57
¹³² Te	148	410	1000–1150	15	22–27
¹³⁴ Cs	5,5	19	44–54	10	25–36
¹³⁷ Cs	11	37	74–85	13	28–33
⁹⁹ Mo	16,8	111	168–210	2,3	27–3,8
⁹⁵ Zr	16,8	140	170–196	3,2	2,9–4,1
¹⁰³ Ru	22	118	170	2,9	3,5–4,5
¹⁰⁶ Ru	7,5	59	59–73	2,9	2,9–8,6
¹⁴⁰ Ba	19	159	240–270	5,6	4–5,6
¹⁴¹ Ce	14,8	104	130–200	2,3	2,3–3,6
¹⁴⁴ Ce	16,8	89	116–140	2,8	3,0–4,3
⁸⁹ Sr	9,3	81	81–115	4,0	2,0–4,9
⁹⁰ Sr	0,55	8,1	8–10	4,0	3,5–5,0
²³⁸ Pu	0,0037	0,03	0,03–0,035	3,0	2,3–3,8
²³⁹ Pu	0,0037	0,026	0,026–0,03	3,0	2,7–3,2

продовження табл. 7.6

²⁴⁰ Pu	0,0074	0,037	0,037–0,044	3,0	2,5–3,9
²⁴¹ Pu	0,74	5,2	5,2–6,0	3,0	2,7–3,5
²⁴² Pu	0,000011	0,000074	0,00007–0,00009	3,0	2,4–4,3
²⁴² Cm	0,11	0,78	0,78–0,93	3,0	1,8–6,2
²³⁹ Np	-	-	850–1700	3,2	1,5–3,4

Радіоактивний матеріал поширився в атмосфері, розсіявся і випав на поверхню майже всієї Північної півкулі (табл. 7.7), максимально забруднивши територію України, Росії, Білорусі.

Внаслідок катастрофи на ЧАЕС була забруднена територія 74 районів в 12 областях України загальною площею 6,7 млн га сільськогосподарських угідь, в т. ч. до 1 Кі/км² – 5,6 млн. га; 1–5 Кі/км² – 1 млн га; 5–15 Кі/км² – 100 тис. га; понад 15 Кі/км² – 27 тис. га і 58 тис. га в зоні відчуження (Кюрі (Кі, Ки) – позасистемна одиниця активності радіоактивних ізотопів, 1Кі = 3,7·10¹⁰ Бк = 3,7·10¹⁰ розп./с; Бекерель (Бк,Вq), 1Бк = 1 розп./с = 2,7·10⁻¹¹ Кі.)

Таблиця 7.7

**Радіоактивні опади в країнах світу після Чорнобильської аварії
(за даними МАГАТЕ, 1990)**

Країна	Максимальні радіоактивні опади, кБк/м ²		Відношення максимальних радіоактивних опадів до середніх	
	Всього	Йод-131	всього	Йод-131
Швеція	190	950	23	22
Норвегія	100	-	9	-
Італія	100	500	15	16
ФРН	65	160	11	10
Австралія	60	700	2,6	5,8
Швейцарія	41	180	5,1	4,9
Фінляндія	30	190	3,3	3,7
Англія	20	40	14	8
Данія	4,6	4,2	2,7	2,5
Бельгія	3,0	10,0	2,3	2,6
Туреччина	0,9	8,0	11	9,1
Іспанія	0,04	0,09	10	9
Канада	0,07	0,24	1,5	2,4
США	Сліди	1,9	-	13

У грудні 1991 року Верховна Рада прийняла закони України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок чорнобильської катастрофи» та «Про правовий режим території, що

зазнала радіоактивного забруднення внаслідок чорнобильської катастрофи». Відповідно до цих законів, у межах забруднених площ виділяють чотири зони:

1) зона відчуження – територія, з якої евакуйовано населення в 1986 р.;

2) зона безумовного (обов'язкового) відселення – територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 15 Ки/км^2 та вище, або стронцію від $3,0 \text{ Ки/км}^2$ і вище, або плутонію від $0,1 \text{ Ки/км}^2$ та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити $5,0 \text{ мЗв}$ ($0,5$ бер) за рік понад дозу, яку людина одержувала у доаварійний період;

3) зона гарантованого добровільного відселення – територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, зі щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 5 до 15 Ки/км^2 , або стронцію від $0,15$ до $3,0 \text{ Ки/км}^2$, або плутонію від $0,01$ до $0,1 \text{ Ки/км}^2$, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити $1,0 \text{ мЗв}$ ($0,1$ бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

4) зона посиленого радіоекологічного контролю – територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, зі щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 1 до 5 Ки/км^2 , або стронцію від $0,02$ до $0,15 \text{ Ки/км}^2$, або плутонію від $0,005$ до $0,01 \text{ Ки/км}^2$, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити $0,5 \text{ мЗв}$ ($0,05$ бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період.

Найбільше забруднені були території Київської, Житомирської, Чернігівської, Рівненської, Черкаської та Вінницької областей (табл. 7.8).

Таблиця 7.8

**Забруднення цезієм-137 сільськогосподарських угідь в Україні
(станом на 01.01.95 р.), га**

Область	Всього	Щільність забруднення, кБк/м ²			
		До 37	37–185 (зона 4)	185–555 (зона 3)	Більше 555 (зона 2)
Вінницька	238219	160535	77203	481	-
Волинська	161562	155170	6327	65	-
Житомирська	618035	291065	237965	42676	9869
Київська	1537000	1276100	212600	31600	16700
Рівненська	288734	134189	310886	10661	-
Сумська	127612	115865	6386	150	-
Тернопільська	93822	83436	10386	-	-
Чернігівська	1836901	1762263	6872	5385	471
Чернівецька	135517	118231	1744	475	-
Черкаська	1326090	1209200	110300	6514	54
Хмельницька	238311	198632	19679	-	-
Івано- Франківська	92362	71277	19163	933	-
Всього по Україні	6694165	5575963	1034911	98940	27094

Умовою проживання і трудової діяльності населення без обмежень за радіаційним фактором є отримання за рахунок забруднення території радіоактивними ізотопами додаткової дози, яка не перевищує рівня опромінення 1,0 мЗв (0,1 бер) за рік.

Специфіка радіологічної ситуації, що склалася на обширній території після Чорнобильської аварії, полягає в тому, що основною загрозою здоров'ю людини є не променева хвороба, а високі дози додаткового внутрішнього та зовнішнього опромінення, що призводить до розвитку різноманітних захворювань. Внутрішнє опромінення можна зменшити, знижуючи вміст радіонуклідів у сільськогосподарській продукції. Найнебезпечнішими забруднювачами сільськогосподарських угідь і продукції є стронцій-90 та цезій-137. Вони характеризуються високим періодом напіврозпаду та здатністю включатися в харчові ланцюги.

В Україні діють «Допустимі норми вмісту радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 в продуктах харчування, питній воді» (ДР-2006 № 845/12719 від 14.07.2006), згідно з якими вміст цезію та стронцію у харчових продуктах і питній воді повинен бути не вищим від річної ефективної дози внутрішнього опромінення 1 мЗв. Активність добового раціону людини за цезієм-137 та стронцієм-90 має бути не вищою, відповідно, 210 і 35 Бк/добу (табл. 7.9). Досягти цих нормативів можна, лише реалізувавши низку компенсуючих заходів.

Таблиця 7.9

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування, Бк/кг, Бк/дм³

Продукти	ДР-2006 (Україна)	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Картопля	60	20
М'ясо	200	20
Молоко	100	20
Овочі	40	20
Риба	150	35
Фрукти	70	10
Хліб	20	5
Яйця	6	2
Вода питна	2	2
Молоко згущене	300	60
Молоко сухе	500	100
Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	500	50
Сушені дикоростучі ягоди і гриби	2500	250
Лікарські рослини	600	200
Інші продукти	600	200
Спеціальні продукти дитячого харчування	40	5

Отже, людина у процесі діяльності змінює природний радіаційний фон, забруднює штучно створеними радіонуклідами довкілля і створює небезпечні ситуації для населення. З метою спостереження, оцінювання радіаційного стану довкілля і попередження негативних радіаційних змін, контролю за дотриманням норм радіаційної безпеки створена система радіоекологічного моніторингу.

7.2. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання

Головним завданням радіоекологічних досліджень є комплексне оцінювання стану екосистеми, включаючи її дію на людину. Воно реалізується у процесі радіоекологічного моніторингу як складової загального екологічного моніторингу.

Радіоекологічний моніторинг – комплексна інформаційно-технічна система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану біосфери, територій поблизу АЕС, потерпілих від радіаційних аварій.

Головними завданнями радіоекологічного моніторингу є:

- спостереження та контроль за станом забрудненої радіонуклідами зони, її окремих особливо шкідливих ділянок та пропонування заходів щодо зниження шкідливості;
- моніторинг стану об'єктів природного середовища за одними і тими самими параметрами, які характеризують радіоекологічну ситуацію як у зоні забруднення, так і за її межами;
- виявлення тенденцій до змін природного середовища, спричинених функціонуванням екологічно небезпечних об'єктів і при реалізації заходів, що проводяться на забруднених територіях;
- з'ясування тенденцій до змін стану здоров'я населення, яке проживає на забруднених радіонуклідами територіях;
- інформаційне забезпечення прогнозу радіоекологічної ситуації в забрудненій зоні та країні загалом.

Радіоекологічний моніторинг реалізують у трьох напрямках: базовий (стандартний), кризовий (оперативний), науковий (фоновий).

Базовий радіоекологічний моніторинг здійснюють за допомогою мережі пунктів спостережень, яка охоплює всю територію країни, включаючи служби радіаційного контролю на ядерному виробництві.

Система *кризового радіологічного моніторингу* формується на основі діяльності територіальних служб спостереження і контролю радіоекологічних параметрів навколишнього середовища на територіях, де виникли несприятливі радіологічні ситуації.

Науковий радіоекологічний моніторинг реалізують координуючі структури на базі науково-дослідних закладів (підрозділів НАН України), які розробляють методи та програми радіологічних досліджень.

Радіологічний моніторинг, який здійснюється у розвинутих країнах, є підсистемою екологічного моніторингу і передбачає спостереження за гамма-фоном та здійснення постійного радіологічного контролювання небезпечних радіаційних об'єктів виробничо-господарської діяльності.

В Україні після аварії на ЧАЕС здійснюють радіоекологічний моніторинг основних складових довілля на різних територіальних рівнях за характерними лише для нашої держави показниками. Так, в зоні забруднення (крім об'єкта «Укриття» та 30-кілометрової зони відчуження) здійснюється радіоекологічний моніторинг у різних напрямках: моніторинг ландшафтно- геологічного середовища з метою отримання базової інформації для оцінювання та прогнозування загальної радіоекологічної ситуації на забруднених радіонуклідами територіях і її впливу на екологічну ситуацію в Україні; моніторинг поверхневих і підземних водних систем; моніторинг

природоохоронних заходів та споруд; моніторинг локальних довгочасних джерел реального і потенційного забруднення (об'єкт «Укриття», ставок-охолоджувач, пункти захоронення радіоактивних відходів, пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів); моніторинг біоценозів і заходів щодо використання природних угідь; медичний і санітарно-гігієнічний моніторинги.

Комплексний радіоекологічний моніторинг ґрунтується на інформації, отриманій внаслідок здійснення базових видів радіаційного моніторингу, яку використовують для вивчення об'єктів природно-техногенного середовища за допомогою спеціальних методів дослідження. Основними складовими радіоекологічного моніторингу є ядерно-радіаційний моніторинг, радіогеохімічний моніторинг, моніторинг поверхневих водних систем, радіогідрогеологічний моніторинг.

Ядерно-радіаційний моніторинг. Його забезпечує система спостережень і контролю за станом потенційно небезпечних радіаційних об'єктів, до яких відносять АЕС, а також об'єкт «Укриття». Ядерно-радіаційний моніторинг має важливе значення для оцінки ймовірності виходу радіонуклідів з диспергованого реакторного палива в навколишнє середовище. Його завданням також є контроль за станом ядерно-радіаційних об'єктів і напрацювання заходів щодо зниження ступеня їх шкідливості, оцінювання і прогнозування радіаційної обстановки на об'єктах природного середовища.

Радіогеохімічний моніторинг. Він є основним джерелом отримання регулярної і системно-організованої інформації про просторовий розподіл радіоактивних, зокрема техногенних, елементів або їх ізотопів і закономірності їх мобілізації, транзиту, локалізації та фіксації. З метою реалізації цього моніторингу оцінюють радіоекологічний стан природно-техногенних систем різних рівнів за допомогою гамма-зйомки території: на національному рівні (масштаб 1:1 000 000—1:500 000) оцінюють радіоекологічну ситуацію загалом по країні; регіональний рівень (масштаб 1:200 000—1:100 000) охоплює великі природно-територіальні комплекси або їх частини в природних адміністративних межах; локальний рівень (масштаб 1:50 000—1:25 000) — займається вивченням міських агломерацій особливо забруднених районів; на детальному рівні (масштаб 1:10 000—1:2000) оцінюють окремі райони міських агломерацій та інші природно-техногенні комплекси вищих порядків. Для його здійснення формують регулярну мережу точок спостережень, які дають змогу з достатньою повнотою охопити елементи довкілля, що вивчаються, та охарактеризувати їх з допустимою достовірністю.

На основі отриманої інформації складають карти щільності поверхневого забруднення ґрунтів цезієм-137, стронцієм-90, одержують окремі дані про забруднення однорічної та багаторічної рослинності. Наприклад, в лабораторіях радіохімічного моніторингу інституту геохімії, мінералогії і рудоутворення НАН України визначають розподіл радіовуглецю за річними кільцями сосни забрудненого «рудого» лісу (2,5 км на захід від ЧАЕС).

У перші роки після аварії Управління дозиметричного контролю оцінило запаси основних довгоіснуючих радіонуклідів у ґрунтах зони відчуження. За даними наземного пробовідбору було встановлено, що на всій території, за винятком проммайданчика ЧАЕС та захоронених на той час радіоактивних відходів, орієнтовно знаходилося 100 кКі стронцію-90, 110 кКі цезію-137 та 800 Кі плутонію-239, 240. Активність усіх радіонуклідів на території у перші дні після аварії наближалась до 25 МКі, до середини літа вона за рахунок розпаду короткоіснуючого компонента зменшилась до 6 МКі. Через 10 років після аварії активність усіх радіонуклідів чорнобильського викиду на території зони відчуження становила приблизно 240 кКі. Більшу частку активності зумовлюють стронцій та цезій, початкові запаси яких внаслідок розпаду зменшилися на 20–40%.

Моніторинг однорічної рослинності дає змогу встановити сезонні коливання концентрацій радіовуглецю і у такий спосіб достатньо точно реагувати на зміну радіоекологічної ситуації в районах діючих атомних станцій. Він сприяє відстеженню радіаційного забруднення довкілля протягом довгих періодів.

Моніторинг поверхневих водних систем. Основною причиною здійснення цього виду моніторингу було потрапляння великої кількості радіоактивних опадів у водозбори рік Прип'ять, Десна, Дніпро, які є основними водними артеріями водосховищ Дніпровського каскаду.

Установи НАНУ, Міністерства охорони здоров'я, гідромету відповідно до програми радіологічного моніторингу гідросфери басейну Дніпра здійснюють спостереження за всім каскадом Дніпровського водосховища, Чорним морем та усіма основними ріками України: Дніпром, Прип'яттю, Південним Бугом, Десною, Тетеревом, Ужем, а також у місцях водозаборів з підземних джерел.

Радіогідрогеологічний моніторинг. Спочатку для спостережень за підземними водами використовували сільські шахтні колодязі та діючі водозабірні свердловини. У 1986–1987 рр. у зв'язку з організацією пунктів захоронення та пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів, переважно в межах 5-кілометрової зони були пробурені свердловини, які інформували про найшкідливіші радіаційні об'єкти. У 30-кілометровій зоні проводяться режимні спостереження на

гідрогеологічних постах, дренажних та осушувальних системах, на певних ділянках ґрунту, свердловинах.

Радіоекологічний моніторинг на території України має певні особливості, спричинені значним забрудненням довкілля внаслідок катастрофи на ЧАЕС, формуванням особливо небезпечної для людини 30-кілометрової зони відчуження та великою кількістю АЕС.

7.3. Методи радіаційного контролю

Достовірність і точність отриманої у процесі радіологічного контролю інформації забезпечує його системність. Система радіаційного контролю передбачає виконання таких послідовних етапів: вимірювання рівня радіації на місцевості (польова радіометрія, дозиметрія), відбір проб і підготовку їх до дослідження, визначення радіоактивності експресними методами, радіохімічний розподіл радіонуклідів, радіометрію виділених радіонуклідів, розрахунок активності. Методи радіаційного контролю поділяють на радіометричні, радіохімічні, спектрометричні. Як правило, використовують перші дві групи методів.

Радіометричні методи. До них належать польова радіометрія і дозиметрія, експресне визначення радіоактивності, радіометрія золи, радіохімічних препаратів.

Польова радіометрія і дозиметрія є першим етапом радіаційного контролю та моніторингу довкілля і об'єктів народного господарства, який передбачає отримання даних про радіоактивний фон та рівень радіоактивності середовища (сумарну інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у середовищі, зумовлену природним фоном радіоактивності та радіоактивним забрудненням). Якщо польову радіометрію і дозиметрію проводять у звичайних умовах, можна одержати інформацію про рівень природного радіоактивного фону. Метод дає змогу вчасно виявити випадки підвищення рівня радіації та прийняти екстрені рішення про захист населення. Польова радіометрія і дозиметрія є основними методами контролювання радіоактивного забруднення продукції сільського господарства.

Спосіб, у який здійснюють польову радіометрію і дозиметрію, залежить від абсолютних величин радіації та розмірів площі, яку необхідно обстежити. Якщо площа обстеження мала, вимірювання можуть проводити дозиметристи без допоміжного транспорту. При обстеженні великих територій використовують спеціальні автомобілі,

у яких змонтовані необхідні прилади (автозйомка). За необхідності вдаються до аерозйомки.

Експресні методи радіаційного контролю використовують для отримання оперативної інформації про ступінь радіоактивного забруднення об'єктів зовнішнього середовища.

Експрес-метод визначення питомої і об'ємної активності гамма-випромінюючих радіонуклідів у воді, продуктах харчування, продукції рослинництва та тваринництва ґрунтується на вимірюванні з допомогою приладу СРП-68-01 потужності дози випромінювання від чисто вимитих і подрібнених проб масою 0,7 кг, які розміщені в літрової банці або посудині Марінеллі, і перерахунку її в одиниці активності за формулою:

$$g = N_0 K, \quad (7.1)$$

де g – питома активність проби, Бк/кг; N_0 – потужність дози опромінення проби без фону (мкР/год); K – коефіцієнт перерахунку.

Методику можна застосовувати при рівні радіоактивного забруднення $2 \cdot 10^3$ – $4 \cdot 10^4$ Бк/дм³ (кг).

Експрес-метод визначення питомої і об'ємної активності бета-випромінюючих радіонуклідів ґрунтується на вимірюванні швидкості зчитування частинок з «товстошарових» препаратів з наступним розрахунком активності за формулою:

$$g = (N - N_\phi) / P, \quad (7.2)$$

де g – питома активність проби, Бк/кг; N – швидкість зчитування частинок проби з фоном імп/с; N_ϕ – швидкість зчитування частинок фону, імп/с; P – чутливість радіометра.

Межа похибки вимірювання в обох випадках становить 50%. Для проведення вимірювань використовують радіометри КРК-1, РУБ-01П, «Бета». Подрібненою пробою заповнюють кювету і вимірюють швидкість зчитування за період не більший 1000 с. Методика може бути застосована при вмісті радіоактивних речовин в пробах не менше 37 Бк/кг.

За малої концентрації радіонуклідів в пробах сумарну бета-активність проби визначають по зольному залишку. Щоб збільшити концентрацію радіонуклідів в пробах, їх спалюють та озолують. Золю розтирають в дрібний порошок, наносять на стандартну підніжку 200–300 мг золи, рівномірно розподіляють і вимірюють швидкість відліку стаціонарним радіометром.

Питому активність розраховують за формулою:

$$A = N_0 K_{ce} K_{oz} / m, \quad (7.3)$$

де A – питома активність досліджуваної проби, Кі/кг (дм³), Бк/кг (дм³); N_0 – швидкість зчитування проби без фону, імп/хв.; K_{ce} – коефіцієнт перерахунку імпульсів за хвилину в активність, K_{oz} – коефіцієнт озолення, який дорівнює масі золи в грамах, одержаної при озоленні 1 кг проби; m – маса золи, взятої для радіометрії, г.

Для визначення коефіцієнта зв'язку готують 4–5 препаратів масою 200–300 мг із висушеного КСІ (еквівалентної маси препарату), вимірюють швидкість зчитування за тих же умов, в яких проводили вимірювання препарату. Коефіцієнт зв'язку розраховують за формулою:

$$K_{ce} = A_{em} / N_{oem} \cdot 2,22 \cdot 10^{12}, \quad (7.4)$$

де A_{em} – активність еталона КСІ, расп./хв. (для наважки 300 мг дорівнює 228 расп./хв); N_{oem} – швидкість зчитування еталону без фону, імп/хв у відсотках $2,22 \cdot 10^{12}$ – коефіцієнт перерахунку розпадів, Кюрі.

Для експресних вимірювань питомої активності цезію-137 використовують двоканальні радіометри РУБ-01 П6, РКГ-05, РУГ-91, спектрометр «Прогрес-спектр», які дають змогу обчислювати участь калію в сумарній активності проби, тобто в радіоактивному забрудненні доквілля загалом.

Радіохімічні методи. Їх використовують, дотримуючись певної послідовності: відбір і підготовка проб досліджуваних об'єктів; внесення носіїв та мінералізація проб; виділення радіонуклідів із проб; очистка виділених радіонуклідів від сторонніх нуклідів і супутніх макроелементів; ідентифікація і перевірка радіохімічної чистоти; радіометрія виділених радіонуклідів; розрахунок активності і висновки.

Відібрані радіологічними відділами зразки проб повинні бути типовими для досліджуваного об'єкта, а маса – достатньою для проведення радіохімічного аналізу (після озолення – 20–40 г) (табл. 7.10).

Таблиця 7.10

Терміни та норми відбору проб для дослідження на радіоактивність

Об'єкт	Строки відбору проб	Число проб	Маса (об'єм) проб
Трава	Весна, літо, осінь	20–25	3–4 кг
Грубі корми	Осінь	20–30	2–3 кг
Силос, сінаж	Перед споживанням	10–15	4–5 кг
Коренеплоди	Осінь	10–15	3–6 кг

продовження табл. 7.10

Концентрати	Постійно	20–30	2–3 кг
Молоко	Щоквартально	20	5–6 л
М'ясо	Весна, осінь	20	2–3 кг
Кості	Весна, осінь	20	0,5 кг
Свіжа риба	По мірі надходження	5	3 кг
Птиця	По мірі надходження	10	1 тушка
Яйця	По мірі надходження	10	10 шт.
Мед	-	10	0,2–1,0 кг
Вовна	-	5	0,2–0,5 кг
Вода	Весна, осінь	3	510 л

При відборі проб в контрольних пунктах вимірюють гамма-фон приладом СРП-68-01 на відстані 0,7–1 м від ґрунту і 1–1,5 см від об'єкта (скирти, кагати, тушки тварин тощо). Дані про гамма-фон записують у супроводжувальному документі.

Застосування різноманітних методів радіаційного контролю дає змогу здійснювати виміри радіоактивності різних складових середовища, продукції тощо. Вибір методів залежить від мети радіаційного контролю.

7.4. Обстеження забруднених сільськогосподарських угідь і об'єктів ветеринарного нагляду

Радіоекологічну ситуацію, що склалася в агропромисловому виробництві внаслідок випадання радіоактивних речовин, характеризують за допомогою таких основних показників:

- потужність дози гамма-випромінювання;
- щільність забруднення сільськогосподарських угідь;
- вміст радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.

Найоперативнішим способом визначення масштабів і ступеня радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь є гамма-зйомка місцевості. Вона дає змогу швидко визначити межі особливо забруднених територій, звідки можна очікувати надходження сільськогосподарської продукції з підвищеним вмістом радіонуклідів, а отже, необхідно організовувати її контролювання. Такі обстеження проводять за допомогою аерозйомки або наземних експедицій з використанням радіометричних приладів. Гамма-зйомку сільгоспугідь проводять на висоті 1 м від поверхні ґрунту на кожному конкретному

полі сівозміни за маршрутом з кроком 200 м. Початкові й кінцеві маршрути мають проходити на відстані не менше 50 м від межі поля. Дані гамма-зйомки фіксують на планах землекористування у масштабі 1 : 10 000. Результати обстеження наносять на карти у вигляді ізоліній, які обмежують території з заданими потужностями доз випромінювання.

На основі отриманої інформації обчислюють дози зовнішнього опромінення людей при проведенні робіт на забрудненій території. Відповідно слід розробити такий режим перебування на цих землях, який забезпечить працівникам радіаційну безпеку.

Одночасно з гамма-зйомкою місцевості вибірково відбирають проби з метою:

- встановлення фізико-хімічних властивостей радіоактивних речовин;
- виявлення «критичних» радіонуклідів, тобто найнебезпечніших з точки зору їх переходу в сільськогосподарську продукцію;
- визначення можливого ступеня забруднення продукції та реалізації заходів щодо обмеження її споживання.

Наступним етапом обстеження забруднених сільськогосподарських угідь є визначення щільності забруднення ґрунту. Для цього необхідно відібрати проби та провести спектрометричні та радіохімічні аналізи. Перед їх відбором визначають рівномірність розподілу радіоактивних речовин на досліджуваних полях за допомогою радіометрів, виокремлюють ділянки, щільність забруднення яких може бути охарактеризована однією пробою.

Проби ґрунту відбирають на орних та цілинних землях літровим ґрунтовим буром з глибини 20 см методом конверта. На цілинних землях проби можна брати за допомогою металевого кільця діаметром 15 см і висотою 5 см. При відборі проб буром ретельно перемішують усі проби з досліджуваного поля і методом квартування виділяють частину ґрунту для вимірювання. За результатами аналізів складають карти щільності забруднення окремими критичними радіонуклідами полів та пасовищ. Отриману інформацію використовують для планування агропромислового виробництва в забруднених районах.

Між щільністю забруднення ґрунту і гамма-фоном є пропорційний зв'язок, який можна визначити за формулою:

$$K = A_n/P_\gamma, \quad (7.5)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, A_n – щільність забруднення ґрунту, виміряна спектрометричним чи радіохімічним методом, P_γ – гамма-фон, виміряний у центрі площадки.

Для визначення середньої щільності забруднення ґрунту на площі 10×10 м беруть 10–15 зразків буром на глибині 20 см, а в центрі вимірюють гамма-фон. Визначають концентрацію радіонуклідів у кожному зразку, а потім обчислюють середню концентрацію за формулою:

$$C_c = \frac{\sum_{i=10}^n C_i}{n}, \quad (7.6)$$

де C_c – середня концентрація радіонукліду в ґрунті, Кі/кг; C_i – концентрація радіонукліду в i -тому зразку, Кі/кг; n – кількість зразків.

Щільність забруднення ґрунту можна розрахувати за формулою:

$$A_n = 2 \cdot 10^8 \cdot C_c \cdot g, \quad (7.7)$$

де g – питома маса сухого ґрунту, г/см³.

Якщо в ґрунті міститься кілька радіонуклідів, то при визначенні концентрації якогось із них у формулу вводять поправку d :

$$A_n = K \cdot d \cdot P_\gamma, \quad (7.8)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, Кі/км²/мР/год; A_n – щільність забруднення, Кі/км²; P_γ – гамма-фон, мР/год; d – поправка.

Поправку обчислюють за формулою:

$$d = \frac{\sum C_i - C_{i-1}}{\sum C_i}, \quad (7.9)$$

де C_i – концентрація радіонукліду в ґрунті, Кі/кг.

У 1991 р. коефіцієнт пропорційності для орних земель встановлено 135 Кі/км² на 1 мР/год по ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs.

Для розрахунку щільності забруднення ґрунту можна також використати формулу:

$$P = 2,7 \cdot 10^{11} \cdot \frac{AM}{mSn}, \text{ Кі/км}^2, \quad (7.10)$$

де A – активність зразка у день вимірювання, Бк; M – загальна маса зразка; m – маса зразка, взятого для аналізу; S – площа

пробовідбірною пристрою, км^2 ; n – кількість уколів ґрунту методом конверта для проведення спектрометричних та радіохімічних аналізів. Для перерахунку $\text{Ки}/\text{км}^2$ в $\text{кБк}/\text{м}^2$ отриманий результат перемножують на 37.

Згідно з чинним законодавством України обов'язковому радіаційному контролю підлягають: молоко, картопля, овочі, що виробляються в приватному секторі. Проходять радіаційний контроль також зерно, молоко, м'ясо, картопля, гриби, дикоростучі ягоди, овочі, фрукти та інша продукція, яка призначена для державного постачання або вільного продажу. Рослинницьку продукцію обстежують у період збирання врожаю. Обов'язковому щоденному контролю підлягає молоко, яке надходить на молокопереробні підприємства, та продукція, що переробляється на м'ясокомбінатах.

Найбільшу частку внутрішнього опромінення населення отримує зі споживанням молока і м'яса. Для визначення середньозваженої величини забруднення молока за певний період можна використати формулу:

$$Q_{\text{СЗ}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (7.11)$$

де q_i – забруднення молока i -тої партії, яка надійшла на переробку за певний період (місяць, рік); m_i – кількість молока, що надійшла за цей період на переробку, дм^3 .

Аналогічно можна визначити середньозважену забрудненість будь-якого іншого продукту, виробленого на певній території за визначений проміжок часу.

На основі радіаційного моніторингу розробляють прогностичні моделі та прогнози розвитку радіологічної ситуації як наукової основи рекомендацій щодо захисту населення і навколишнього природного середовища від негативного впливу радіаційного забруднення.

Для здійснення радіаційного контролю об'єктів ветеринарного нагляду сформовані радіологічні відділи, основним завданням яких є контролювання стану об'єктів ветеринарного нагляду і продуктів сільськогосподарського виробництва. Спеціалізовані радіологічні групи відстежують гамма-фон на території ветеринарних лабораторій, базарів, на підприємствах м'ясної та молочної промисловості, забрудненість радіоактивними речовинами виробничих приміщень і складів, технологічного обладнання, транспорту. Радіаційний контроль здійснюють у двох формах: поточний та попереджувальний. Поточному радіаційному контролю підлягає продукція, яка надходить від сільськогосподарських підприємств і населення на зберігання,

переробку або реалізацію через торгівлю. Попереджувальний контроль передбачає контрольні перевірки на місцях під час вегетації рослин для підтвердження правильності прогнозу вмісту радіонуклідів в очікуваному врожаї і для визначення вмісту радіонуклідів в рослинності пасовищ та зеленому кормі літнього періоду.

У разі аварій та інших екстремальних ситуацій система контролю спрямована на оперативне виявлення рівня і масштабів забруднення з метою вироблення і вжиття термінових заходів щодо ліквідації небажаних наслідків і захисту людей та довкілля.

Організація системи радіологічного моніторингу дає змогу контролювати радіоактивно забруднені території та продукцію, передбачати небезпеки, виробляти систему захисту від радіаційного випромінювання.

Запитання. Завдання

1. Які джерела радіоактивного забруднення завдають найбільше шкоди навколишньому природному середовищу?
2. Охарактеризуйте альфа-, гамма-, бета-випромінювання.
3. Проаналізуйте передумови виникнення радіоекологічного моніторингу.
4. Які рівні визначення радіоекологічного стану природно-техногенних систем доцільно використовувати в Україні?
5. Охарактеризуйте основні складові та завдання радіоекологічного моніторингу.
6. Які системи і методи радіаційного контролю є найпоширенішими?
7. Розкрийте сутність радіохімічного і радіометричного методів радіаційного контролю.
8. Які показники необхідно з'ясувати при обстеженні забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь?

8. МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ НА ОСНОВІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА БІОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Сучасні закордонні і вітчизняні дослідники пропонують оцінювати рівні забруднення на основі спостережень за біологічними об'єктами, які можуть бути індикаторами забруднень навколишнього середовища. Такий метод отримав назву «біоіндикація».

8.1. Біоіндикація

Системи моніторингу, побудовані на основі дослідження поведінки рослин і тварин, дають змогу оцінити біологічні ефекти від впливу забруднення повітря, їх просторовий розподіл, можливе нагромадження на значних територіях.

У деяких видів рослин і тварин змінюються особливості розвитку (швидкість росту, процес цвітіння, утворення плодів, інтенсивність забарвлення та ін.) у відповідь на різні подразнюючі фактори. Ці властивості людство помітило уже давно і використовувало для практичних потреб. У зв'язку з загальною екологізацією різних наукових напрямів, людського мислення загалом, методи біоіндикації усе частіше використовують сучасні науковці, зокрема і в моніторингу навколишнього середовища.

Моніторинг біологічних ефектів під впливом різних забруднювачів довкілля використовують у локальному, регіональному та національному масштабах.

Біоіндикація (грец. *bios* – життя і лат. *indico* – вказую) – оперативний моніторинг стану навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та ін.).

Цей метод дедалі поширюється, оскільки має такі переваги:

- вимірювання сумарного ефекту зовнішнього впливу;
- вивчення впливу забруднення на рослини і тварин;
- визначення впливу у просторі й часі;
- можливість застосовувати профілактичні засоби.

Користуючись інструментальними методами дослідження, можна визначити характеристики повітря, води і ґрунту, але лише на момент відбору проб. Однак лишайники, наприклад, здатні накопичувати радіоактивні елементи, мікроелементи, вміст радіонуклідів у них може бути у 10 разів вищий, ніж у трав'янистих рослинах. Лишайники нагромаджують газоподібні і тверді речовини з атмосфери практично постійно і необмежено. Тому, відстежуючи процеси їх накопичення (відсутності), можна оцінити рівень забруднення середовища. Наприклад, біоіндикатором водного середовища може бути фітопланктон. Його надмірний розвиток викликає *евтрофікацію водоймищ* – підвищення рівня первинної продукції, зумовлене збільшенням концентрації біогенних елементів, азоту та фосфору, що призводить до загибелі риби внаслідок накопичення надмірної кількості азоту і фосфору, які різко прискорюють розвиток рослин.

У дніпровській воді виявлені черепашки, які раніше існували тільки у лиманних водоймах Чорноморського узбережжя, що свідчить про різке підвищення за останні роки вмісту солей у Дніпрі. Локальними індикаторами прісних ґрунтових вод у західних лиманах та сухих руслах північного і західного Казахстану є угруповання мезофільних злаків (мезофіти – рослини, які проростають при середньому зволоженні, помірно теплому режимі і достатній забезпеченості мінеральним живленням); постійними індикаторами засолених ґрунтів в західній Туркменії слугують галофіти (солестійкі).

Під впливом забруднень довкілля змінюються еколого-фізіологічні ознаки: пігментація, забарвлення рослин. Їх спричиняє надлишок токсичних солей у ґрунті або нестача поживних речовин. Наприклад, голофіти при помірному підвищенні засолення мають насичений зелений колір; за значної кількості солей у ґрунті – сіро-синюватий; при засоленні за умов недостатнього зволоження – помаранчево-червоний.

Виокремлюють статичні і динамічні індикаційні ознаки. Наприклад, присутність певного індикатора (рослини), його форма – це статичні ознаки, а швидкість росту або інші зміни, що відбуваються в часі, належать до динамічних. Рослинність може бути використана не лише як індикатор окремих факторів середовища, а також як показник сумарних умов: типів ґрунту чи клімату, гірських порід, сільськогосподарських угідь. Біоіндикаторами можуть бути не лише ті рослини, які помітно реагують на аномалії. Зовнішні подразники впливають на кислотність середовища, щільність коріння.

Значення індикатора в екологічних дослідженнях визначають дві величини: екологічна спряженість індикатора (V) і зустріч індикатора

на обсязі індикації (F). Загальну значущість індикатора можна виразити у вигляді індексу V/F (у відсотках).

Біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення, але він повинен поєднуватись з хімічними й геофізичними дослідженнями для отримання не лише якісних, а й кількісних відомостей.

8.2. Біомоніторинг забруднення атмосфери за допомогою рослин

Рослинний покрив як важлива складова біосфери визначає її загальний стан і перебіг майже усіх процесів, які відбуваються на планеті. Життя на Землі було б неможливе без безперервного процесу фотосинтезу, що відбувається в зелених частинах рослин, які є основним стабілізатором вуглекисло-кисневого балансу повітряного басейну. Рослини як важливий компонент біогеоценозу помітно впливають на інші його елементи, сприяють формуванню ґрунтового покриву, впливають на хімізм ґрунту і його родючість, а також на життя усіх тварин і живих організмів, одночасно реагуючи на всі зовнішні фактори.

Забруднюючі речовини і їх суміші, які впливають на рослинний покрив

Рослини чутливо реагують на зовнішні умови. За достатньо високих концентрацій забруднювачів у багатьох з них ушкоджується листя, а зі зростанням кількості забруднюючого фактора протягом короткого проміжку часу можливе значне ураження рослини. Внаслідок некрозу (загибелі тканини) її колір змінюється від металевосірого до коричневого, а в процесі старіння вона може втратити колір або вигоріти. Хронічне ушкодження рослин виникає і внаслідок дії невеликих концентрацій певних речовин протягом тривалого часу. До ознак хронічного ушкодження належать бронзове зафарбування листя, хлороз (знебарвлення), їхнє передчасне старіння. Відомо, що живі організми і рослини здатні поглинати певні забруднюючі речовини в особливо великих кількостях, тобто в них процеси накопичення або концентрування відбуваються інтенсивніше, ніж у навколишньому середовищі. Такі забруднювачі рослин вважають

основними, однак флора накопичує другорядні забруднювачі і суміші речовин.

Основні забруднюючі речовини, на які реагують рослини. До них належать озон (O_3), оксиди азоту, діоксид сірки, фториди (табл. 8.1).

Озон (O_3) – газоподібна забруднююча речовина, яка утворюється внаслідок складної реакції між окислами азоту за участю сонячного світла. Озон потрапляє в рослину через листя внаслідок звичайного газообміну між рослиною і навколишнім середовищем. Найчутливіше до дії озону листя, яке формується, але найпомітніше він уражає старі листки рослини. Загальною ознакою ураження рослин озоном є плямистість, яка вказує на його гостру дію. Ознаки ушкоджень рослин озоном різні й залежать від виду та сорту рослини, концентрації озону, часу експозиції (дії світла), а також від багатьох інших факторів. Специфічна ознака гострої дії озону на рослину – поява цяточок, які з часом зливаються й утворюють плями на поверхні листка. Цяточки можуть бути білими, чорними, червоними або червонувато-пурпуровими. За низьких концентрацій O_3 листя набуває червоно-бурого або бронзового кольору, що, як правило, призводить до хлорозу, старіння та опадання листя. Хлороз може бути єдиною ознакою хронічного впливу озону протягом тривалого часу.

Таблиця 8.1

Основні та другорядні забруднюючі атмосферу речовини і їх суміші, що впливають на рослинний покрив

Забруднюючі речовини	Джерела викидів	Токсична для рослин концентрація, млн ⁻¹ г
1. Основні фото-хімічні оксиданти: озон нітрати оксиди азоту оксиди сірки фториди	Двигуни внутрішнього згорання Двигуни внутрішнього згорання Печі, двигуни внутрішнього згорання Печі (вугілля або нафта), інші промислові процеси Виробництво алюмінію, фосфатів, цегли та ін.	0,04–0,7 0,004–0,01 0,21–100 0,1–0,5 0,001
2. Другорядні: аміак бор хлор етилен та пропилен	Втрати при виробничих процесах Двигуни внутрішнього згорання Різні виробничі процеси	0,0005–10

хлористий водень і соляна кислота тверді частки і важкі метали сірчаноокислий натрій	Печі, різні виробничі процеси Печі	
3. Суміші забруднюючих речовин озон і діоксид сірки діоксид сірки і діоксид азоту	Всі вказані вище джерела	

Оксиди азоту (NO_x) – газоподібні забруднюючі токсичні сполуки NO , NO_2 , N_2O . У забрудненому повітрі вміст оксидів азоту зумовлює утворення озону. Однак у багатьох випадках концентрація оксидів азоту надто мала, щоб помітно ушкодити рослину. Низькі концентрації NO_2 стимулюють ріст рослини, листя набуває темного кольору. Проте у деяких випадках виникає неспецифічний хлороз із наступним ушкодженням та опаданням листя. Англійські вчені виявили, що оксиди азоту є основною речовиною, яка забруднює повітря в теплицях, які обігрівають вуглеводневим паливом. Гостра дія NO_2 може бути схожа з гострою дією на рослини SO_2 .

Таблиця 8.2

Види рослин, які пошкоджуються озоном та їх типові ознаки пошкодження

Рослини	Типові ознаки
Ясен (<i>Fraxinus</i>) Сосна (<i>Pinus</i>)	Білі краплинки, пурпурова бронзовість Кінці голок жовтувато-коричневого кольору, плямистість голок
Квасоля (<i>Phaseolus</i>)	Бронзовість, хлороз
Огірки (<i>Cucumis</i>) Виноград (<i>Vitacea</i>)	Білі цяточки Цяточки від червоно-коричневого до чорного кольору
Цибуля (<i>Allium</i>) Картопля (<i>Solanum</i>) Шпинат (<i>Spinacia</i>) Тютюн (<i>Nicotiana</i>) Кавун (<i>Citrullus</i>)	Білі плями, обезбарвлені кінчики Сірі, металевого відтінку плями Сіро-білі плями Біло-сірі плями Сірі, металевого відтінку плями

Діоксид сірки (SO_2) – забруднююча речовина, яку викидають у повітря теплові електростанції (особливо ті, що працюють на вугіллі) і деякі промислові підприємства. Її концентрація в повітрі висока

поблизу джерел викидів і поступово знижується із збільшенням відстані від нього. За природних умов можливе поєднання гострої та хронічної дії SO_2 .

SO_2 , потрапляючи на листя, окислюється до високотоксичної сполуки SO_3 , а потім повільно перетворюється на сульфат SO_4 , менш токсичний. При низьких концентраціях SO_2 у повітрі SO_3 практично повністю окислюється до сульфату, і рослини не страждають. За високої концентрації SO_2 на SO_3 перетворюється швидше, ніж SO_2 на SO_4 , внаслідок чого відбувається гостре ушкодження – листя широколистяних рослин знебарвлюється між жилками (з'являється бурий або білий колір), або на краях деяких листків спостерігається ефект «ялинки». Ознакою хронічної дії SO_2 є хлороз, або знебарвлення листя із зміною їх кольору до червоно-бурого; у хвойних рослин – почервоніння голок зверху вниз. Рослини страждають за наявності концентрації SO_2 0,05–0,50 млн^{-1} при дії протягом 8 год і більше.

Фториди перебувають у атмосфері у вигляді газу, твердої домішки або газоподібного фториду, адсорбованого іншою твердою речовиною. Фтористий водень (HF) у вигляді газу токсичніший, ніж у твердому стані. Він присутній у викидах стаціонарних джерел забруднення – плавильних заводів і заводів, які використовують алюміній. Рослинність поблизу джерел викидів зазнає найбільш гострої дії.

Хронічна дія HF викликає у рослин хлороз уздовж прожилок листя, гостра дія HF – некроз країв листя, який починається з верхньої частини листка і поширюється до його основи, внаслідок чого листя може деформуватися або скручуватись. Однодольною рослиною, яку використовують як індикатор, є гладіолус. У них колір листя змінюється від білого до бурого, починаючи з верхівки листка до основи. Чітка темно-бура смуга відокремлює мертву тканину рослини від живої. У хвойних рослин з'являються голки з «обпаленими» краями або «обпалені» повністю.

Особливістю фториду є його здатність накопичуватись в листі, особливо з країв та на верхівках. Для оцінки ступеня ушкодження рослин HF застосовують аналіз тканини листка.

Другорядні забруднюючі речовини, які діють на рослини. Такими речовинами є аміак, бор, хлор, етилен, пропилен, хлористий водень, соляна кислота.

Аміак (NH_3) надходить в атмосферу в результаті аварій на виробництві. Він особливо вражає рослини поблизу місця аварії. Як і у разі дії NO_x , рослин ушкоджуються тільки за високої концентрації аміаку. Найчутливіше до дії NH_3 листя середнього віку, яке може змінити колір із тьмяно-зеленого до бурого або чорного. Дія низьких

концентрацій NH_3 зумовлює появу на нижній стороні листка глянцеватості або сріблястості.

Бор (B) – речовина сірувато-чорного кольору. Її дія на рослини, які ростуть поблизу джерел викидів, зумовлює некроз на краях листя та між жилками, а також плямистість. Листя набуває чашоподібної форми, деформується, особливо старе. Гострі ушкодження можливі на відстані до 200 м від джерела. Найчутливішими до дії бору є горіх сірий, клен, шовковиця, дикий виноград, а стійкі – в'яз, бузок, груша і більшість трав'янистої рослинності.

Хлор (Cl) застосовують як окислювач. У зоні розливу хлору внаслідок аварій при транспортуванні, рослини особливо ушкоджуються. На краях листка з'являються плями від темно-зеленого до чорного кольору, які потім знебарвлюються до білого або стають бурими. Ознаки пошкодження листя між жилками подібні до ознак, спричинених дією SO_2 . Можлива також поява цяточок, що нагадує результат впливу озону. У хвойних, як і при дії озону, може виникати некроз кінчиків голок і плямистість. Чутливі до дії хлору гірчиця і соняшник.

Етилен (C_2H_4) – природний рослинний гормон, який утворюється при ушкодженні рослин різними забруднювачами повітря. Він позначається на процесах цвітіння, дозрівання плодів, старіння та опадання. Етилен також присутній у вихлопних газах автотранспорту і є забруднюючою речовиною.

До ознак ушкоджень рослин етиленом належать погіршення їх росту, передчасне старіння та опадання листя, погіршення цвітіння, передчасне розкриття бруньок, повільне розпускання листків, їх скручування.

Пропилен (C_3H_6) – ненасичений ациклічний вуглеводень, безбарвний газ. Вплив пропилену на рослини подібний до дії етилену, але його спричинюють вищі концентрації. Пропилен пригнічує цвітіння у хризантем, уповільнює вертикальний ріст, але стимулює появу листя. Рослини, уражені пропиленом, мають менше за розміром, але товстіше листя.

Хлористий водень (HCl, безколірний димучий в повітрі газ з різким запахом) та соляна кислота (розчин хлористого водню у воді, безбарвна «паруюча» в повітрі рідина) надходять в атмосферу з локальних джерел. Типовою реакцією на дію хлористого водню є міжжилковий та краєвий хлороз, після чого настає некроз, який проявляється в зміні кольору від жовтого, бурого, червоного до чорного. Межі некротизованих ділянок можуть бути від білого до кремового кольору.

Ознаками ушкодження рослин аерозолем соляної кислоти вважають появу цяточок від червоно-коричневого до чорного кольору, а соляною кислотою – листову плямистість, причому плями облямовуються смугою білого або кремового кольору.

У рослинах хлориди, як і фториди, часто акумулюються у верхівках листків. Аналіз ушкодженого листа дає змогу встановити рівень вмісту в них хлоридів.

Тверді частинки (пил) та важкі метали. Вони проникають крізь листя або пошкоджені клітини епідермісу. Дрібні частинки можуть осідати на листках, знижуючи світлопоглинання і відповідно фотосинтез, негативно впливати на запилення квітки, розміри і стан листя.

Важкі метали з атмосфери, осідаючи на рослину або земну поверхню, мають тенденцію накопичуватись, особливо у верхніх шарах ґрунту, звідки можуть потрапляти у рослину. Концентрація важких металів у ґрунті залежить від вмісту в ньому глини та органічної речовини.

Найпоширенішим металом, що може потрапляти у рослину і ґрунт, є свинець. Він накопичується в ґрунті, але чітких доказів відносно того, що він уражає рослину немає.

Цинк, кадмій, мідь у середині літа спричиняють міжжилковий хлороз із наступним почервонінням листя дерев, які ростуть поблизу джерела.

Ртуть – єдиний важкий метал, який перебуває в рідкому стані за нормальної температури. Вона вражає майже всі рослини. Особливо чутливою до ртуті є троянда, на листі якої з'являються бурі плями, воно жовкне, а потім опадає.

Молоді бутони буріють і опадають. Визначення вмісту важких металів у рослинах можливе за допомогою методу атомно-адсорбційної спектрофотометрії.

Сульфат натрію трапляється поблизу целюлозно-паперових комбінатів. Дія Na_2SO_4 зумовлює уповільнений ріст і некроз листя у квасолі, зменшення висоти кущів помідорів, які вирощують у теплицях.

Суміші забруднюючих речовин. У повітрі, яке оточує рослини за звичайних умов, міститься кілька потенційних фітотоксичних забруднювачів. Суміші забруднюючих речовин можуть спричинити ті самі ушкодження рослин, що й окремі забруднюючі речовини, а суміш газів може змінювати порогову чутливість рослин.

Суміш озону і діоксиду сірки. Ознаки ушкоджень нею схожі з ознаками ураження O_3 або SO_2 залежно від їх концентрацій. Якщо концентрація O_3 і SO_2 нижче порогової для SO_2 , але дорівнюють або нижчі від порогової для O_3 , то спостерігаються ознаки ушкоджень,

схожі на отримані внаслідок дії O_3 . Вплив суміші позначається на люцерні, капусті, цибулі, квасолі.

Діоксид сірки і діоксид азоту. Дія цих речовин в суміші з концентраціями нижча від порогових значень для кожного газу, вона проявляється в пошкодженні верхньої сторони листка редьки, помідорів, соєвих бобів.

Отже, забруднення довкілля хімічними сполуками призводить до часткової деградації рослинного покриву, знижуючи його біомасу та природоохоронні функції.

Рослини-індикатори і рослини-монітори

За особливостями реакції на вплив забруднювачів рослини поділяють на рослини-індикатори та рослини-монітори.

Рослина-індикатор – рослина, у якій ознаки ушкодження виявляються при впливі фітотоксичної концентрації забруднюючих речовин або їх суміші.

Рослина-індикатор є хімічним сенсором, який може виявити в повітрі присутність забруднюючої речовини, але спостереження за нею не дають змоги отримати дані про їх кількість.

Індикаторами можуть бути такі рослини, які акумулюють у тканинах забруднюючу речовину або продукти метаболізму, утворені внаслідок взаємодії рослини із зовнішніми чинниками: важкими металами (свинець і кадмій), газоподібними речовинами, такими як фтористий водень (HF) або сульфат (SO_4). Внаслідок їх дії у рослин може змінюватись параметри розвитку: швидкість і якість росту і дозрівання, цвітіння, утворення плодів і насіння, процесів розмноження; знижуватися продуктивність і врожайність. Кожний параметр окремо або їх комплекс можна використати, щоб визначити наявність забруднюючих речовин у повітрі і (за допомогою проведення дослідів) у контрольованих умовах для того, щоб зіставити ознаки ушкодження або зміни у стані рослини з наявністю певної забруднюючої речовини або їх суміші. Такі дослідження засвідчили, наприклад, що тютюн дуже чутливий до дії озону і реагує характерними ушкодженнями. Також виявлено, що кількість зав'язі і врожайність помідорів значно зменшуються при хронічному впливі на цю рослину озону у низьких концентраціях. У соєвих бобів за дії певних доз SO_2 з'являються небажані ознаки, змінюються швидкість росту і врожайність.

Лишайники і мохи, відомі як накопичувачі забруднюючих речовин, переважно важких металів, які ці рослини можуть акумулювати у кількостях, що значно перевищують їх концентрацію в навколишньому середовищі.

Отже, поява у рослин типової ознаки ушкодження вказує на наявність у повітрі забруднюючої речовини або їх суміші.

Зважаючи на важливість кількісної оцінки, особливо інформативними є організми, які у певний спосіб реагують саме на кількість забруднювача у довкіллі, тобто рослини-монітори.

Рослина-монітор – рослина, за ознаками ушкодження на якій можна отримати інформацію про кількість забруднюючих речовин або їх суміші у довкіллі.

Звичайно, з цією метою використовують різноманітні прилади. Однак прилади коштують дуже дорого, для їх роботи необхідні живлення, калібрування, спостереження за функціонуванням. Іноді вони надто чутливі і непридатні для роботи в умовах суворого клімату. На відміну від них, рослини дешеві, легко відновлюються, швидко розмножуються і по-різному реагують на вплив, даючи змогу вибрати одну або кілька найхарактерніших реакцій для певного дослідження. Можна також використати недовговічні (трав'яні) рослини, які оновлюються кожного сезону чи кілька разів протягом одного вегетаційного періоду, або дерев'янисті рослини (дерева, кущі), котрі можна висадити на потрібних ділянках і використовувати як індикатори протягом довгого періоду.

Для того, щоб індикатор став монітором, тобто міг інформувати про якісні і кількісні характеристики забруднювача, необхідно визначити і використати залежності між реакцією рослин на забруднення і концентрацією цієї речовини в навколишньому середовищі. Для цього використовують три основні способи:

- зіставлення ступеня ушкодження, спричиненого забруднюючою речовиною, із відомою концентрацією забруднюючої речовини у довкіллі;

- використання рослини як живого колектора (накопичувача забруднюючих речовин);

- вимірювання кількості забруднюючої речовини або метаболітів (новоутворених речовин), які з'явилися в рослинних тканинах після дії забруднювача, і зіставлення отриманих значень з концентрацією забруднюючої речовини в повітрі.

Оскільки внаслідок притаманної рослинам змінності види і сорти рослин по-різному реагують на вплив негативних факторів, слід

відбирати ті рослини, реакція яких передбачувана. Такими є мохи, папороті, голо- і покритонасінневі, які використовують як біоіндикатори і (або) біомонітори.

Отже, моніторинг природних популяцій можна поєднувати із розведенням та селекцією з метою отримання чутливих до впливу забруднюючих речовин рослин з передбачуваними реакціями. Можливе виведення нових видів рослин, придатних для моніторингу забруднення повітря.

При проведенні дослідів з метою моніторингу довкілля вивчають ознаки ушкодження рослин, зміни їх в рості та розмноженні, зниження врожайності або продуктивності, а також зміни ареалів поширення різних видів. Однак такі реакції також значною мірою залежать від віку рослини, факторів довкілля та способів обробки ґрунту. Тип ґрунту, вміст в ньому мінеральних речовин, відносна вологість, топографічні та метеорологічні умови впливають на тип реакції рослини, на дію певної концентрації або дози будь-якої забруднюючої речовини або їх суміші. У зв'язку із змінністю рослин навіть на території певної популяції при здійсненні моніторингу необхідно використовувати багато різних рослин і розміщувати їх у такий спосіб, щоб вони підлягали максимальному впливу вітрів.

Оцінювання реакції рослин на забруднення. У польових умовах необхідний ретельний відбір рослин для встановлення залежності «доза-відповідна реакція». Якщо рослина реагує на вплив ушкодженням листків, зміною темпів росту, врожайності, слід експериментально з'ясувати, як вона реагує на різні дози однієї і тієї самої речовини або суміші.

Ушкодження листя можна аналізувати за допомогою серії фотознімків методом прямих порівнянь знімків ураженого листя з контрольними знімками листя рослин, які зазнали впливу відомих концентрацій забруднюючих речовин в лабораторних умовах. Поділ досліджуваної ділянки з великою кількістю рослин на квадрати дає змогу виразити кількісно дані про пошкодження листя, з'ясувавши кількість їх ушкоджень; ступінь ушкодження; чисельність ушкоджень на одиницю поверхні. За допомогою лінійних графіків можна відобразити залежності ушкодження листя від періоду дії та дози забруднюючої речовини. Ці криві можна порівняти з кривими «доза - відповідна реакція», отриманими в лабораторних умовах. У такий спосіб можна визначити якісний склад повітря протягом певного періоду і встановити вид забруднюючої речовини або склад суміші.

Певний метод кількісної оцінки обирають залежно від рослинного матеріалу, забруднюючої речовини та вимірюваних параметрів, які потребують дослідження. Ступінь ушкодження листя трав'янистих

рослин з'ясовують візуально, визначаючи площу (у %) ушкодженої поверхні листя. У разі спостереження за хвойними рослинами оцінюють довжину голок, їх колір і форму, вік хвої, кількість ушкоджених голок на гілці (%).

Результати спостережень можна об'єднати в дві групи: площа ушкодженої листової поверхні (у %); площа нових ушкоджень кожної рослини за визначений період часу.

Якщо рівень забруднення визначається за обсягом поглинання забруднюючої речовини, з'ясовують кількість забруднюючої речовини або кількість метаболітів, спричинених забруднювачем. Вміст сульфату в тканинах слід зіставити з концентрацією SO_2 в навколишньому середовищі, фтору – із концентрацією HF. Для порівняння результатів різних досліджень необхідна стандартизація методів збирання та оброблення рослинного матеріалу і приладів, які використовуються.

Рослини-колектори можна успішно використовувати для моніторингу важких металів. Наприклад, мох *Hypnum cupressiforme* здатний поглинати такі важкі метали, як цинк, свинець, кадмій, нікель, мідь та магній. Метали не тільки накопичуються в листі лишайників, а й поглинаються їх тілом та акумулюються в тканинах. Висушивши, зваживши і здійснивши хімічний аналіз тканини зібраних рослин, можна визначити кількість поглинутого металу. Змінюючи проміжки часу між зборами рослин, можна зіставити вміст металу в їх тканинах із концентрацією металу в повітрі.

Лишайники можна використовувати для контролю вмісту SO_2 в навколишньому середовищі. Здатність до акумуляції SO_2 залежить від виду цих рослин. Поєднання методів інструментального моніторингу із спостереженнями за лишайниками дасть змогу встановити залежність між їх ростом і концентрацією SO_2 в довкіллі. Швидкість росту і колір лишайника вказують на присутність або відсутність SO_2 і його приблизну концентрацію в повітряних масах. Цей метод використовують при моніторингу SO_2 в Англії, Ірландії, Канаді, Франції, Швеції та США.

Відбір і підготовка біологічних матеріалів для біомоніторингу.

Отримання достовірних, повних і точних даних за допомогою біоіндикації можливе лише у разі точного дотримання низки вимог. Так, при виборі рослини для використання її в ролі біомонітора необхідно дотримуватися таких умов:

– наявність у рослини вираженої реакції на вплив забруднюючої речовини, тобто помітних ознак ушкодження, змін швидкості росту, морфологічних змін, порушень цвітіння, змін продуктивності або врожайності;

- відбір рослин, невибагливих до умов вирощування і догляду;
- відбір рослин, які мало піддаються впливу шкідників та хвороб.

Отримання усереднених зразків матеріалів рослинного походження (сформовані з 5–6 разових проб), є складним завданням, що потребує правильного обрання місця, способу і часу.

Рослинні зразки слід збирати на достатньо великій відстані від будівель, доріг і джерел забруднюючих речовин. Досліджувану ділянку умовно розділяють на кілька квадратів, з кожного рівномірно відбирають рослинний матеріал (листя, стебла, кору) у необхідній кількості. Пробу рослин (цілі чи окремі частини) збирають у першій половині дня за сухої погоди. На ранніх стадіях розвитку (2–3 листки) у ній має бути не менше 10 рослин з одного гектара; для гречки, гороху, зернових – 25–30; у високорослих рослин беруть нижні, добре розвинуті листки (не менше 50 рослин). Проба повинна бути репрезентативною, тобто забезпечувати відповідність її хімічного складу хімічному складові аналізованого матеріалу (наприклад, кількість рослинного матеріалу квітів – 300 г, подрібненого листя і трави – 200 г, трави – 400–600 г, кори і коренів – 600–650 г).

Паралельно з відбором проб проводять біологічний облік відібраних рослин (висота рослин, кількість пагонів на одній рослині, фази розвитку).

Аналізи рослинних зразків проводять відразу або зберігають їх у холодильнику.

Призначений для аналізу рослинний матеріал, передусім очищують від піску, землі та інших механічних домішок. Після цього листки, плоди і насіння обов'язково просушують до повітряно-сухого стану (крім випадків, коли необхідно зробити аналіз рослинного зразка у сирому вигляді), пробу гомогенізують (подрібнюють). Сирі рослинні матеріали подрібнюють у міксері або іншому гомогенізаторі, використовуючи чистий скляний посуд і зроблене з нержавіючої сталі дробильне обладнання. Інтенсивної вентиляції зразка при гомогенізації треба уникати, бо це може призвести до втрат деяких компонентів, особливо тих, які легко окислюються.

Сухі і висушені продукти (зерно, насіння) подрібнюють спеціальними млинками, іноді просівають ситом із визначеними розмірами отворів, щоб отримати потрібну зернистість. Зразки біологічного походження перед аналізом, зазвичай, мінералізують сухим (спалювання органічної речовини за вільного доступу повітря, в результаті чого залишаються мінеральні елементи переважно у вигляді оксидів металів) або вологим (озолювання органічної речовини розчинами кислот, внаслідок чого утворюється розчин з мінеральними речовинами) методами. Щоб при сухій мінералізації

(озолення) не втратити летючі компоненти, рослинний зразок нагрівають до температури не вище 450° С. Оскільки при цьому у більшості випадків не вдається повністю позбутися органічних компонентів, до золи додають концентровану азотну кислоту і випарюють насухо. Для позбавлення від решток вуглецю використовують метод випарювання із соляною кислотою на піщаній бані. Елементи мінерального залишку визначають за допомогою певних хімічних реакцій.

У деяких випадках застосовують метод мінералізації зразка вологим способом за допомогою таких речовин, як азотна кислота, азотна кислота і соляна кислота з добавкою перекису водню, сірчана кислота і соляна кислота. У досліджувану пробу додають суміші кислот, залишають на певний період до обвуглення рослинної маси. Після чого розчин підігрівають на слабкому вогні 5–7 хв до утворення однорідної коричнево-бурої маси, температуру озолення підвищують і продовжують його. Повне озолення триває 15–20 хв. Після його закінчення розчин охолоджують, розбавляють дистильованою водою і визначають потрібні елементи, застосовуючи характерні для того чи іншого елемента хімічні реакції.

Отже, головною умовою достовірності результатів біомоніторингу є правильне відбирання рослинної проби, її підготовка до аналізу та проведення самого аналізу.

8.3. Біомоніторинг ґрунтів і водних ресурсів

На основі екологічної характеристики організмів, тобто їх реакцій на вплив факторів середовища, виокремлюють *еврибіонти* – види з широкою адаптаційною здатністю, які можуть жити при різних значеннях фактора, і *стенобіонти* – види з низькою адаптаційною здатністю, життєдіяльність яких обмежена вузьким діапазоном змін певного фактора. Саме *стенобіонти* (організми або їх угруповання), життєві функції яких тісно корелюють з певними чинниками середовища використовують для біоіндикації ґрунту і водних ресурсів. Ними можуть бути рослини, тварини, мікроорганізми, гриби.

Рослинні індикатори хімічного складу ґрунту. На основі дослідження рослинного покриву можна визначити основні складові ґрунтів (рухомі сполуки основних елементів живлення рослин Ca, N₂, P, S, K, Mg), оскільки певні види рослин домінують у місцевостях з відповідним складом ґрунту. Наприклад, нітрофіти (азотолюби) можна

вважати надійними індикаторами ґрунту, збагаченого азотом, до них відносять берест, черемху, бузину, бруслину європейську. Найбільше їх росте на землях з підвищеним вмістом нітратів, дуже рідко вони трапляються на бідних азотом землях. Домінування різних рослин-галофітів (солестійких) пов'язано з засоленістю ґрунтів різними йонами. Певні види рослин відображають якісний склад катіонів у поглинаючому комплексі ґрунту.

Фітоіндикацію широко застосовують при визначенні кислотності ґрунтів. Так, на дуже кислих ґрунтах (рН = 3–4,5) ростуть крайні ацидофіли (надають перевагу кислим ґрунтам), до яких належать сфагнум, плавун булавовидний; на кислих ґрунтах (рН = 4,5–6,0) – помірні ацидофіли (калюжниця болотна, їдкий і повзучий жовтець); на слабо кислих ґрунтах (рН = 5,0–6,7) – слабкі ацидофіли (медунка, купина багатоквіткова, анемона жовтецева).

Біоіндикація дає змогу оцінити не тільки хімічний склад ґрунту, а й наявність і склад ґрунтових вод.

Рослинні індикатори глибини рівня ґрунтових вод. Рослини, які дають змогу визначити глибину залягання ґрунтових вод, називають *гідроіндикаторами*. Ця здатність зумовлена максимальною глибиною проникнення їх корневих систем. Отримати точні гідроекологічні характеристики дають змогу дослідження сукупності гідроіндикаторів. Наприклад, формація *Tamarix ramosissima* росте на землях, де глибина залягання ґрунтових вод становить 0,5–0,7 м, а їх мінералізація – 3–15 г/дм³.

Про глибину залягання ґрунтових вод свідчать також діаметри кущів гідроіндикаторів, наприклад рослин *Tamarix ramosissima*. Дослідження рослинних індикаторів одночасно з аналізом ландшафту дає змогу детально визначити рівні ґрунтових вод. Рослинність точніше відображає глибину близьких до поверхні ґрунтових вод.

Рослинні індикатори хімічного складу ґрунтових вод. Водопостачання постійних гідроіндикаторів в аридних зонах відбувається за рахунок ґрунтових вод, тому вони помітно реагують на зміни мінералізації води. Індикаторами прісних вод служать глікофільні фреотофіти і мезофіти (види *Populus*, *Salix*, *Toms alba* та ін.).

Глікофільні види з ознаками ксерофітизму (рослини, що живуть у засушливих місцевостях, кактуси, агави, заяча капуста) ростуть на солонуватих водах. Фреотофіти з ознаками галофітизму поширеніші там, де вода помірно солонна, фреотофіти з вираженим галофітизмом – у місцевостях, де вода солонна.

Оцінити мінералізацію ґрунтових вод дає змогу вивчення показників гідроіндикаторів та індикаторів засолених ґрунтів у комплексі.

Рослинність відображає вміст кисню, органічних речовин, закисного заліза, жорсткість та інші властивості, що визначають питну якість ґрунтових вод. Наприклад, ґрунтові води, що живлять вільхово-вербові рослини, насичені сірководнем, містять сполуки заліза, збагачені органічними речовинами і зовсім не придатні для вживання.

Біоіндикація забруднення води. Склад і стан рослинності може вказати на наявність забруднювачів води в межах різноманітних промислових комплексів.

Наявність і розподіл водоростей є надійним показником забруднення і санітарного стану вод у морях, ріках та озерах. Деякі види водоростей зникають при наближенні до джерел забруднення, а інші (наприклад, *Ulva lactica*) поширені за підвищеного забруднення вод. У місцях витоку стічних вод залишається лише бідна флора полісапробіонтних водоростей, що витримують велику концентрацію органічних речовин у воді і тому є індикаторами дуже забруднених вод.

Водорості бентосу є ще точнішими індикаторами санітарного стану морських вод. У бухтах Чорного моря в чистих водах живуть десятки видів діатомей, що зникають в міру забруднення води. При слабкому забрудненні з'являються полісапробіонтні діатомеї (мелозірі та ін.) На максимальне забруднення води вказує масовий розвиток *Melosira monilifoennis*.

Виявити присутність небезпечної забруднюючої речовини у водоймі можна за допомогою проявів її токсичного ефекту на рибах (табл. 8.3).

Таблиця 8.3

Деякі зовнішні ознаки отруєння риб

Токсиканти	Ознаки отруєння
Хлор	Вражені зябра та війковий епітелій. Кінчики зябер світлі. При загибелі – швидкі обертальні рухи
Важкі метали	Товста слизова оболонка тіла і зябер. На зябрах і шкірі – відклади гідроксидів відповідних солей
Фосфор	Вирячування очей
Аміак та солі амонію	Судоми, віялоподібні обертальні рухи, розширення плавників, зяброва кровотеча, рот зімкнутий. Риба тоне хвостом донизу
Залізо та його солі	На зяберних пелюстках бурий наліт гідроксиду заліза
Фтор	Водянка, вирячування очей
Мідь	Тіло вкрите голубуватим слизом
СПАР	Ураження шкіри та плавників з наступним їх руйнуванням. Зябра яскраво-червоні, запалені

Встановлено, що найбільша чутливість дефіциту кисню збігається з чутливістю до органічного забруднення. Щодо стійкості до органічних забруднень і дефіциту кисню розрізняють такі індикаторні групи організмів: полісапроби – організми, які витримують сильний ступінь дефіциту кисню (личинки комара *Chaoborus*, мухи-бджоловидки *Fristalis tenax*); мезосапроби – організми, що витримують лише середній ступінь забруднення (інфузорія парамеція, карась, короп, лин); олігосапроби – організми, які витримують лише слабкий ступінь забруднення, вимогливі до кисню (форель, багато личинок мошок).

Потреба у кисні в різних груп риб неоднакова: у форелі – висока, яка становить 7–11 см³/дм³; у піскаря, коблика – середня (5–7 см³/дм³); у плотви, йоржа – низька (4 см³/дм³); у коропа, лина – наднизька (0,5 см³/дм³).

Отже, рослини, тварини та їх угруповання представляють перспективну галузь біоіндикації через високу чутливість до змін довкілля, що відбуваються під впливом антропогенних чинників. За допомогою рослин і їх угруповань оцінюють дію та наслідки антропогенних впливів: порушення природних ландшафтів, забруднення повітря, водного середовища та ґрунтів; обґрунтовують заходи з організації екологічного моніторингу.

Запитання. Завдання

1. Визначте переваги методу біоіндикації над інструментальними методами оцінки стану природного середовища.
2. З'ясуйте сутність біоіндикації.
3. Які забруднюючі речовини, що впливають на рослинний покрив, є основними, а які другорядними?
4. Що спільного є у рослин-індикаторів і рослин-моніторів? Чим вони різняться?
5. Які рослини найчастіше використовуються як біомонітори і чому?
6. Проаналізуйте реакції рослин на забруднення.
7. У який спосіб проводять відбір і підготовку зразків біологічних матеріалів?

Короткий термінологічний словник

Абразія (лат. abrasio – зішкрябування) – руйнування берегів морів, озер, водосховищ під впливом вітрових хвиль.

Абсорбція (лат. absorptio – поглинання) – процес поглинання твердими тілами і рідинами речовини із розчину або газової суміші.

Автоматизована система контролю якості води – комплекс технічних засобів, що вимірюють у часі і просторі фізичні, хімічні і біологічні показники якості води, передають інформацію на центральний пункт управління і попереджають про порушення норм водокористування.

Автотрофи (грец. autos – сам і trophe – їжа) – організми, які самостійно утворюють органічні речовини з неорганічних – вуглекислоти, води і мінеральних солей за рахунок енергії сонячного світла (фотосинтез) чи хімічних перетворень (хемосинтез); зелені рослини, здатні здійснювати фотосинтез і використовувати мінеральні елементи для синтезування біохімічних субстанцій, необхідних для їх росту та відтворення.

Агломерація – територія з населенням понад 250 тис. осіб, визначена для цілей моніторингу та управління якістю атмосферного повітря.

Агробіогеоценоз (грец. agros – поле, bios – життя і ge – Земля) – екосистема із штучно створеним біотичним угрупованням для одержання сільськогосподарської продукції, яка характеризується нестійкістю існування без підтримки діяльністю людини.

Агролісомеліорація (грец. agros – поле і лат. melioratio – поліпшення) – система лісівницьких заходів, спрямованих на поліпшення умов росту і розвитку сільськогосподарських культур, підвищення їх урожайності, поліпшення вітрового й водного режимів полів, пасовищ та ін.

Агрофітоценози (грец. agros – поле і phyton – рослина) – угруповання рослин, штучно створювані, підтримувані і регульовані людиною.

Адаптація (лат. adaptatio – пристосовую) – пристосування системи до реальних умов.

Адсорбція (лат. ad – до, в, при і sorbere – поглинати) – процес поглинання речовин із газоподібного середовища або розчину поверхневим шаром рідини чи твердого тіла (адсорбента); здатність речовин притягувати і закріплювати на поверхні своїх часток молекули газів, парів та розчинених речовин.

Аерація (грец. аег – повітря) – природне або штучне надходження повітря у будь-яке середовище (ґрунт, воду тощо).

Аерознімання, аерофотознімання – фотографування земної поверхні з літальних апаратів для створення топографічних карт, фотопланів, фотокартза аерофотознімками із метою вивчення лісів, пошуку корисних копалин, землевпорядкування, ґрунтово-геоботанічних і гідрологічних робіт, інженерних досліджень.

Акваторія (лат. aqua – вода і terra – земля) – визначена або ізольована ділянка водної поверхні природної чи штучної водойми; ділянка водної поверхні, обмежена певною інженерною спорудою.

Активність сонячна – сукупність явищ, що спостерігаються на Сонці й істотно впливають на земні явища і процеси.

Акумуляція (середньолат. accumulatio – нагромадження) – процес нагромадження снігу або льоду в сніговому покриві чи льодовику; процес нагромадження у пониженнях місцевості, природних чи штучних водоймах, відстійниках інженерних споруд мінеральних та органічних речовин (води, солі, біомаси гідробіонтів, продуктів їх виділення та розпаду, продуктів ерозії і абразії тощо) в результаті геологічних, фізичних, хімічних, біологічних процесів і господарської діяльності людини.

Альbedo (лат. albus – білий) – відношення кількості радіації, яка відбивається від будь-якої поверхні, до кількості радіації, яка падає на цю поверхню; величина, що характеризує здатність межі розподілу двох середовищ відбивати або розсіювати падаючі на неї потоки електромагнітного випромінювання чи часток.

Альbedo Землі – відношення сонячної радіації, відбитої Землею, до всієї енергії Сонця, яка надходить до земної поверхні (А. З. ~ 0,36).

Амплітуда коливання гідрологічних характеристик – різниця між найбільшими і найменшими величинами будь-якого гідрологічного явища.

Аналіз (грец. analysis – розкладання) – метод дослідження, при якому об'єкт дослідження (предмет, явище, процес) розглядається як система, що поділяється на складові елементи для вивчення кожного із них окремо і виявлення їх ролі та місця в системі і, таким чином, структури системи; дослідження складу, структури і фізико-хімічних властивостей речовини; дослідження параметрів процесів.

Аналіз водних ресурсів – аналіз гідрологічних і метеорологічних даних по одному або кількох річкових басейнах, що здійснюється для визначення чи прогнозування водовіддачі або загального стоку з басейну (басейнів) від випадання снігу, дощових опадів і підземних вод для планування, проектування та експлуатації водогосподарських об'єктів у басейні (басейнах).

Аналіз гідрологічний — дослідження закономірностей формування і розвитку гідрологічних процесів та явищ на підставі врахування гідрометеорологічних факторів, рельєфу місцевості, геологічних умов, закономірностей стікання води у межах водозбору, що розглядається, та інших природних умов, які визначають інтенсивність розвитку і зміст елементів гідрологічного режиму, що розглядається.

Аналіз гранулометричний — аналіз, при якому визначаються розміри і кількісне співвідношення часток, що утворюють ґрунт (річкові наноси).

Аналіз кількісний — аналіз речовин, метою якого є виявлення у пробі кількості тих чи інших хімічних елементів, йонів, структур та ін.

Аналіз якісний — аналіз речовини, метою якого є визначення наявності у пробі тих чи інших хімічних елементів, структур шляхом ідентифікації атомів, йонів, молекул, радикалів та ін.

Аналізатор — прилад для визначення фізико-хімічних властивостей, вмісту і структури твердих, рідких та газоподібних речовин.

Анемометр (грец. anemos — вітер і metron — міра) — прилад для визначення швидкості чи сили вітру, газових і рідинних потоків за тиском на рухому частину приладу (анемометричну вертушку) або манометричним способом (за різницею динамічного й статичного тиску вітрового потоку).

Антициклон (грец. anti і kukion — той, що обертається) — область відносно високого тиску, яка оточена зближеними ізобарами.

Антропогенез (грец. anthropos — людина і genesis — походження) — зміна природних ландшафтів під впливом діяльності людини (антропогенних факторів), що супроводжується появою на їх місці антропогенних ландшафтів.

Антропогенні фактори — форми господарської діяльності людини, що впливають на організми чи екосистеми, природне середовище загалом.

Ареал (лат. area — площа, простір) — територія або акваторія, в межах якої поширений вид або інша таксономічна група рослин чи тварин.

Ареал екологічний — регіон, де може існувати вид рослин чи тварин залежно від наявності придатних для нього умов — відповідного комплексу екологічних факторів.

Ареал екосистеми — область поширення певної сукупності рослинних угруповань та умов їх розвитку.

Аридність (лат. aridus — сухий) — термін, що характеризує територію або кліматичні умови з дефіцитом опадів для вирощування сільськогосподарських культур без зрошення.

Асиміляційна ємність (лат. *assimilatio* – уподібнення) – максимальна динамічна місткість такої кількості забруднюючої речовини, яка може бути за одиницю часу зруйнована, накопичена, трансформована та виведена за рахунок процесів седиментації, дифузії або інших за межі об'єму екосистеми без порушення нормального функціонування.

Асиміляційна ємність морського середовища щодо забруднюючої речовини – максимальна динамічна місткість такої кількості забруднюючої речовини, яка може бути за одиницю часу зруйнована, накопичена, трансформована і виведена за допомогою процесів седиментації, дифузії або інших за межі об'єму екосистеми без порушення нормального функціонування.

Асиміляція (лат. *assimilatio* – уподібнення) – процес вбирання і засвоєння організмом речовин із навколишнього середовища та утворення із них складніших органічних речовин.

Атмосфера (грец. *atmos* – пара і *sphaira* – куля) – газова оболонка Землі; позасистемна одиниця тиску (як компонент біогеоценозу); шар повітря в ґрунті і над його поверхнею, в межах якого спостерігається взаємний вплив компонентів біогеоценозу, зокрема повітря.

Бактерії – мікроскопічні найпростіші одноклітинні організми, безхлорофільні.

Баланс водний – співвідношення між кількістю води, яка надходить, і тією, що витрачається, на будь-якому етапі кругообігу води на планеті; кількісна характеристика усіх форм надходження і витрати води в межах країни чи окремих її ділянок.

Баланс зволоження – різниця між кількістю опадів і випаровуванням за визначений період у певній місцевості (в міліметрах).

Барометр (грец. *barns* – тягар і *metron* – міра) – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Басейн водозбірний (водозбірна площа) – територія, обмежена вододілом, з якої в певну річку або водойму стікають поверхневі й підземні води.

Басейн підземних вод – зона поширення одного або кількох водоносних пластів, що мають спільний напрямок розвантаження.

Басейн річки (озера) – частина земної поверхні і товща ґрунтів, звідки вода стікає в окрему річку, річкову систему чи озеро.

Басейн річковий – обмежена вододілами територія, з якої річка чи річкова система живиться водою.

Батометр (грец. *bathos* – глибина і *metron* – міра) – пристрій для взяття проб води з певної глибини з метою визначення її фізичних

властивостей та вмісту розчинених і завислих речовин, а також гідробіонтів.

Бентос (грец. benthos – глибина) – сукупність організмів, середовищем існування яких є донні відкладення водних об'єктів.

Берег – вузька смуга суші у зоні сполучення водної поверхні водойми чи водотоку із прилеглими схилами земної поверхні, яка перебуває під безперервним і безпосереднім впливом води.

Біоіндикатори (грец. bios – життя і лат. indico – показую) – група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких у досліджуваному середовищі є показником певних природних процесів, умов або антропогенних змін зовнішнього середовища.

Біоіндикація – оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та ін.).

Біологічні показники – кількісні і якісні характеристики різних груп водного населення, що використовуються для оцінки еколого-санітарного стану водних екосистем.

Біомаса (грец. bios – життя і лат. massa – шматок) – виражена в одиницях маси або енергії кількість речовини живих організмів (популяцій, видів, групи видів, окремих живих компонентів екосистем, угруповань загалом), що припадає на одиницю площі або об'єму.

Біомоніторинг (грец. bios – життя і лат. monitor – той, що контролює) – спостереження за станом біотичної складової середовища та її реакцією на антропогенні дії.

Біосфера (грец. bios – життя і sphaira – куля) – оболонка Землі (геосфери), сформована із заселених живими організмами частин земної кори, гідросфери та нижнього шару атмосфери.

Біосферний заповідник – територія міжнародного значення, виокремлена з метою збереження різноманітності природно-територіальних комплексів і генетичних ресурсів рослинного і тваринного світу, проведення наукових досліджень, фонового моніторингу та вивчення стану довкілля.

Біота (грец. biote – життя) – історично сформована сукупність рослин і тварин, об'єднаних загальною областю поширення.

Біотестування – оцінювання рівня забруднення навколишнього середовища за допомогою біоіндикаторів.

Болото – надмірно зволожена ділянка суші з вологолюбною рослинністю, яка має шар торфу завтовшки не менш як 0,3 м.

Вегетація (лат. vegetatio – проростання) – стан активної життєдіяльності рослин, який проявляється у живленні, рості й розвитку.

Вертикаль (лат. verticalis – прямовисний) гідрологічна – прямовисна лінія від поверхні до дна водойми з відомими координатами у плані, на якій проведено гідрологічні спостереження.

Вертикаль створу – умовна вертикальна лінія від поверхні води до дна водоймища або водотоку, на якій здійснюють дослідження для отримання інформації про якість води.

Вивітрювання – процес руйнування і зміни мінералів гірських порід під впливом фізичної та хімічної дії компонентів атмосфери і гідросфери, за участю живих організмів в умовах земної поверхні і поблизу неї.

Викид в атмосферу – речовини, що надходять в атмосферу із джерел її забруднення.

Викид гранично допустимий – об'єм (кількість) шкідливої речовини за одиницю часу, перевищення якого призводить до погіршення навколишнього середовища або загрожує здоров'ю людини.

Витрата води – об'єм води, що протікає через живий переріз потоку за одиницю часу.

Відновлення – повне або часткове самовідновлення живих чи біокосних об'єктів у ході природних процесів і за допомогою людини.

Відтворення – одне з основних життєвих явищ, яке полягає в утворенні живими тілами схожих структур або таких, що частково відрізняються від вихідних.

Вода зворотна – вода, яка повертається за допомогою технічних споруд і господарських засобів до природних ланок кругообігу води (річкової, озерної, морської, літогенної) у вигляді стічної, скидної або дренажної.

Вода скидна – вода, що відводиться від зрошуваних сільгосп-угідь, присадибних ділянок, а також з територій, на яких застосовується гідромеханізація.

Вода стічна – вода, що утворюється у процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім дренажної і скидної води), а також при відведенні із забудованої території стоку атмосферних опадів.

Води ґрунтові – підземні води першого від поверхні землі постійного водоносного горизонту.

Водна екосистема – екологічна система водного об'єкта, в якій нерозривно поєднуються неживе середовище та біота (складний комплекс угруповань і популяцій рослин, тварин, мікроорганізмів).

Водні ресурси – придатні для використання води (практично всі води Землі: річкові, озерні, морські, підземні, вологість ґрунту, водяні пари атмосфери та інші).

Вододіл – лінія, яка розмежовує стік атмосферних опадів по схилах, спрямованих у різні боки.

Водозабезпеченість – ступінь відповідності потреби у воді фактичному забезпеченню водоспоживача (біотичного угруповання, місцевості, підприємства тощо).

Водозбір – частина території суші, з якої вода поверхневим чи підземним шляхом стікає в певний водний об'єкт.

Водойма – природне або штучне скупчення проточних або стоячих вод (озеро, річка).

Водокористування – використання водних ресурсів без вилучення води із водних об'єктів.

Водоспоживання – використання води з вилученням її із водойми, водотоку або підземного басейну безповоротно, із частковим чи повним поверненням у віддалене від водозабору місце чи в інший водний об'єкт у якісно зміненому стані.

Водоспоживання безповоротне – вода, яка безповоротно витрачається водоспоживачем.

Водотік – рух води в природному або штучному поглибленні у напрямку нахилу земної поверхні.

Вологість ґрунту – величина, що характеризує вмісту ґрунті вологи.

Вплив антропогенний – вплив людства на природні і штучні процеси, явища тощо.

Газоаналізатор – прилад для визначення якісного та кількісного складу газової суміші.

Геоекологія (грец. ge – Земля, oikos – середовище, logos – вчення) – розділ екології, що досліджує екосистеми (геосистеми) високих ієрархічних рівнів, аж до біосфери включно.

Геосистема – фізико-географічна одиниця розчленування оболонки Землі.

Гігрограф (грец. higrós – вологий і grapho – пишу) – самописний прилад для реєстрації відносної вологості повітря.

Гігрометр (грец. higrós – вологий і metron – міра) – прилад для вимірювання або контролювання величин, що характеризують вологість речовин у газоподібному стані.

Гідробіологічні (грец. higrós – вологий і bios – життя) **показники** – кількісні та якісні характеристики різних груп водного населення, що використовуються для оцінки еколого-санітарного стану водних екосистем.

Гідробіонти – всі живі організми (тваринні і рослинні), які розвиваються й існують у воді та донних відкладеннях водойм і водотоків.

Глобальний (франц. global – всесвітній, загальний) **моніторинг** – система спостережень за планетарними процесами і явищами, які відбуваються у біосфері, з метою оцінювання та прогнозування глобальних проблем охорони навколишнього природного середовища.

Горизонт створу – зона на вертикалі (в глибину), де виконують комплекс досліджень для отримання інформації про якість води.

Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючої речовини – максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі (НС), яка не впливає на організм людини і не зумовлює віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків.

Ґрунт – окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворюючих порід, часу.

Ґрунти засолені – ґрунти із підвищеним вмістом легкорозчинних у воді солей (хлоридів, сульфатів тощо) на глибині до 1,5 м (солончаки, солонці, деякі лучні, лучно-степові ґрунти та ін.).

Ґрунтова ерозія (лат. erosio – роз'їдання) – руйнування та вилучення ґрунтів і підстиляючих материнських порід під дією вітру, атмосферних опадів і спричинених ними схилових стоків, наслідком чого є деградація ґрунтів, забруднення водного і повітряного басейнів.

Ґрунтова провінція – таксономічна одиниця в ґрунтово-географічному районуванні, яка позначає однорідні за складом і структурою ґрунтового покриву, сукупністю факторів ґрунтоутворення і можливістю господарського використання ґрунтів території.

Ґрунтово-геоморфологічний профіль – вузька, лінійоподібна смуга земної поверхні, на якій встановлена кореляція ступеня забруднення ґрунтів з одним або кількома екологічними факторами.

Дампінг – скид та захоронення відходів у морях і океанах.

Деградовані ґрунти – ґрунти, що втратили або істотно зменшили свою родючість чи відчутно погіршили окремі властивості під впливом несприятливих природних або антропогенних чинників.

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.

Державний моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря (далі – моніторинг атмосферного повітря) здійснюється з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та проведення аналізу інформації про якість атмосферного повітря, оцінювання та

прогнозування її змін і ступеня небезпечності, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря, у сфері охорони навколишнього природного середовища, а також інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення.

Джерела живлення підземних вод — місця найінтенсивнішого поглинання атмосферних та поверхневих вод на поверхні землі, які спрямовуються на живлення підземних вод.

Добрий екологічний стан поверхневих вод — екологічний стан водних об'єктів, який свідчить, що хоча вони й зазнають впливу людської діяльності, проте мають багату, збалансовану, благополучну екосистему і воду задовільної споживної цінності.

Довжина річки — відстань від витoku річки до її гирла.

Долина річки — відносно вузьке, витягнуте у довжину, звивисте заглиблення у земній поверхні, створене віковою діяльністю стікаючої по поверхні землі води, з наявністю русла сучасного потоку, яке характеризується загальним нахилом дна від одного кінця до другого.

Достовірність прогнозування — оцінка ймовірності здійснення прогнозу для заданого певного інтервалу.

Дощі кислі — дощі, викликані забрудненням атмосфери діоксидом сірки, які призводять до загибелі організмів, зокрема риби.

Дощування — штучне зрошення сільськогосподарських полів, інших ділянок у вигляді дощу, яке створюється спеціальними установками.

Евтрофікація (грец. *eu* — добре і *trophe* — живлення) — штучне надудобрення вод внаслідок забруднення сільськогосподарськими та комунальними стоками, яке призводить до бурхливого розмноження водоростей і зниження вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах через розкладання мертвої органічної речовини, що утворюється при зростаючій седиментації.

Екологічна криза — різке погіршення умов існування людини, зумовлене антропогенною дією на навколишнє середовище.

Екологічна оцінка якості вод — віднесення вод до певного класу і категорії згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників їх складу і властивостей з наступним обчисленням та узагальненням (ручним або автоматизованим способом).

Екологічна система — функціональна природна система, утворена сукупністю взаємодіючих живих організмів і неживої природи, що займає певну територію. Е.С. в межах одного біоценозу часто називають біогеоценозом.

Екологічне нормування – комплекс заходів для встановлення граничних меж, в межах яких можуть коливатися параметри показників, які характеризують стан природного середовища.

Екологічне обмеження – система кількісних і якісних параметрів екологічної стійкості природного об'єкта, зміна яких в результаті водогосподарської і меліоративної діяльності призводить до порушення системних властивостей, функціональних характеристик об'єкта і незворотних екологічних наслідків у відповідних ландшафтно-кліматичних умовах.

Екологічні нормативи якості вод – науково обґрунтовані значення показників (гідроморфологічних, гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, мікробіологічних, радіаційних та ін.) водних екосистем, котрі відображають добрий екологічний стан водного об'єкта та цілі водоохоронної діяльності щодо покращення або збереження його екологічного благополуччя.

Екологічний (грец. oikos – оселя і logos – слово) **моніторинг** (англ. monitoring, від лат. monitor – той, що спостерігає) – комплексна підсистема моніторингу біосфери, яка охоплює спостереження, оцінювання і прогнозування антропогенних змін (біологічних, геофізичних) стану біосфери загалом і екосистем, спричинених дією забруднювачів, сільськогосподарським використанням земель, вирубуванням лісів, урбанізацією, а також оцінювання екологічної рівноваги в екосистемах.

Екологія (грец. oikos – оселя і logos – слово) – розділ біології, що вивчає взаємовідносини між живими організмами і середовищем їх існування.

Еколого-меліоративна стійкість землі – здатність геологічного середовища протистояти впливу зрошувальних меліорацій, враховуючи рівень техногенного навантаження.

Екологічний потенціал штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод – інтегрований показник стану штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, який визначається за біологічними показниками з використанням гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників.

Ерозія (лат. еговіо – роз'їдання) ґрунтів – процес розмивання або змивання ґрунтів і гірських порід водними потоками; процес руйнування гірських порід, ґрунтів чи будь-яких інших утворень із зміною властивостей і цілісності їх поверхні.

Естуарії – ділянки гідросфери, які є перехідними зонами між поверхневими водами суші та морями. В екологічному відношенні естуарії є екотонами, тобто перехідними зонами мешкання прісноводних і морських угруповань гідробіонтів.

Ефект парниковий – поступове потепління клімату внаслідок нагромадження в атмосфері діоксиду вуглецю антропогенного походження, який пропускає сонячні промені, перешкоджаючи тепловому випромінюванню з поверхні Землі.

Забруднення – занесення в середовище невластивих йому речовин, підвищення концентрації речовин, енергії чи будь-яких агентів понад норму.

Забруднення атмосферного повітря – внесення в атмосферу або виникнення в ній нових, не характерних для неї, фізичних, хімічних, біологічних речовин та перевищення природного рівня концентрацій речовин, які є складовими повітря.

Забруднювач – джерело забруднення природних вод, яке вносить до них забруднюючі речовини, гідробіоти або тепло; будь-який природний чи антропогенний фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид, що потрапив у навколишнє середовище або виник у ньому в кількостях, які перевищують його звичайний вміст.

Загальний (стандартний) моніторинг НПС – оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінки та прогнозування стану НПС регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях.

Замор – масова загибель водних тварин, головним чином риб, спричинена зменшенням кількості розчиненого у воді кисню або появою в ній отруйних речовин.

Заплава – частина дна долини річки, утворена наносами її відкладень, яка періодично заливається у повінь та паводки; частина долини річки, що періодично затоплюється водою при весняному розливі, який залишає алювій (пісок, пилуваті органічні й мінеральні частки тощо).

Заповідник – ділянка природної території, на якій на законних підставах зберігається в незайманому стані весь природний комплекс та ведуться наукові дослідження.

Засолення ґрунтів – процес накопичення розчинних солей (переважно хлористих, сірчаноокислих сполук натрію і магнію) у ґрунті, який спричинює формування солончакуватих (глибинне засолення) і солончакових (поверхнєве засолення) ґрунтів.

Зона впливу забруднення – частина потоку, в яку надходять стічні води із зони забруднення або безпосередньо зі скиду, але внаслідок невисокої концентрації забруднюючих речовин або короткотривалого забруднення в ній зберігається природний перебіг біологічних та біохімічних процесів.

Зона екологічного ризику — місце на суші та в акваторіях, де людська діяльність може спричинити загрозливі екологічні ситуації.

Зона забруднення — частина потоку, в якій при надходженні забруднюючих речовин порушуються природні біологічні і біохімічні процеси, а концентрація забруднюючих речовин перевищує прийняті норми за санітарними, рибогосподарськими та іншими показниками.

Зообентос (грец. zoon — тварина і benthos — глибина) — сукупність донних тварин, що живуть на дні або в ґрунті морських і прісних водойм.

Зоопланктон (грец. zoon — тварина і plankton — блукаюче) — сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями.

Зрошення — штучне зволоження ґрунту з метою забезпечення необхідного водного та пов'язаного з ним теплового режимів на сільськогосподарських землях, які зазнають дефіциту вологи для успішного розвитку вирощуваних культур.

Ізотерми (грец. isos — однаковий, рівний і therme — тепло) — лінії, що з'єднують на карті місцевості з однаковими температурами повітря, води або ґрунту.

Індикатор забруднення — індикатор, що сигналізує про наявність, нагромадження або зміну кількісного чи якісного складу забруднювачів у навколишньому середовищі.

Канцерогени (лат. cancer — рак і лат. genos — рід, походження) — речовини або фізичні агенти, здатні викликати утворення злоякісних пухлин або сприяти їх розвитку.

Карта забруднення ґрунту — топографічне зменшене зображення узагальненого математично визначеного розподілення забруднених ґрунтів на певній території.

Кліматичний моніторинг — система спостережень, оцінювання і прогнозування зміни клімату.

Ключова ділянка — ділянка (площа 1–10 га), яка характеризує типові поєднання ґрунтових умов і умов рельєфу, рослинності та інших компонентів фізико-географічного середовища.

Колориметр — прилад для вимірювання кольору.

Комплексне оцінювання забрудненості поверхневих вод — інформація про забруднення або про якість води, виражена за допомогою певних систем показників або обмеженої сукупності характеристик її складу і властивостей, які порівнюються з критеріями якості води чи нормативами для певного виду водокористування чи водоспоживання.

Контроль — перевірка відповідності контрольованого об'єкта встановленим вимогам.

Кумуляція – збільшення, збирання, нагромадження діючих елементів у навколишньому середовищі.

Ландшафт антропогенний – ландшафт, змінений і перетворений діяльністю людини, технічними й транспортними спорудами.

Лімітуюча ознака шкідливості (ЛОШ) – ознака шкідливості, яка з'являється при найменшій концентрації речовини.

Лісистість – відношення вкритої лісом площі до загальної площі району, області, краю, виражене у відсотках.

Літосфера – верхня тверда оболонка Землі, яка сягає в глибину до 70 км.

Льодостав – фаза льодового режиму, що характеризується наявністю льодового покриву.

Максимально разова гранично допустима концентрація (ГДКм.р.) – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, яка встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткотривалому впливі атмосферних домішок.

Масив поверхневих (підземних) вод (МПВ) – окремий та значний елемент поверхневих (підземних) вод, на який спрямована головна стратегічна мета – досягнення доброго екологічного стану.

Масиви поверхневих вод – поверхневі водні об'єкти або їх частини, для яких встановлюються екологічні цілі та які використовуються для оцінки досягнення цих екологічних цілей.

Межа екосистеми – перехідна смуга, в межах якої змінюється співвідношення екологічних компонентів, факторів середовища та видовий склад біоти.

Межень – фаза водного режиму річок, яка характеризується малою водністю, тривалим збереженням низького рівня води і виникає внаслідок зменшення живлення водотоку.

Меліоративний (лат. melioratio – поліпшення) моніторинг – система спостережень, оцінювання, прогнозування та прийняття рішень з метою оптимізації меліорованих земель і прилеглих до них територій.

Меліорація (лат. melioratio – поліпшення) – сукупність організаційно-господарських і технічних заходів по докорінному поліпшенню земель із несприятливими водним і повітряним режимами, хімічними та фізичними властивостями або земель, що зазнають шкідливої механічної дії води чи вітру.

Метод польовий (в екології) – метод, що передбачає вивчення об'єкта у досліді, здійснюваному безпосередньо в польових умовах.

Методи досліджень дистанційні – система вивчення природно-територіальних комплексів, їхніх компонентів, факторів, що на них діють, за допомогою чутливих елементів і приладів, які розташовані на відстані від досліджуваного об'єкта чи від спостерігача.

Міграція (лат. migratio – переселення) – переміщення тварин і рослин у просторі; переселення, переміщення населення як усередині країни, так із однієї країни в іншу.

Мікроорганізми (грец. mikros – малий і лат. Organismus – організм) – тваринні і рослинні організми, які можна побачити лише під мікроскопом.

Мінералізація – процес перетворення органічних речовин (решток рослин і тварин) у мінеральні, що відбувається за допомогою мікроорганізмів; концентрація солей у водах.

Моніторинг (англ. monitoring, від лат. monitor – той, що контролює, попереджує) **довкілля** – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом з метою раціонального використання природних ресурсів і охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

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

Моніторинг ґрунтового покриття – система стійких спостережень, діагностування, прогнозування та вироблення рекомендацій щодо управління станом ґрунтів з метою збереження і відтворення їх родючості.

Моніторинг кліматичний – система спостережень, оцінювання й прогнозування зміни клімату.

Моніторинг навколишнього середовища – спостереження за станом навколишнього середовища з метою запобігання виникненню критичних ситуацій (підвищенню загазованості повітря тощо), шкідливих або загрозливих для здоров'я людей і живих організмів.

Моніторинг поверхневих вод – система послідовних спостережень, збирання, оброблення даних про стан водних об'єктів, прогнозування їх змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень, які можуть позначитися на стані вод.

Мутність води – вміст завислих речовин в одиниці об'єму суміші води з наносами.

Навантаження антропогенне – ступінь прямого і непрямого впливу діяльності людини на природу в цілому або на її окремі компоненти.

Надійність екологічна – здатність екосистеми повністю самовідновлюватися й саморегулюватися (у межах природних для системи добових, сезонних, річних та вікових коливань) протягом певного періоду її існування.

Надійність природної системи – здатність природної системи (біогеоценозу, ландшафту тощо) практично нескінченно функціонувати (у межах природних коливань) без різких змін структури та функцій.

Ніша екологічна – фізичний простір з властивими йому екологічними умовами, що визначають існування будь-якого організму; місце виду в природі, яке включає не лише положення його в просторі, а й функціональну роль у біоценозі та ставлення до абіотичних факторів середовища існування.

Норма санітарно-гігієнічна – якісно-кількісний показник стану навколишнього середовища, дотримання якого гарантує безпечні або оптимальні умови існування живих організмів.

Об'єм стоку – кількість води, що протікає через розрахунковий створ водотоку за певний період часу; об'єм води, який надходить із водозбору за певний інтервал часу.

Оперативний (кризовий) моніторинг довкілля – спостереження за спеціальними показниками у реальному масштабі часу на мережі пунктів за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначають як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками з метою забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення безпечних умов для населення.

Оптимізація навколишнього середовища – система заходів з приведення навколишнього середовища у стан, який найбільше відповідає потребам життя і діяльності людини.

Опустелювання – виснаження аридних та напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух.

Охорона вод – заходи, спрямовані на збереження кількості і якості підземних та поверхневих вод в інтересах народного господарства, зокрема роботи по збереженню водоохоронної зони лісів, запобіганню ерозії, очищенню вод, які скидаються промисловими підпр

иємствами, тощо.

Охорона навколишнього середовища — комплекс законодавчих, адміністративних, економічних, технологічних та інших заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, оптимізації біосфери, гармонійної взаємодії людини з природою.

Охорона природного середовища — комплекс міжнародних, державних та регіональних адміністративно-господарських, соціально-політичних і громадських заходів, спрямованих на забезпечення фізичних, хімічних та біологічних параметрів раціонального функціонування природних систем у межах, необхідних для збереження оптимального стану навколишнього середовища.

Очищення води — усунення сторонніх домішок із води механічними, фізико-хімічними і біологічними методами.

Паводок — швидке, порівняно короткочасне підвищення рівня води у будь-якому фіксованому створі річки, яке завершується таким же швидким спадом.

Перехідні води — поверхневі води, що належать до систем естуаріїв. Характеризуються частковою солоністю внаслідок зв'язку з прибережними морськими водами, але на них суттєво впливає надходження прісної води.

Парки національні — ділянки території (акваторії) з малопо-рушеним природним комплексом, часто з унікальними об'єктами (водоспадами, каньйонами, гейзерами тощо), що охороняються.

Перифітон — поселення водних рослин і тварин на підводних скелях, камінні, річкових суднах, сваяхта інших об'єктах.

Період вегетації — час, необхідний для проходження повного циклу розвитку рослин.

Пестициди (лат. *резбю* — зараза, *чума* і *саесіо* —убиваю) — загальна назва хімічних речовин, що використовуються для знищення або зменшення чисельності патогенних бактерій (бактерициди), грибів (фунгіциди), нематод (нематоциди), шкідливих комах (інсектициди), кліщів (акарициди), хребетних тварин (зооциди), бур'янів (гербіциди).

Площа водозбору діюча — частина площі водозбору, з якої здійснюється стік при даному шарі опадів, що надходять на поверхню водозбору.

Поверхневі води — води суходолу, що постійно або тимчасово перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів у рідкому (водотоки, водойми) і твердому (льодовики, сніговий покрив) стані.

Повінь — фаза водного режиму річок, яка характеризується найбільшою водністю, значним, відносно тривалим підвищенням рівня води і спостерігається щороку в один і той же сезон.

Показники якості води гідробіологічні — показники якості води, які визначають при гідробіологічному аналізі: біомаса живих рослинних і тваринних організмів, чисельність популяцій, колі- титр, колі-індекс, сапрофіти та ін.

Пост водомірний — обладнання для систематичного вимірювання рівня води в річках, морях, озерах, каналах.

Пост гідрологічний — пункт на водному об'єкті, обладнаний приладами і пристроями для проведення систематичних гідрологічних спостережень.

Прибережні води — поверхневі води, що простягаються у бік до берега від лінії, кожна точка якої розташована на відстані однієї морської милі у бік до моря від найближчої точки базової лінії, від якої вимірюється ширина територіальних вод. Крім того, там, де це доцільно, ця лінія простягається до зовнішньої межі перехідних (проміжних) вод.

Природний стан поверхневих вод — стан поверхневих вод, який існував чи може існувати за умов відсутності чи незначного впливу людської діяльності; якість води при цьому характеризується фоновими (природними, еталонними) значеннями показників якості.

Прогноз зміни середовища — передбачення сталих змін у природному середовищі внаслідок складних ланцюгових реакцій, пов'язаних як із прямим впливом людини на середовище, так і з віддаленими опосередкованими наслідками таких впливів.

Прогнозування якості поверхневих вод — наукова діяльність, спрямована на виявлення та вивчення можливих альтернатив майбутнього розвитку загального стану та змін якісних і кількісних характеристик води.

Програма спостережень — теоретично і експериментально визначена оптимальна кількість показників і послідовність досліджень, які дають змогу отримати повну і достовірну інформацію про якість води у певному місці у визначений час.

Програма спостережень — оптимальна кількість показників, що характеризують якість води у певному місці та у певний час.

Продуктивність екосистеми — кількість живої речовини, що утворюється в екосистемі протягом року на одиницю площі чи об'єму води.

Психрометр — прилад для вимірювання вологості повітря.

Пункт спостережень за забрудненням атмосферного повітря (далі — пункт спостережень) — комплекс, що включає фіксовану ділянку з встановленими засобами вимірювальної техніки та обладнанням, яке забезпечує автоматичну реєстрацію рівня забруднюючих речовин та метеорологічних параметрів або регулярний відбір проб атмосферного повітря для їх подальшого аналізу.

Пункт спостереження за якістю поверхневих вод – місце на водоймищі або водотоці, де проводять комплекс робіт для одержання даних про якісні і кількісні характеристики води.

Радіоекологічний моніторинг – комплексна інформаційно-технічна система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану біосфери, територій поблизу АЕС, потерпілих від радіаційних аварій.

Режим ґрунту водний – сукупність явищ, що визначають надходження, переміщення, витрату й використання рослинами ґрунтової вологи.

Режим річок – закономірні зміни (добові, сезонні, багаторічні) рівнів і витрат води, швидкості течії, температури і льодових явищ, хімічного складу води, а також рельєфу русла, характеру берегів тощо.

Рекультивация – штучне відновлення ґрунтового і рослинного покривів після техногенного порушення природи.

Референційні (еталонні) умови – умови, що створюються в екосистемах, які перебувають у природному або неістотно порушеному стані. Такий стан визначається, як стан будь-якого водного об'єкта (на цей час або в минулому), за якого відсутні (спостерігаються в незначному обсязі) зміни величин гідроморфологічних, фізико-хімічних та біологічних складових якості, які могли б існувати за відсутності антропогенного втручання.

Речовина антропогенна – хімічна сполука, введена у сферу Землі завдяки діяльності людини.

Речовина забруднююча – будь-яка хімічна речовина, тепло або біологічний вид, що в результаті господарської діяльності потрапляють у водний об'єкт або виникають у ньому в кількостях, які виходять за природні допустимі коливання або за середній природний фон, що призводить до погіршення якості води для водокористування і водопостачання.

Ризик екологічний – можливість несприятливих для екологічних ресурсів наслідків будь-яких антропогенних змін існуючих природних об'єктів і факторів.

Рівень води максимальний – найвище положення рівня води в момент найбільшого наповнення русла річки, водосховища, озера.

Рівень радіоактивності – сумарна інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у навколишньому середовищі. Залежить від природного фону радіоактивності й кількості антропогенних радіоактивних забруднювачів середовища.

Річки (ріки) – водні потоки, що течуть у природних руслах і живляться за рахунок поверхневого і підземного стоків з їх басейнів.

Родючість – здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в

елементах живлення, воді, забезпечувати кореневі системи достатньою кількістю кисню, тепла для нормальної життєдіяльності.

Рослина-індикатор — рослина, у якої ознаки ушкодження виявляються при впливі фітотоксичної концентрації забруднюючих речовин або їх суміші.

Рослина-монітор — рослина, за ознаками ушкодження на якій можна отримати інформацію про кількість забруднюючих речовин або їх суміші у довкіллі.

Самоочищення — сукупність фізичних, хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, які зумовлюють розклад, утилізацію забруднюючих речовин, що частково відновлює природну якість морських вод.

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) — ділянки землі навколо підприємств, які створюють з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Сапробіонти (грец. заргог — гнилий і Біоп (Біопіоз) гой, що живе) — організми, що існують у водах, забруднених органічними речовинами.

Сапробність (грец. саpгос — гнилий) — комплекс фізико-хімічних властивостей організму, що зумовлює його здатність існувати у водах, забруднених органічними речовинами; забруднення води органічними речовинами.

Седиментація — процес осадження дрібних часточок під дією гравітаційного поля або центробіжних сил.

Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДКс.д.) — характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини.

Середовище — сукупність умов, які діють на організм, популяції або біоценоз, викликаючи відповідну їх реакцію, забезпечуючи існування їх і обмін речовин та енергії.

Смуга відчуження — територія обабіч залізниць (по 50 м) та автошляхів (по 25 м), що використовується за транспортним призначенням і вилучена з іншого землекористування.

Смуга захисна — лісові й незаліснені площі, виділені для захисту доріг від снігових, піщаних, пилових заносів та для виконання санітарно-гігієнічних і естетичних функцій.

Солоність води — вміст розчинних солей у природних водах (прісна вода — до 0,5–1 г/л, солонувата — від 1 до 3, слабосолонна — від 3 до 10, солонна і дуже солонна вода — від 10 до 50, розсіл, або ропа, — понад 50 г/л.)

Спостереження візуальні — метод визначення стану водного об'єкта шляхом безпосереднього його огляду.

Створ пункту спостереження – умовний поперечний переріз водоймища або водотоку, де проводиться комплекс робіт для отримання інформації про якість води.

Стійкість екологічна – властива системі внутрішня здатність протистояти змінам, зберігати свою структуру і функціональні особливості при дії зовнішніх факторів.

Тип ґрунту – опорна; основна одиниця систематики ґрунтів, яка об'єднує ґрунти одного типу ґрунтотворення, подібні за будовою генетичного профілю, процесами мінералізації органіки, біохімічними процесами, розміщенням у схожих природних умовах.

Фітомеліорація (грец. phyton – рослина і лат. melioratio – поліпшення) – система заходів, спрямована на поліпшення природних умов шляхом регламентованого використання і культивування рослинних угруповань (створення лісосмуг, вирощування меліорантних культур тощо).

Фітопланктон (грец. phyton – рослина і plankton – блукаюче) – сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води морських та прісних водоймищ і пасивно переносяться течіями.

Фітоценоз, рослинне угруповання (грец. phyton – рослина і koinos – загальний) – сукупність рослинних організмів на порівняно однорідній ділянці, які перебувають у складній взаємозалежності один з одним, з тваринами і з навколишнім середовищем.

Фонова концентрація – статистично вірогідна максимальна концентрація, (Сф, мг/м³), яка характеризує забруднення атмосфери.

Фоновий моніторинг – багаторічні комплексні спостереження за визначеними об'єктами природоохоронних зон для оцінювання і прогнозування змін стану екосистем, віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності.

Хімічне забруднення ґрунту – зміна природного хімічного складу ґрунту внаслідок проникнення в ґрунт нехарактерних для нього речовин або збільшення концентрацій природних речовин до величин, що перевищують норму.

Чинник – діяльність людини, що може впливати на стан масиву поверхневих вод.

«Цвітіння» води – масовий розвиток фітопланктону, що викликає зміну забарвлення води, значне погіршення умов існування у водоймах, особливо кисневого режиму.

Якість атмосферного повітря – сукупність властивостей повітря, яка визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних факторів на людей, рослинний та тваринний світ, а також на матеріали, конструкції і довкілля загалом.

Література

1. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України. К., 1991.
2. Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища (чинна редакція від 08.09.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#top> (дата звернення: 20.04.2023).
3. Положення про державний моніторинг навколишнього середовища. К., 1993. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/785-93-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
4. Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря на території України : Постанова КМУ № 1073 від 04.11.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
5. Порядок здійснення державного моніторингу вод : Постанова КМУ № 758 від 19.09.2018 р. (чинна редакція від 08.09.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
6. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативне забезпечення) / за заг. ред. акад. УААН В. П. Патики, акад. УААН О. Г. Тараріка. Київ, 2002. 295 с.
7. Багров М. В., Боков В. О., Черваньов І. Г. Землезнавство : підручник. К. : Либідь, 2000. 464 с.
8. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології: теорія й практикум : навч. посіб. К. : Лібра, 2002. 352 с.
9. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології : підручник для ВНЗ. К. : Либідь, 2004. 408 с.
10. Булдей В. Р., Вознюк С. Т. Осушительные мелиорации и охрана природы. Львов : Вища школа; Изд-во при Львовском гос. ун-те, 1987. 154 с.
11. Веремеенко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України : монографія. Луцьк : Надстир'я, 1997. 312 с.
12. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text (дата звернення: 20.04.2023).
13. Горев Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Радіоактивність природних вод : навч. посіб. Київ : Вища школа, 1993. 174 с.

14. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). Рівне : ППФ «Волинські обереги», 1999. Т. I. 348 с.
15. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Волкова Л. А. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). Рівне : ППФ «Волинські обереги», 1999. Т. II. 148 с.
16. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
17. Допустимі норми вмісту радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 в продуктах харчування та питній воді. ДР-2006 № 845/12719 від 17.07.2006 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
18. Клименко М. О., Гроховська Ю. Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими рослинами : монографія. Рівне : НУВГП, 2005. 194 с.
19. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля : підручник. К. : Видавничий центр «Академія», 2006. 360 с. (Альма-матер).
20. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Фізика ґрунту : навч. посіб. К. : Видавництво, 2018. 289 с.
21. Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19#top> (дата звернення: 20.04.2023).
22. Порядок визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
23. Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів : Постанова КМУ від 19 березня 1997 р. № 244. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/244-97-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.04.2023).
24. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / В. В. Медведєв, Г. Я. Чесняк, Т. М. Лактіонова та ін. ; за ред. В. В. Медведєва. К. : Урожай, 1992. 248 с.
25. Чорнобильська катастрофа / за ред. В. Г. Бар'яхтара. К. : Наукова думка, 1996.

Навчальне видання

Клименко Микола Олександрович
Прищепя Алла Миколаївна
Вознюк Наталія Миколаївна

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

Підручник

Видання 2-ге, доповнене та перероблене

Друкується в авторській редакції

Технічний редактор

Галина Сімчук

Підписано до друку 27.01.2023 р. Формат 60×84^{1/16}.
Ум.-друк. арк. 20,4. Обл.-вид. арк. 22,7.
Тираж 100 прим. Зам. № 5612.

Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
РВ № 31 від 26.04.2005 р.