

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою Національного університету біоресурсів і
природокористування України як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів

Київ – 2023

ББК 28.081

А 49

УДК 504.06

Рекомендовано Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (протокол № 5 від 22.11.2023 р.).

Рецензенти:

Мальований Мирослав Степанович – завідувач кафедри прикладної екології та збалансованого природокористування Національного технічного університету "Львівська політехніка", докт.техн. наук, професор;

Дем'янюк Олена Сергіївна – заступник директора з наукової роботи Інститут агроекології і природокористування НААН докт. с-г наук, професор, член-кореспондент НААН

Гудков Ігор Миколайович, професор кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності Національного університету біоресурсів і природокористування України, докт. біол. наук професор.

Екологічний моніторинг: навчальний посібник / В.М Боголюбов,

M77 *А.В.Сальнікова, О.О. Ракоїд // за ред. проф. В.М. Боголюбова. – Київ: НУБіПУ, 2023. – 200 с.*

ISBN 978-966-641-373-7

У навчального посібнику висвітлені методичні основи організації післяпроектного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, морів та океанів, ґрунту та ландшафтів. Розглянуто практичні аспекти екологічного моніторингу довкілля в контексті формування Національного реєстру викидів та перенесення забруднювачів, описані особливості організації системи моніторингу різних рівнів, а також розглянуто сучасні методи і засоби моніторингових досліджень.

Авторами враховані останні зміни в структурі державної системи моніторингу довкілля України в контексті адаптації законодавства відповідно до останніх Директив Євросоюзу.

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

УДК 504.06

ББК 28.081

ISBN 978-966-641-373-7

© В.М. Боголюбов,

© А.В. Сальнікова

© О.О. Ракоїд,

2023

Зміст

	С.
ВСТУП	5
Розділ 1. Основні поняття, визначення і класифікація систем екологічного моніторингу.....	6
1.1. Загальні положення екологічного моніторингу.....	6
1.2. Законодавча база формування системи моніторингу довкілля.....	10
1.3. Види та рівні екологічного моніторингу	12
1.4. Державна система моніторингу довкілля України.....	19
Розділ 2. Особливості організації після-проектного моніторингу	26
2.1. Оцінка впливу на довкілля.....	25
2.2. Основні положення звіту з оцінки впливу господарської діяльності та навколишнє природне середовище.....	29
2.3. Організація після-проектного моніторингу.....	31
Розділ 3. Моніторинг стану атмосферного повітря	35
3.1. Законодавча база України щодо моніторингу показників якості атмосферного повітря	35
3.2. Забруднення атмосферного повітря.....	37
3.3. Методи вимірювання показників якості атмосферного повітря.....	44
3.4. Пости спостережень – категорії, розміщення і кількість	45
3.4. Сучасні автоматичні станції моніторингу атмосферного повітря ...	49
3.5. Планування заходів щодо збереження якості повітря.....	53
Розділ 4. Моніторинг поверхневих вод.	56
4.1. Основні положення про систему моніторингу поверхневих вод.....	56
4.2. Джерела і види впливу на водні об'єкти суші	58
4.3. Пункти спостереження за станом поверхневих вод.....	64
4.4. Методи та терміни відбору проб води	68
Розділ 5. Моніторинг морів та океанів	74
5.1. Моніторинг вод морів і світового океану	74
5.2. Екологічний стан Чорного й Азовського морів	79
Розділ 6. Моніторинг геологічного середовища	84
6.1. Геологічне середовище, терміни і визначення	84
6.2. Особливості організації державної системи моніторингу ґрунтів	88
6.3. Особливості ґрунтового моніторингу в системі розумного землеробства	98

Розділ 7. Біотичний моніторинг	106
7.1. Поняття біотичного моніторингу та його особливостей.....	106
7.2. Біоіндикація за допомогою тварин	110
7.3. Моніторинг лісових екосистем	111
Розділ 8. Моніторинг ґрунтів в органічному виробництві сільськогосподарської продукції.....	115
8.1. Основи органічного виробництва продукції рослинництва	115
8.2. Моніторинг ґрунтів при проведенні сертифікації виробників сільськогосподарської продукції рослинництва.....	118
Розділ 9. Моніторингові дослідження в контексті Національного реєстру викидів та перенесення забруднювачів	120
9.1. Функції суб'єктів правовідносин у сфері реєстрації викидів та перенесення забруднювачів і відходів	120
9.2. Формування бази моніторингових даних для звіту оператора про викиди та перенесення забруднювачів і відходів	123
9.3. Організація проведення моніторингу з врахуванням Реєстру викидів та перенесення забруднень	125
Розділ 10. Наукова підтримка управлінських рішень	128
10.1. Математичні методи аналізу екологічної інформації.....	128
10.2. Методи ГІС/ДЗЗ-технологій	133
10.3. Методи прогнозування змін стану довкілля	135
10.4. Основи теорії прийняття рішень.....	140
10.5. Особливості екологічного управління	143
Розділ 11. Моніторинг наслідків воєнних дій	154
11.1. Екологічні наслідки воєнних дій в Україні	154
11.2. Державна політика в сфері забезпечення сталого управління природними ресурсами.....	156
ГЛОСАРІЙ	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	177
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	179
ДОДАТКИ	185

ВСТУП

Навчальна дисципліна “Екологічний моніторинг” відноситься до найважливіших прикладних дисциплін екологічного спрямування, яка забезпечує формування фахові компетентності майбутнього еколога освітнього ступеня "Магістр" для отримання інформації про стан екологічних систем з метою наукового обґрунтування управлінських рішень для своєчасного попередження можливих негативних змін в будь-яких компонентах довкілля, а також недопущення надзвичайних ситуацій.

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

Згідно з положеннями стандарту вищої освіти з спеціальності 101 Екологія головною метою навчальної дисципліни є формування у майбутніх фахівців-екологів знань, умінь та практичних навичок для одержання інформації про поточний стан довкілля, а також здатність оцінювати рівні шкідливого впливу антропогенних навантажень, прогнозувати можливі зміни стану довкілля для розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо підтримки управлінських рішень та проведення природоохоронних заходів.

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

Розділ 1. Основні поняття, визначення і класифікація систем екологічного моніторингу

1.1. Загальні положення екологічного моніторингу

Як відомо, навколишнє природне середовище піддається природним впливам, що призводять до змін у ньому, зокрема, метеорологічних, сейсмічних, гравіметричних параметрів довкілля. Ці зміни потрібно фіксувати та досліджувати, цим займаються спеціальні служби. Для дослідження антропогенного впливу організуються спеціальні спостереження за змінами стану біосфери під впливом людської діяльності.

Наукова концепція SCOPE (Науковий комітет з проблем навколишнього середовища) вважає систему повторних спостережень за одним чи більше компонентом довкілля у просторі і в часі відповідно до наперед поставленою метою та за наперед підготовленою програмою **моніторингом**.

В свою чергу, поняття “**моніторинг**” почали використовувати після проведення Конференції ООН з проблем середовища, що оточує людину (Стокгольм, 1972 р.). Перші пропозиції щодо необхідності організації системи спостереження, аналізу і прогнозування стану довкілля (моніторингу) розробили експерти організації державних підприємств SCOPE (1971 р.). Складові елементи моніторингу, як системи були вперше описані у роботі канадського вченого Р. Манна (R. Mann, 1973).

Обговорення системи моніторингу активізувалось перед першою міжурядовою нарадою з питань моніторингу (Найробі, 1974 р.), зокрема, створили Програму ООН з проблем навколишнього середовища (UNEP). Це відбулося, бо перед міжнародною спільнотою постали глобальні екологічні проблеми, а саме: активізація деградаційних процесів, порушення природної рівноваги у екосистемах, глобальне забруднення природного середовища, тощо. Результатом наради стало затвердження положення моніторингу навколишнього, розроблення основи глобальної системи моніторингу довкілля. Іншим напрямком діяльності наради стала розробка стратегії своєчасного попередження про загрозу здоров'ю людини, стихійного лиха та формування протидії порушенням екологічної рівноваги, що може призвести до збільшення кількості екологічних порушень у біосфері. Матеріали цієї наради набули подальшого розвитку та їх схвалили на інших сесіях Програми UNEP і одержали визнання в світі (R. Mann, 1973).

І.П. Герасимов (Герасимов, 1975, 1976) сформував наукові основи сучасного моніторингу навколишнього середовища, а також досліджував міжнародні аспекти глобальної системи моніторингу.

В свою чергу, визначення основних завдань екологічного моніторингу та обговорення його складових елементів, обґрунтування та реалізація системи моніторингу, відбулись на міжнародному симпозіумі по комплексному глобальному моніторингу забруднення навколишнього природного середовища (грудень 1978 р.).

На думку професора Ю. Ізраеля, “моніторинг довкілля” замінив термін “екологічний контроль”, оскільки включає спостереження за природним середовищем та аналіз отриманої інформації, яка використовується для управління навколишнім середовищем. Також він обґрунтував необхідність проведення екологічного моніторингу навколишнього природного середовища та комплексної системи його проведення (Ізраель, 1984).

Екологічний моніторинг (моніторинг довкілля) є багатофункціональною інформаційною системою і включає наступні напрями його проведення:

1) *спостереження* за станом довкілля та факторами, які впливають на його або його окремі елементи (наперед визначаються основні елементи довкілля та найсуттєвіші фактори та джерела антропогенного впливу);

2) *оцінку* фактичного стану всіх елементів довкілля та порівняння отриманих даних із нормативами;

3) *прогноз* стану довкілля і оцінку прогнозованого стану довкілля;

4) *розробка* науково-обґрунтованих *рекомендацій* для допомоги у прийнятті управлінських рішень державними або місцевими органами влади. Рішення повинні бути направлені на запобігання негативним змінам стану окремих елементів довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки (науково-інформаційна підтримка прийняття управлінських рішень).

Таким чином, **моніторинг довкілля** – це система спостережень, оцінки та прогнозу стану довкілля, яка забезпечує науково-інформаційну підтримку прийняття управлінських рішень державними або місцевими органами влади.

Для управління станом навколишнього природного середовища необхідно сформувати повноцінну систему моніторингу, яка дозволить виявити критичні ситуації та фактори, які впливають на досліджувані природні системи та наявні індикатори, які є чутливими до цього впливу.

Під час проведення моніторингу довкілля необхідно враховувати дані як про абіотичні фактори і про стан біоти, а також про функціонування екосистем та реакції екосистем на можливі зміни.

Моніторинг як система має свою структуру, тобто блоки, зокрема, блок спостереження, блок оцінки стану системи, блок прогнозу майбутнього стану системи, блок оцінки прогнозованого стану системи та блок наукової підтримки прийняття управлінських рішень органами влади різних рівнів (рис. 1.1).

Блоки «Спостереження» і «Прогноз стану» не можуть існувати один без одного, скільки прогноз ймовірних змін у довкілля може бути проведений лише за наявності достатнього масиву даних про його фактичний стан (прямий зв'язок).

Побудова прогнозу, з одного боку, має на меті знання закономірностей змін стану природного середовища, присутність схеми і можливостей кількісного розрахунку, а з іншого боку – спрямованість прогнозу в значній мірі повинна визначати структуру і склад мережі спостереження (зворотний зв'язок).

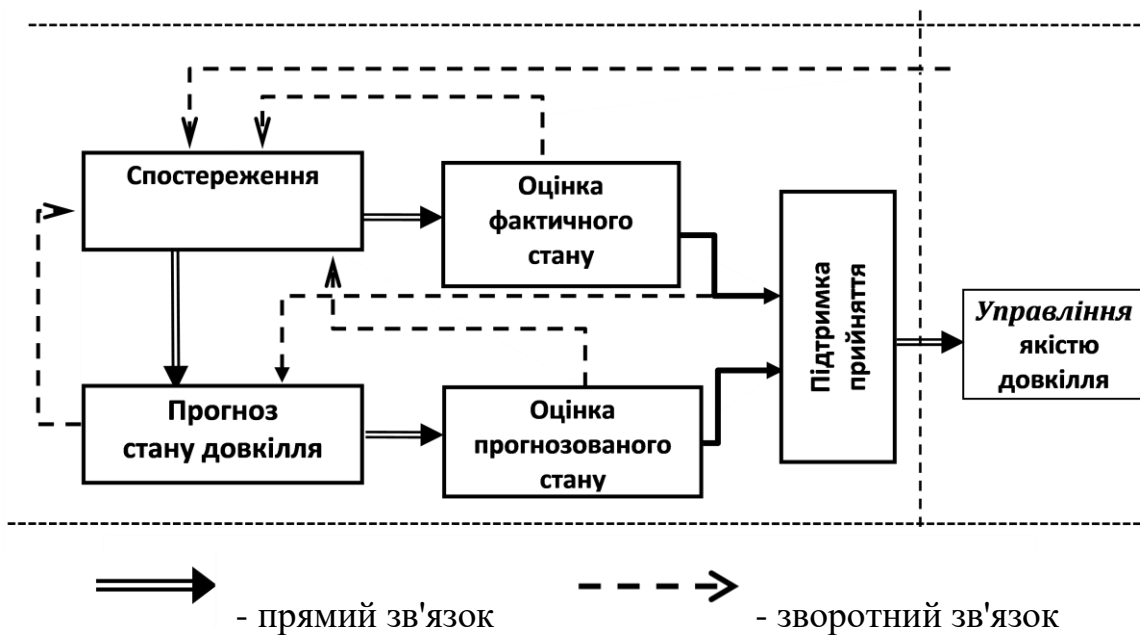


Рисунок 1.1. – Структурна схема системи моніторингу довкілля

Масив даних про стан навколишнього природного середовища, які отримані в результаті спостережень чи прогнозування оцінюються відповідно до області людської діяльності за допомогою спеціальних обраних або розроблених критеріїв. Проведення такої оцінки забезпечує визначення збитків від впливу певної антропогенної діяльності, а також оптимізацію навантаження на навколишнє природне середовище із врахуванням екологічної ємності довкілля. В результаті такого оцінювання обов'язковим є врахування нормативних показників певного виду навантажень на навколишнє природне середовище та врахування інтегральних показників. Окрім цього вимірювання також важливий етап проведення моніторингу та є першим етапом оцінки стану довкілля, що дозволяє отримати миттєве розуміння про його стан за якісними показниками.

При визначенні допустимих для екосистеми антропогенних навантажень (на фоні природних змін її стану) необхідно виходити з екологічного резерву даної системи (або її асиміляційної ємності) та інтервалу допустимих коливань її стану (в межах гомеостатичного плато, а інколи і за його межами). Не потрібно забувати, що природні екосистеми володіють стійкістю, яка впливає на перебіг реакції на дію екологічних факторів. Під час визначення екологічного резерву екосистеми потрібно визначити критичні фактори антропогенних впливів і критичні системи у біосфері, порушення яких призводить до швидких, іноді лавиноподібних змін у природному середовищі.

Сукупність антропогенних факторів, що мають суттєвий вплив на довкілля та здоров'я людини (рис.1.2) різноманітний: забруднення природного середовища різними речовинами; фізичний (в тому числі механічний, радіаційний, електромагнітний тощо) вплив; вилучення поновлюваних і неоновлюваних ресурсів і т.д.

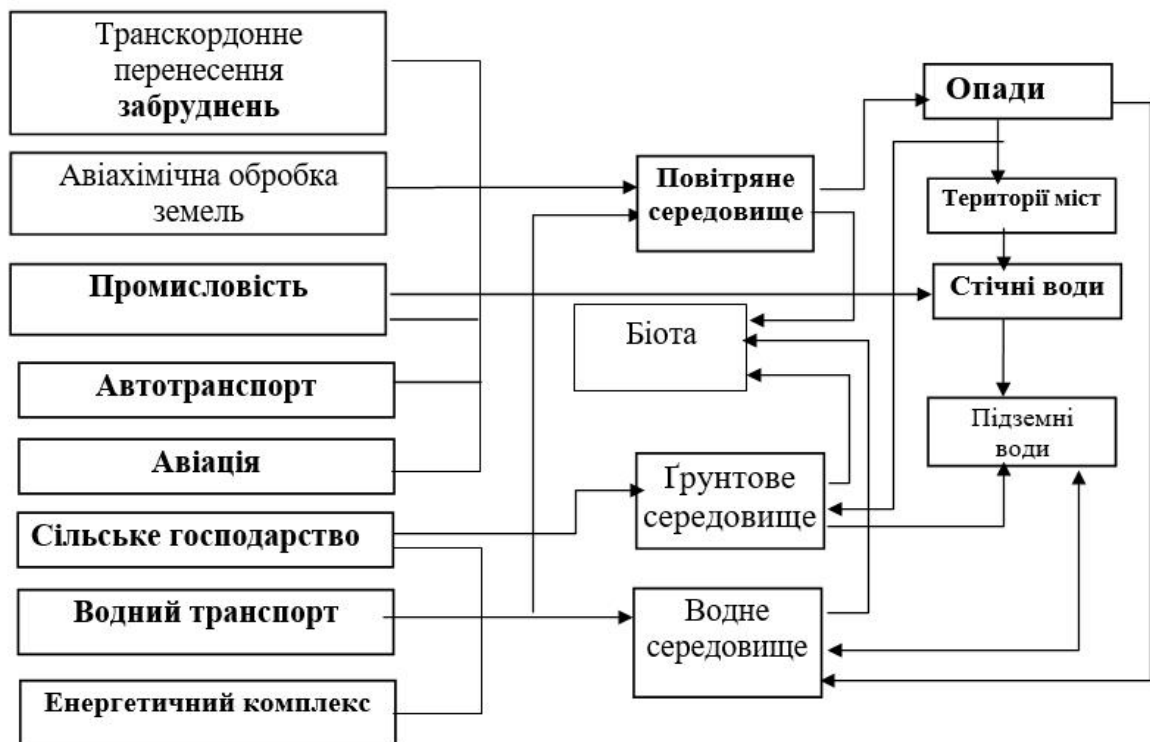


Рис. 1.2 – Блок-схема впливу основних джерел забруднення на біосферу

В процесі моніторингу проводиться вивчення негативних наслідків антропогенних впливів для попередження або зменшення економічних збитків та визначення впливу на здоров'я населення території, яка зазнала негативного впливу.

Найбільш серйозні проблеми можуть бути пов'язані з антропогенним впливом на довкілля характеризуються масштабністю ефектів та ознак змін аж до глобального рівня. Серед глобальних екологічних проблем, пов'язаних з антропогенним впливом основними є:

- втрата біологічної різноманітності;
- можливі глобальні зміни клімату – глобальне потепління;
- ризик порушення озонового прошарку – озонові „дірки”;
- деградація ґрунтів – ерозія, дефляція, закислення ґрунтів за рахунок розповсюдження оксидів сірки та азоту і випадання кислотних дощів;
- забруднення Світового океану;
- можливі зміни електромагнітних властивостей атмосфери.

Фактором, який може суттєво впливати на зміни клімату є велика концентрація забруднюючих речовин, зокрема у вигляді аерозолів, що призводить до нагрівання атмосфери в результаті чого відбувається зміна її радіаційного балансу. Інший фактор – зміна альbedo підстилаючої поверхні у зв'язку із використанням іригаційних споруд, зростанням темпів урбанізації, зменшенням площ зелених насаджень призводять. Зміна клімату, зокрема, його потепління викликане накопиченням в тропосфері діоксиду вуглецю та деяких інших речовин, які поглинають довгохвильове випромінення земної поверхні. Поява нафтових плівок в океані порушує енергетичний і газовий обмін між океаном і атмосферою. Дифузія галогенів та сполук азоту в стратосферу змінює

товщину озонового шару атмосфери, що в свою чергу призводить до змін температурного розподілу в стратосфері.

Спостереження у рамках моніторингу довкілля можуть проводитись на таких рівнях як:

- **імпактний** (локальний рівень спостережень за умови сильного антропогенного впливу);
- **регіональний** (регіональний рівень, територія обстежень знаходиться у межах різних територіальних одиниць або країн);
- **фоновий** (локальний рівень спостережень, який проводиться на заповідних територіях).

Під час організації екологічного моніторингу необхідно знати фоновий стан довкілля із наявністю антропогенного навантаження або за умови його відсутності. Фоновий глобальний стан біосфери вивчають на так званих фонових (“базових”) станціях, які організуються на базі біосферних заповідників, оскільки вони мають найбільший рівень захисту від людської діяльності у порівнянні з іншими об’єктами природно заповідного фонду.

1.2. Законодавча база формування системи моніторингу довкілля

Державна система моніторингу навколишнього природного середовища України проводиться у відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р., № 391¹. Вона базується на основі багаторічного досвіду Українського гідрометеорологічного центру, міжнародних підходів до проведення моніторингу та результатів аналізу даних отриманих в результаті аналізу стану довкілля. У науковому обґрунтуванні Державної системи моніторингу навколишнього природного середовища в Україні вкінці 80-х років 20-го століття брали участь Примак А.В. та Адаменко М.О (1992, 1993 рр.).

Головними правовими засадами Державної системи моніторингу довкілля України є положення Конституції України, Постанова ВРУ про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки (№188/98), і цілий комплекс природоохоронних законів України про:

- 1) охорону навколишнього середовища,
- 2) охорону атмосферного повітря,
- 3) тваринний світ,
- 4) рослинний світ,
- б) охорону земель,
- 7) відходи,
- 8) гідрометеорологічну діяльність,
- 9) ряд кодексів: Водний кодекс України, Лісовий кодекс України, Кодекс України про надра, тощо.

¹ У постанові описано положення «Про Державну систему моніторингу довкілля України» (відповідно до останніх змін)

Моніторингові дослідження окремих складових довкілля регламентується рядом постанов Кабінету міністрів України, які враховують особливості проведення моніторингу у різних складових довкілля та затверджують положення для його проведення та інші методики, зокрема:

- 1) положення про моніторинг земель різного господарського використання (№ 661 від 20.08.1993 р.);
- 2) порядок здійснення державного моніторингу поверхневих і ґрунтових вод (№ 815 від 20.07.1996 р.);
- 3) порядок організації, проведення та особливостей моніторингу атмосферного повітря (№ 343 від 09.03.1999 р.);
- 4) положення про моніторинг ґрунтів, які використовуються у сільському господарстві (№ 51 від 26.02.2004 р.);
- 5) методика проведення оцінки впливу антропогенної діяльності на довкілля (№ 2059-VIII від 23.05.2017 р.);
- 6) особливості проведення моніторингу, звітності та ідентифікації викидів парникових газів (від 12.12.2019 № 377-IX);
- 7) затвердження Національного реєстру забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу та особливостей їх перенесення (№ 2614-IX від 20.09.2022 р.);
- 8) особливості проведення Державної програми моніторингу навколишнього природного середовища в Україні (№ 992-р від 31.12.2004 р.);
- 9) реформування системи державного контролю та охорони довкілля² (№ 616-р від 31 травня 2017 р.);
- 10) проведення державного моніторингу для охорони атмосферного повітря (№ 827 від 14 серпня 2019 р.);
- 11) Указ Президента України, який затверджує комплекс заходів спрямованих на вдосконалення моніторингу довкілля та державного контролю за відходами в Україні» (№572 від 18.10.13 р.).

Директиви ЄС у сфері охорони довкілля й природокористування, що регулюють сферу моніторингу:

Директива 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря й чистіше повітря для Європи»,

Директива 2000/60/ЄС – Водна рамкова директива, яка встановлює межі для дій співтовариства у сфері водної політики та якості водних об'єктів.

Директива 2004/107/ЄС про миш'як, кадмій, ртуть, нікель та поліциклічні ароматичні вуглеводні в атмосферному повітрі (Офіційний вісник ЄС, L 23, 26 січня 2005 р., с. 3—16).

² Ця Постанова протягом 2018 року передбачає: внесення змін до законодавства щодо удосконалення системи здійснення нагляду, організації проведення моніторингу довкілля та державної автоматизованої бази даних у галузі охорони довкілля та забезпечення доступу зацікавлених осіб; адаптація законодавства до європейських нормативних актів; створення матеріально-технічної та лабораторної баз для функціонування системи моніторингу довкілля та здійснення нагляду Службою нагляду.

Директива Європейського союзу 2010/75/ЄС про промислові викиди комплексне запобігання і контроль забруднень довкілля внаслідок їх здійснення (Офіційний вісник ЄС, L 334, 17 грудня 2010 р., с. 17—119).

Крім того, Україна є стороною міжнародних конвенцій, угод, протоколів у галузі моніторингу довкілля й використання природних ресурсів, охорони природи й забезпечення екологічної безпеки.

1.3. Види та рівні проведення екологічного моніторингу

На думку Ю. Ізраеля існують такі види моніторингу:

- *медико-біологічний моніторинг* – проводиться на різних рівнях та враховує вплив навколишнього природного середовища на здоров'я людини;
- *екологічний моніторинг* – реалізується з метою приведення досліджень природних, природно-техногенних та техногенних екосистем);
- *кліматичний моніторинг* – виконується заради отримання систематичної інформації про стан біосфери за кліматичними показниками, які впливають на усі процеси, що відбуваються у довкіллі);
- *глобальний моніторинг* – здійснюється для дослідження процесів у біосфері що призводять до незворотних змін, що в свою чергу впливає на планетарні процеси .

Найважливішим видом моніторингу для конкретної держави є національний моніторинг, що є системою моніторингу в рамках однієї країни. Він відрізняється від глобального моніторингу не лише масштабами проведення, а й основним завданням, а саме одержання інформації і оцінка стану навколишнього середовища в національних інтересах.

Підвищення рівня забруднення атмосфери у містах чи промислових районах може бути надзвичайно важливим для прийняття управлінських рішень у місцевих органах влади для виконання природоохоронних заходів для регіонального чи національного благополуччя.

Універсальним підходом до класифікації систем моніторингу є організація глобальної системи моніторингу для вирішення всіх завдань, які виникають при цьому. У цьому випадку необхідно виділити моніторинг антропогенних забруднень та моніторинг антропогенних змін у довкіллі, які виникли у результаті певного виду забруднення довкілля.

Існує багато різних класифікацій моніторингу у відповідності до їх виду, мети, об'єкту спостереження. Однією із найбільш широко використовуваних є класифікація академіка М.А. Голубець, яка охоплює практично всі системи моніторингу в залежності від рівнів, масштабів та об'єкту спостереження. (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Схема класифікації моніторингу (Голубець М.А.)

Екологічний моніторинг передбачає забруднень і пов'язаних з ним ефектів, які виникають у біосфері (і в першу чергу реакцій біоти), також безумовно є складовою частиною екологічного моніторингу. Другий напрямок пов'язують з впливом на природу при використанні природних ресурсів, а також із впливом на людську діяльність природних, стихійних процесів.

При класифікації різноманітних підходів до організації підсистем моніторингу виділяють підсистеми спостережень за реакцією основних складових біосфери, а саме: за *абіотичною* складовою (кліматичний, геофізичний моніторинг) та за *біотичною складовою* (біотичний моніторинг).

До геофізичного моніторингу відносяться визначення реакції абіотичної складової на різних рівнях організації об'єктів дослідження та елементів глобального характеру – кліматичний моніторинг. Цей вид передбачає систему збору даних, необхідних для інтерпретації вибіркових метеорологічних і гідрологічних характеристик середовища, зокрема, забруднення атмосферного повітря, мутність атмосфери тощо.

В свою чергу, біотичний моніторинг визначає стан біотичної складової біосфери, зокрема, живих організмів та їх відгуки та реакції на антропогенний вплив. Для визначення реакцій відповідей живих організмів на зміни у довкіллі та рівень їх відхилення від нормального стану проводиться на молекулярному, клітинному, організменному, популяційному рівнях та рівні сукупності різних видів у межах певної території (угруповань).

Особливе місце в біотичному моніторингу займає *генетичний моніторинг*, тобто система спостереження можливих змін та впливів на спадкові ознаки у різноманітних популяцій у відповідь на зміни стану довкілля.

Екологічний моніторинг охоплює питання, які є в центрі біотичного та геофізичного моніторингу у їх тісному взаємозв'язку один з одним. Екологічний моніторинг використовується для дослідження екологічних систем різних рівнів. Таким чином, назви «*Екологічний моніторинг*» і «*Моніторинг довкілля*» можна вважати синонімами. Необхідною умовою успішного функціонування екологічного моніторингу є вимога отримання в результаті оцінки і прогнозу, достовірної оцінки стану екологічної рівноваги в екосистемі.

При проведенні глобальної системи моніторингу навколишнього середовища перед екологічним моніторингом поставлено два основних завдання:

- оцінка реакції наземних екосистем на зовнішні впливи;
- оцінка критичних проблем, які виникають у результаті антропогенної діяльності (енергетика, використання природних ресурсів тощо).

Основне завдання екологічного моніторингу є фіксація у природних компонентах змін спричинених дією антропогенних факторів із врахуванням їх природних флуктуацій та виділення критичних точок, які можуть вплинути на функціонування системи в цілому. Вирішити це завдання можна шляхом вимірювань окремих характеристик забруднень біосфери та реакцій біоти на них, а також за допомогою системи постійних (неперервних) вимірювань інтегральних показників на досліджуваних територіях.

Інша класифікація видів моніторингу належить академіку І.П. Герасимову, який поділяє моніторинг на:

- *біоекологічний моніторинг* (санітарно-гігієнічний), що включає в себе спостереження за станом навколишнього середовища з точки зору його впливу здоров'я людини;
- *геоекологічний моніторинг* (геосистемний, природно-господарський), який охоплює спостереження за зміною природних екосистем та їх трансформацію у природно-техногенні системи;
- *біосферний моніторинг*, містить спостереження за основними параметрами біосфери та їх вплив на глобальні системи та процеси.

Найважливішим під час організації моніторингу у будь-яких масштабах і з будь-якою метою є влаштування системи **спостереження та аналізу за різноманітними факторами антропогенного впливу у різних середовищах**, він повинен включати:

- 1) моніторинг приземного шару атмосфери та її верхньої частини;
- 2) моніторинг опадів (щонайменше їх кількість та ймовірний хімічний склад);
- 3) моніторинг гідросфери (моніторинг поверхневих вод (річок, озер та водосховищ), моніторинг морів і океанів, моніторинг підземних вод);
- 4) моніторинг літосфери (в першу чергу ґрунту – *ґрунтовий моніторинг*).

Використовується класифікація систем моніторингу за іншими ознаками, зокрема, за методами проведення спостереження за станом довкілля: інструментальний, біофізичний, дистанційний.

Цілеспрямований моніторинг – це система виявлення віддаленого (в тому числі транскордонного) поширення деяких шкідливих речовин в атмосфері, водному середовищі або ґрунтах.

Поширене використання у сучасній системі екологічного моніторингу Біосфери за допомогою дистанційних методів, особливо штучних супутників Землі або дронів – дистанційне зондування Землі.

Класифікація систем моніторингу за Ю. Израелем дозволяє визначити за якою ознакою проводиться класифікація та виділяються типи моніторингу табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Узагальнена схема класифікації систем моніторингу

Ознака за якою проводилась класифікація	Тип моніторингу
Універсальність системи	Глобальний моніторинг (базовий, регіональний, імпактний рівні), включаючи фоновий та палео-моніторинг. Національний моніторинг, міжнаціональний, “міжнародний” (моніторинг трансграничного переносу забруднюючих речовин)
Реакція основних складових біосфери	Геофізичний моніторинг, біотичний моніторинг, екологічний моніторинг
Різні середовища	Моніторинг антропогенних змін в атмосфері, гідросфері, кріосфері та біоті
Фактори та джерела впливу	Моніторинг джерел забруднень, інгредієнтний моніторинг (наприклад, окремих забруднюючих речовин, радіоактивних випромінювань, шумів . д.)
Гострота та глобальність	Моніторинг океану, моніторинг озоносфери
Методи спостережень	Моніторинг за фізичними, хімічними та біологічними показниками. Супутниковий моніторинг (дистанційні методи)
Системний підхід	Медико-біологічний моніторинг (вплив змін в довкіллі на стан здоров’я) Екологічний моніторинг, кліматичний моніторинг Варіанти: біо-, геоекологічний, біосферний

Загальна система управління станом навколишнього природного середовища включає енергетичні та інформаційні потоки (рис. 1.4).

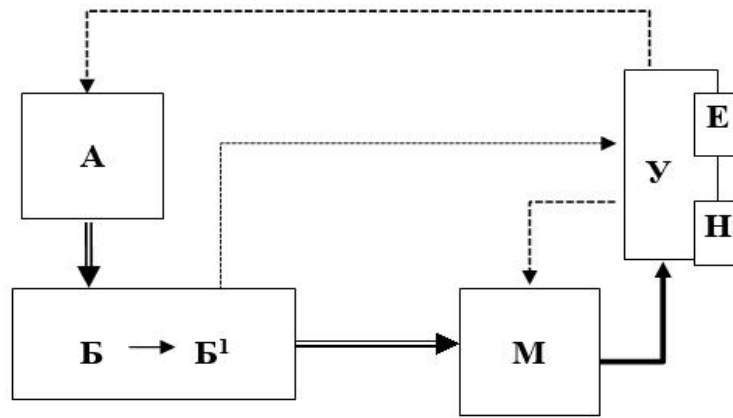


Рис. 1.4. Блок-схема системи управління станом навколишнього середовища

Аналіз наведеної блок-схеми показує, що елемент довкілля характеризується рівнем стану **Б** *зазнавши впливу* антропогенного фактору (**А**), може змінити свій стан (від **Б** до **Б¹**). За допомогою системи моніторингу (**М**) отримується “картинка” цього зміненого (а за можливістю і початкового) стану системи, виконується узагальнення даних, аналіз та оцінка реального стану та побудова прогнозних варіантів стану системи. Потім отримані дані потрапляють у блок управління (**У** – блок прийняття управлінських рішень). Отримавши інформацію про оцінку стану довкілля від усіх складових системи екологічного моніторингу використовуючи науково-технічні розробки (**Н**) та врахувавши розмір економічного рівня розвитку території (**Е**) приймаються органами місцевого самоврядування рішення щодо обмеження або припиненню антропогенного впливу. Якщо перші два варіанти неможливі, то приймається рішення щодо профілактичного “зміцнення” або послідовного “лікування” даного елемента біосфери. В залежності від конкретної ситуації система управління може змінюватись та змінюватися порядок перерахованих підходів, для удосконалення самої системи моніторингу.

Блок спостереження за станом довкілля має містити дослідження та вимірювання параметрів джерел та факторів антропогенного впливу в достатній кількості для проведення оцінки впливу на природні та природно-техногенні системи. До того є цей блок передбачає спостереження за станом елементів біосфери в тому числі за реакцією живих організмів. Передбачає отримання даних про початковий (фоновий) стан елементів біосфери (фоновий моніторинг) та порівняння їх із отриманими даними після впливу ряду екологічних факторів на екосистеми.

Для аналізу та прогнозу екологічної ситуації як у глобальному, так і у регіональному масштабах необхідні дані про перебіг геофізичних процесів, різноманітних антропогенних впливів і ситуацій, які їх спричиняють. У першу чергу це стосується виявлення та вивчення антропогенних факторів впливу на довкілля.

Отримання вихідних даних та їх первинна обробка забезпечується системою фонових моніторингу довкілля, яка створюється в національних рамках, і система глобального моніторингу, яка створюється під егідою Програми Організації об’єднаних націй з довкілля (ЮНЕП).

Основними факторами, елементами і процесами, які потребують детального спостереження у довкіллі при екологічному моніторингу наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 Природні системи та джерела впливу на довкілля та рівні проведення моніторингу (Ізраель, 1984)

Системи та фактори, що досліджуються	Дослідження, які проводяться
Локальні джерела та фактори впливу	1. Аналіз джерел природного та антропогенного впливу 2. Фактори природного та антропогенного впливу (забруднюючі речовини, випромінювання, тощо)
Навколишнє природне середовище	1. Стан навколишнього природного середовища, використовуючи фізичні та фізико-географічні параметри 2. Стан навколишнього середовища, використовуючи геохімічні показники та вміст забруднюючих речовин
Живі організми (біота)	Реакція-відповідь живих організмів на зміни у довкіллі на рівні: а) одного організму, б) популяції (особин одного виду), в) біоценозів та екосистем
Глобальні екологічні системи та біосфера	1. Реакція глобальних геосистем (клімат та зміна погоди) 2. Реакція на біосферні процеси
Здоров'я та благополуччя населення	1. Залежності між захворюваністю та рівнем здоров'я населення та станом навколишнього природного середовища 2. Залежності між добробутом населення та станом навколишнього природного середовища

Локальні джерела та фактори впливу – проводяться спостереження за локальними джерелами антропогенного впливу. Джерелами впливу на локальному рівні можуть бути природними (виверження вулканів, самовільний вихід газів, нафти і т.д.) та антропогенними (викиди шкідливих речовин від промисловості та транспорту, використання у сільському господарстві пестицидів та агрохімікатів для боротьби зі шкідниками та хворобами рослин, комунальні джерела забруднень і т.д.).

Стан навколишнього природного середовища – спостереження за факторами впливів на довкілля, зокрема, фізичними та фізико-географічними параметрами.

В тому числі проводяться спостереження за стохастичними (випадковими, короткотривалими) впливами (сонячні спалахи, сонячні та галактичні потоки), які потрібно враховувати при оцінці та прогнозі стану природного середовища.

У межах розділу Б здійснюються спостереження за станом і змінами середовища шляхом послідовних і безперервних змін відповідних параметрів. До них відносяться спостереження за стихійними природними явищами катастрофічного характеру (виверження вулканів та їх діяльність, землетруси, цунамі, посухи, повені, ерозія ґрунтів, снігові лавини, урагани, тощо). Фізико-географічні дослідження включають проведення спостережень за природними ресурсами (мінеральними, земельними, рослинними, тваринними, водними, тощо), народонаселення, урбанізацію, оскільки ці показники впливають на екологічний стан конкретної території.

Також до нього включені спостереження за кругообігом речовин, енергії та інформації в екосистемах, який залежить від вмісту сторонніх домішок у біосфері та різних фізичними параметрами середовища, таких як шумове, теплове забруднення, наявність різноманітних іонізуючих і неіонізуючих випромінювань, хімічний склад атмосфери (природного і антропогенного походження), атмосферних опадів, поверхневих, підземних та ґрунтових вод, морських та океанічних вод, ґрунту, донних відкладів водних об'єктів, рослинності, тваринного світу, а також і спостереження за основними шляхами розповсюдження забруднень.

Стан біотичної складової біосфери (живих організмів) передбачає проведення спостережень за реакцією біоти (живих організмів, що характерні для території) на екологічні фактори та зміни у навколишньому середовищі; до цих спостережень відносяться спостереження за реакцією на дані впливи (зворотні зміни) і наслідками (незворотні зміни) у організмі живих істот. Спостереження проводяться за біологічними ознаками, а саме: *функціональними* – приріст біомаси, акумуляція забруднюючих речовин рослинами і тваринами; структурними – чисельність видів рослин і тварин, загальну біомасу. Дослідження можуть проводитись на різних рівнях організації живої матерії – рівні окремого виду, рівні популяції, угруповання і екосистеми.

Реакція глобальних екологічних систем та біосфери – спостереження за реакцією систем найвищого рівня (погоди, клімату) і біосфери в цілому – передбачає проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища та реакцією на нього живих організмів, кліматичної системи, проте вони вимагають спеціальних узагальнень і оцінок.

Стан здоров'я та добробуту населення є одним із найважливіших факторів довкілля. Проведення спостереження впливу довкілля на людину є складним, оскільки важко встановити чіткі причинно-наслідкові зв'язки стану здоров'я та добробут людини із станом довкілля. Необхідні комплексні обстеження території з метою встановлення конкретних факторів, які впливають на людини прямо або опосередковано.

1.4. Державна система екологічного моніторингу

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

Регіональна система екологічного моніторингу є системою, що здійснює спостереження, аналіз і прогнозування стану навколишнього природного середовища у адміністративно-територіальних одиницях (областях та декількох районах). Вона є частиною загальнодержавної системи моніторингу, але включає в себе інформацію про моніторинг у локальній системі.

Локальна система екологічного моніторингу проводиться у межах окремого району, одного міста чи промислового об'єкта, тощо. Локальна система моніторингу є частиною системи регіонального та державного моніторингу довкілля, оскільки представляє собою базу даних про стан окремих об'єктів, які систематично впливають на стан навколишнього природного середовища у межах досліджуваної території.

В свою чергу, **відомча система екологічного моніторингу** є системою спостережень, аналізу та прогнозування стану довкілля, яка належить відповідним суб'єктам проведення екологічного моніторингу і є складовою частиною державної системи моніторингу. Відомча система моніторингу може реалізовуватися на всіх представлених вище трьох рівнях, проте кожна окрема система може відрізнятися від іншої організацією та особливостями її проведення.

Основними завданнями суб'єктів системи моніторингу є:

- 1) довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;
- 2) аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;
- 3) інформаційна та наукова підтримка прийняття рішень державними та місцевими органами влади у залежності від запропонованих заходів щодо покращення стану довкілля, ощадного використання природних ресурсів та забезпечення принципів екологічної безпеки;
- 4) цифровізація діяльності органів державної влади, місцевого самоврядування у галузі моніторингу з метою забезпечення доступу до екологічної інформації населення України, міжнародних та державних громадських організацій та інших зацікавлених осіб.
- 5) (згідно новою Концепцією): удосконалення нормативного, методичного та технічного забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних;
- 6) забезпечення достовірності інформації, що надається органам державної влади та органам місцевого самоврядування, громадським і міжнародним організаціям.

Моніторинг довкілля здійснюється Міністерством захисту довкілля і природних ресурсів (Міндовкілля), Державною службою з надзвичайних ситуацій (МВС), Міністерством охорони здоров'я (МОЗ), Міністерством аграрної політики та продовольства (МАП), Міністерством розвитку громад та територій України (Мінрегіон) та їх місцевими представництвами. Всі суб'єкти системи моніторингу не залежно від рівня проведення моніторингу проводять відповідні природоохоронні заходи для покращення стану довкілля. Керує діяльністю усіх суб'єктів державної системи моніторингу спеціальна комісія, її склад затверджує Кабінет Міністрів України.

Кожен із суб'єктів державної системи моніторингу забезпечує здійснення комплексу відповідних спостережень:

1. *Міністерство захисту довкілля і природних ресурсів* – проводить моніторингові спостереження за джерелами промислових викидів у атмосферу (вміст забруднюючих речовин); джерелами стічних вод (вміст забруднюючих речовин); поверхневими водами (вміст забруднюючих речовин); ґрунтами (залишки пестицидів, важкі метали (ВМ), природна і штучна радіоактивність); водними об'єктами у територіях природно-заповідного фонду (фонова кількість ЗР, у тому числі радіонуклідів); наземними і морськими екосистемами (фонові концентрації забруднюючих речовин, фонові параметри біотопів); звалищами промислових і побутових відходів (склади відходів, вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів);

2. *Державна служба з надзвичайних ситуацій* – здійснює спостереження у територіях радіоактивного забруднення (зони відчуження і зони безумовного відселення) та інших радіоактивно забруднених територій після Чорнобильської катастрофи – за атмосферним повітрям (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); поверхневими і підземними водами (вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів); наземними і водними екосистемами; ґрунтами і ландшафтами (вміст ЗР, радіонуклідів, просторове поширення); джерелами викидів в атмосферу (вміст ЗР, обсяги викидів); джерелами скидів стічних вод (вміст ЗР, обсяги скидів); об'єктами поховання радіоактивних відходів (вміст радіонуклідів, радіаційна обстановка);

3. *Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ)* – проводить спостереження за гідрометеорологічною діяльністю, аналіз та прогнозування стану погодних умов територій, зміни гідрологічного режиму річок і водосховищ.

4. *Міністерство охорони здоров'я (МОЗ)* – здійснює моніторингові дослідження у місцях проживання і відпочинку населення) – за атмосферним повітря (вміст ЗР); станом поверхневих вод та питної води у межах централізованого водопостачання (за органолептичними, фізико-хімічними, бактеріологічними, радіологічними показниками); морських та океанічних вод (за хімічними, бактеріологічними та радіологічними показниками); ґрунтів (за вмістом пестицидів, важких металів, санітарно-гігієнічними показниками); за фізичними вражаючими факторами (шум, електромагнітне випромінювання та його інтенсивність, радіоактивні речовини, вібрація тощо);

5. *Міністерство аграрної політики та продовольства* – проводить екологічний моніторинг за ґрунтами сільськогосподарського використання (агрохімічні, радіологічні та токсикологічні вимірювання, залишки пестицидів та важких металів); за сільськогосподарською продукцією рослинництва (вміст залишків пестицидів, важких металів та радіонуклідів); за сільськогосподарською продукцією тваринництва (вміст залишків пестицидів, важких металів та радіонуклідів); поверхневими водами сільськогосподарського використання (залишки пестицидів, важких металів та інших забруднюючих речовин);

6. *Міністерство розвитку громад та територій України* – виконує моніторингові дослідження за якістю питної води централізованих систем водопостачання (вміст ЗР, обсяги споживання); стічними водами міської каналізаційної мережі та очисними спорудами (вміст ЗР, обсяги надходження); зеленими насадженнями у містах і селищах міського типу (ступінь пошкодження комахами, фітозахворювання тощо); підтопленням міст і селищ міського типу (небезпечне підняття рівня ґрунтових вод).

7. *Державне агентство лісових ресурсів України* – реалізує систему моніторингу за ґрунтами, що відносяться до лісового фонду (радіологічні дослідження, залишки пестицидів та важких металів); рослинністю лісового фонду (за рівнем пошкодження під дією екологічних факторів, біопродуктивністю, видовим різноманіттям, радіологічними показниками, вмістом забруднюючих речовин); мисливською фауною (видові, кількісні та просторові характеристики, радіологічні визначення);

8. *Державне агентство водних ресурсів України* – проводить комплексне дослідження водогосподарських систем зони впливу АЕС, за водними об'єктами (річками, водосховищами, каналами, зрошувальними та осушувальними системами; за поверхневими водами особливо у місцях інтенсивного господарського використання; за місцями можливого підтоплення; прибережними зонами водосховищ, озер і морів (переформування берегів і підтоплення території));

9. *Державна служба геології та надр України* – здійснює моніторинг підземних вод (визначення гідрогеологічних та гідрохімічних властивостей, а також залишків пестицидів та важких металів); ендегенними та екзогенними процесами (видові і просторові характеристики, активність прояву); геофізичними полями (фонові та аномальні визначення); геохімічним станом елементів ландшафту та різних форм рельєфу (фоновий вміст хімічних елементів, оцінка техногенного навантаження за вмістом забруднювачів);

10. *Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру* – проводить дослідження ґрунтів та ландшафтів (вміст забруднюючих речовин, оцінка ерозійних екзо- та ендегенних процесів, забруднення ґрунтів від промислового виробництва, сільського господарства, транспорту, тощо); рослинним покривом земель (видовий склад, показники розвитку та ураження рослин); зрошуваними і осушеними землями (вторинне підтоплення і засолення

тощо); береговими лініями річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток; гідротехнічними спорудами (динаміка змін, ушкодження земельних ресурсів).

Згідно нормативних документів суб'єкти державної системи моніторингу мають спроваджувати оновлення підпорядкованих їм мереж спостережень за станом довкілля, використовувати уніфіковані методики проведення спостережень та лабораторних аналізів, приладів, які застосовуються для вимірювань параметрів довкілля. Необхідне також створення банків даних для збереження одержаних в результаті спостережень з метою їх використання всіма зацікавленими особами за допомогою мережі інтернет (вільний доступ до екологічної інформації).

Підприємства, установи і організації незалежно від підпорядкування і форм власності, у разі якщо їх діяльність значно впливає на стан навколишнього середовища повинні облаштувати проведення екологічного контролю та станом санітарно-захисних зон та промислових територій (впровадження системи екологічного менеджменту згідно ISO 14000). Це передбачає збирання, зберігання та надання даних і/або узагальненої інформації за комплексними показниками якості довкілля для державних уповноважених органів, громадських організацій та інших зацікавлених осіб. Для цього суб'єкт державної системи моніторингу укладає угоду із організацією, яка володіє інформацією, ця угода реєструється у Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів або його органах на місцях.

Система екологічного моніторингу використовує базу та можливості суб'єктів проведення спостережень та функціонує із використанням сукупності нормативів, методології і метрологічних підходів до дослідження стану навколишнього природного середовища.

Міністерство захисту довкілля і природних ресурсів організовує та об'єднує діяльність суб'єктів системи екологічного моніторингу на всіх рівнях та масштабах проведення. Забезпечує проведення загальнодержавної і локальних програм моніторингу навколишнього середовища, які передбачають реалізацію програм різних рівнів. Відповідно до цього укладаються угоди між суб'єктами моніторингу про спільну діяльність на певному рівні організації спостережень за об'єктами довкілля. Виконавцями моніторингу довкілля крім суб'єктів системи моніторингу можуть бути установи та організації незалежно від форм власності, проте вони повинні володіти сертифікатами, які підтверджують можливість проведення різноманітних досліджень об'єктів довкілля.

Для проведення державної системи екологічного моніторингу необхідне методологічне забезпечення, яке розробляється та затверджується Міністерством захисту довкілля і природних ресурсів спільно з суб'єктами моніторингу із залученням експертів з Національної академії наук України, Аграрної академії наук, Державного космічного агентства України та Міністерства цифрової трансформації України.

Методологічне забезпечення екологічного моніторингу здійснюється шляхом впровадження уніфікованих підходів до:

- методик проведення вимірювання параметрів навколишнього середовища та реакції живих організмів на антропогенний вплив;
- вибору методів для аналізу та прогнозування стану довкілля, зокрема, комп'ютерного математичного моделювання;
- створення і практичного використання баз даних одержаних у результаті проведення моніторингових спостережень, візуальне зображення одержаних даних (картографування).

Метрологічне забезпечення системи екологічного моніторингу реалізується Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів за допомогою суб'єктів та органів стандартизації (Державної інспекції України з питань захисту прав споживачів) шляхом організації нормативів щодо проведення єдиної:

- системи стандартизації, метрології та сертифікації вимірювального обладнання, приладів та їх комплектуючих;
- бази, що забезпечує перевірку достовірності і порівняння отриманих результатів вимірювань та обробка екологічної інформації.

Суб'єктами системи екологічного моніторингу є місцеві територіальні громади, промислові підприємства, установи та інші організації не залежно від форм власності. Вони повинні розробляти і узгоджувати плани здійснення заходів з органами Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів та Державної служби з надзвичайних ситуацій з метою:

- 1) організації системи спостережень за станом екологічно небезпечних об'єктів;
- 2) запобігання екологічно небезпечній виробничій, господарській та іншій діяльності;
- 3) охорони стаціонарних постів спостережень, що входять до постійної системи моніторингу за об'єктами довкілля він несанкціонованого впливу сторонніх осіб;
- 4) закріплення земельних ділянок для організації на них нових постів спостережень у відповідності розроблених програм та систем моніторингу об'єктів навколишнього природного середовища.

Організація постів спостереження у рамках системи моніторингу, компоненти довкілля за якими вона проводиться, вибір методик відбувається у відповідності до технічних проектів, які затверджуються спеціалізованими органами у встановленому законом порядку. Такі технічні завдання і проекти підлягають реєстрації в Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів. Затверджені рішення входять до щорічних програм охорони та відновлення навколишнього природного середовища у межах державних і місцевих (локальних) моніторингових програм.

При цьому між суб'єктами системи екологічного моніторингу існують тісні зв'язки, які проявляються у: використанні інформації один одного та підтримці та реалізації заходів спрямованих та охорону навколишнього природного середовища, збалансованого та ресурсоощадного використання природних ресурсів; узгодження планів та спільних спостережень за об'єктами довкілля, під час надзвичайних ситуацій – оперативна ліквідація наслідків;

широке використання сучасних засобів спостереження, зокрема, дистанційних методів спостереження з отриманням результатів у онлайн режимі; існує законодавчо затверджена відповідальність суб'єктів моніторингу за надання неповної, несвочасної і недостовірної інформації; спільному застосуванні ресурсами та комунікаційними засобами для максимально ефективної роботи; швидкий та безкоштовний обмін інформацією, стратегіями та планами діяльності.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів разом із Державною службою з надзвичайних ситуацій встановлює регламенти проведення моніторингу екологічно небезпечних промислових об'єктів, методичні підходи до послідовності дій під час надзвичайних ситуацій на цих об'єктах.

Інформацію про виникнення надзвичайних ситуацій природного походження, оцінка їх розвитку і можливих наслідків для довкілля покладається на Державну службу геології та надр України, включаючи екзо- та ендегенні причини виникнення конкретних геологічних процесів у межах території моніторингу. У разі володіння оперативною інформацією про надзвичайні ситуації природного характеру місцевими органами влади, підприємствами, установами чи організаціями вони повинні негайно надати її Державній службі з надзвичайних ситуацій і Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів або їх органам на місцях.

Картування території України та її частин мають право здійснювати організації та установи Державної служби геології та надр України.

Аналіз впливу забруднення навколишнього природного середовища на стан здоров'я населення проводиться Міністерством охорони здоров'я України та його місцевими представництвами, основною функцією яких є інформування місцевих органів державної влади про епідемічну ситуацію, стан здоров'я населення.

Державне космічне агентство України володіє інформацією про дистанційне зондування та може надавати технічну допомогу зацікавленим організаціям та особам у поясненні одержаних результатів аерокосмічних зйомок.

Представництва Державного агентства водних ресурсів України можуть надавати інформацію про проведення спостереження іншим суб'єктам системи моніторингу, оскільки вони проводять державний облік водних ресурсів, їх використання, фіксують об'єми скиду стічних вод.

Органи Міністерства аграрної політики та продовольства можуть надавати інформацію для суб'єктів системи спостереження за станом НПС, зокрема, агрофізичні, агрохімічні та біологічні показники стану ґрунтів сільськогосподарських земель.

Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру надає інформацію про земельний фонд, землекористування, рівень деградації земель, плани проведення заходів спрямованих на уповільнення негативних процесів та боротьби із негативними наслідками нераціонального використання земельних ресурсів.

Міністерство цифрової трансформації України сприяє поширенню використання сучасних інформаційних засобів та технологій у системі екологічного моніторингу, також забезпечує прозорість, доступність інформації про результати проведення моніторингу об'єктів довкілля для громадян.

Результати проведення екологічного моніторингу різних масштабів відповідно до законодавства зберігаються у базі даних державної, регіональної або місцевої системи моніторингу. Вони використовуються для складання звітів та щорічників даних щодо екологічного стану території, а також для прийняття управлінських рішень місцевими органами самоврядування, розробки стратегій сталого розвитку територій, тощо.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів та Державна служба з надзвичайних ситуацій оперативно організують проведення моніторингу, а потім використовують одержану інформацію для планування і проведення природоохоронних заходів та розробки рекомендацій щодо діяльності місцевих органів влади.

Фінансування системи моніторингу здійснюється відповідно до порядку фінансування дослідження стану довкілля та природоохоронних заходів державного або місцевого бюджету. Частина коштів на створення та функціонування системи екологічного моніторингу може бути надана інноваційними фондами, міжнародними грантовими програмами, які спеціалізуються на природоохоронних заходах, тощо.

В подальшому при розробці державної системи моніторингу довкілля планується комбіноване використання автоматизованих неперервних спостережень з лабораторними аналізами проб повітря, води та ґрунту. У автоматизованих системах передбачається повна автоматизація обробки і передачі даних.

Розділ 2. Особливості організації після-проектного моніторингу

2.1. Оцінка впливу на довкілля

Вплив на довкілля – це наслідки запланованої діяльності для навколишнього природного середовища, а також вплив на людину, флору, фауну, біорізноманіття, ґрунт, атмосферне повітря, поверхневі та ґрунтові води, клімат, ландшафт тощо, а також наслідки для історичних пам'яток, об'єктів культурної спадщини, тощо.

Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» прийнятий ВРУ 23.05.2017 р. вступив у дію 18.12.2017 р. Згідно з Угодою про асоціацію з ЄС цей Закон імплементує Директиву № 2001/42 ЄС «Про оцінку впливу окремих планів та програм на навколишнє середовище» у природоохоронне законодавство.

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) є процедурою, яка відбувається перед початком запланованої господарської діяльності, вона потребує підготовки звіту де оцінено орієнтовний вплив на довкілля та його складові в результаті запланованої діяльності, проводиться у відповідності до встановлених процедур, що включає громадське обговорення, аналіз інформації представленої у звіті та висновку уповноваженим органом.

Планована діяльність – планована господарська діяльність може включати будівництво, реконструкцію, переоснащення, зміна сфери діяльності (перепрофілювання), ліквідація об'єктів господарської діяльності та інші втручання у довкілля.

Планована діяльність не включає реконструкцію, переоснащення, демонтаж, капітальний ремонт, розширення, перепрофілювання об'єктів та інші втручання в довкілля, які не чинять значного впливу на навколишнє природне середовище та не перевищує встановлені Кабінетом Міністрів України нормативи.

Оцінці впливу на довкілля не підлягає планована діяльність щодо забезпечення оборони держави, ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, воєнних дій та антитерористичних операцій відповідно до затверджених Кабінетом Міністрів України критеріїв.

Уповноважений територіальний орган – обласні та міські територіальні громади та їх відділи з питань захисту довкілля та природних ресурсів.

Оцінка впливу на довкілля проводиться чітко у відповідності до законодавства щодо визначення стану довкілля у місці, де планується планована антропогенна діяльність з урахуванням ймовірних екологічних наслідків та ймовірних впливів на довкілля, планів та стратегій соціально-економічного розвитку території, розрахунку сукупного впливу (прямого та опосередкованого) на довкілля.

Згідно ст.3 (п. 4) Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» без процедур ОВД та отримання позитивного рішення забороняється провадження

планованої господарської діяльності, експлуатація об'єктів та втручання в природне середовище і ландшафти.

Процедура оцінки впливу на довкілля у відповідності до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» передбачає:

- розробку звіту з оцінки впливу на довкілля, що готується суб'єктом господарювання у встановлені терміни (стаття 5, 6 та 14);
- проведення громадського обговорення результатів оцінки впливу запланованої діяльності на довкілля (стаття 7, 8, 14);
- перевірка уповноваженим органом інформації, яка була надана у звіті з оцінки впливу на довкілля, додаткової інформації наданої у встановлені терміни суб'єктом господарювання та інформації, яка була отримана під час громадського обговорення, тощо (стаття 9);
- надання уповноваженим органом висновку щодо оцінки впливу на довкілля запланованої діяльності у якому враховується уся надана у встановлені терміни інформація;
- врахування висновку з оцінки впливу на довкілля під час прийняття рішення про провадження запланованої господарської діяльності (стаття 11).
- проведення післяпроектного моніторингу з метою встановлення фактичного впливу суб'єкту господарювання на навколишнє природне середовище.

Суб'єктами оцінки впливу на довкілля є суб'єкти господарювання, органи державної влади, територіальні громади, уповноважений центральний орган та територіальні органи управління природоохоронною діяльністю, громадськість, тощо.

Визначення необхідності проведення оцінки впливу на довкілля проводиться якщо суб'єкт господарювання вирішив займатися певною господарською діяльністю і хоче отримати на її проведення відповідні документи. Одним із центральних документів проведення процедури з оцінки впливу на довкілля, відповідно до закону види господарської діяльності приведені яких потрібно проводити цю оцінку поділено на дві категорії:

До першої категорії відносяться види запланованої господарської діяльності, які можуть мати сильний вплив на навколишнє природне середовище:

1) нафтопереробні та газопереробні заводи, різноманітні газифікаційні та бітумні установки, тощо;

2) теплові електростанції потужністю більше 50 мВт, атомні електростанції та ядерні реактори (крім дослідницьких установок);

3) установки для виробництва та/або збагачення ядерного палива установки для переробки відпрацьованого ядерного палива, установки для захоронення радіоактивних відходів;

4) чорна та кольорова металургія передбачає використання руди, збагаченої руди чи вторинної сировини, металургійні або електролітичні установки та процеси;

5) споруди з видобування, виробництва і перероблення азбесту видобуток і виробництво азбестовмісних продуктів;

б) *хімічне виробництво*, виробництво хімічних речовин, біотехнічно-логічне виробництво, фармацевтичне виробництво виробництво засобів захисту рослин, мінеральних добрив, лаків, фарб, еластомерів, пероксидів, тощо;

7) *будівництво* аеропортів, автомагістралей або реконструкція та/або розширення наявних дорожніх покриттів.

8) *поводження з відходами* сміттєпереробні та сміттєспалюючі заводи, полігони твердих побутових відходів, тощо.

До другої категорії відносяться видобувні підприємства, сільськогосподарські, лісові та підприємства з виробництва аквакультури, енергетика, харчова промисловість, тощо:

1) *глибоке буріння* – буріння для зберігання радіоактивних відходів, свердловини з видобутку підземних вод;

2) *сільське господарство, лісівництво та виробництво аквакультури* виробництво сільськогосподарської продукції, вирубування лісів, діяльність в об'єктах природно-заповідного фонду або у прилеглих до них територіях, меліорація та використання засобів захисту рослин;

3) *видобувна промисловість* видобуток корисних копалин, на земельних ділянках з відповідним цільовим використанням;

4) *енергетична промисловість* переробка та виробництво енергетики;

5) *харчова промисловість* виробництво, переробка та обробка продуктів харчування (тваринницька продукція більше 75 тонн на добу, рослинницька продукція - 300 тонн на добу і більше).

б) *інфраструктура* – будівництво житлових будинків, торговельних та розважальних комплексів (площею більше 1,5 га), автостоянок, паркінгів, тощо;

7) *інші види діяльності* – будівництво стадіонів та майданчиків для перегонів, майданчики для тестування двигунів, турбін або реакторів.

Заборона впровадження господарської діяльності

У випадку якщо запланована господарська діяльність, яка передбачає експлуатацію об'єктів, або технологій, що ведуть за собою втручання у природне середовище і зміну ландшафтів є небезпечною, навіть із дотриманням екологічного законодавства - **забороняється впровадження господарської діяльності**. Це має бути вказано у рішенні уповноваженого органу із зазначенням запланованої діяльності, проектів будівництва, розширення, перефільювання, демонтажу об'єктів господарювання, тощо.

У разі надання дозволу на проведення певного рівня втручань у природне середовище та ландшафти конкретної території повинні бути зазначені всі види господарської діяльності які заплановані, визначення термінів діяльності та подовження строків за необхідності.

Направлення повідомлення про планову діяльність

Після встановлення суб'єктом господарювання необхідності проведення процедури з оцінки впливу на НПС він зобов'язаний направити до відповідних центральних та територіальних органів влади повідомлення про заплановану господарську діяльність. В повідомленні необхідно зазначити характеристики запланованої діяльності, сферу її застосування, очікуваний соціально-

економічний вплив на територіальну громаду, джерела та види можливого антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, категорію запланованої господарської діяльності, детальну інформацію про майбутнє використання природних ресурсів, обсяги викидів та скидів, тощо.

Процедура ОВД передбачає що у 3-денний термін (не пізніше трьох робочих днів) з дня їх подання повідомлення уповноваженому територіальному органу має бути оголошено початок громадського обговорення звіту з оцінки впливу на довкілля запланованої діяльності. Громадське обговорення передбачає обов'язкове опублікування цієї інформації у не менше двох друкованих засобах масової інформації, які охоплюють усі територіальні громади, які можуть зазнати впливу запланованої господарської діяльності.

Інформація про висновок з ОВД та рішення уповноваженого органу про надання дозволу суб'єкту господарювання на впровадження запланованої діяльності повинна містити дані про орган управління, що надав дозвіл, номер відповідного рішення та дати його прийняття. Не менш важливим є оприлюднення для громадськості рішення про надання дозволу на заплановану господарську діяльність суб'єктом господарювання протягом трьох робочих днів з дня отримання дозволу. Це може бути проведене всіма доступними способами, зазначеними у Законі України «Про оцінку впливу на довкілля».

2.2. Основні положення звіту з оцінки впливу господарської діяльності та навколишнє природне середовище

Суб'єкт господарювання надає відповідною органу чи організація, яка займається написанням звіту з оцінки впливу на довкілля всієї необхідної інформації та несе відповідальність за достовірність цієї інформація у відповідності до законних актів.

Звіт з оцінки впливу на довкілля (ОВД) – це документ відповідної форми, у якому визначається вид антропогенної діяльності суб'єкту господарювання, характер цієї діяльності, інтенсивність запланованого впливу на довкілля, ступінь небезпеки для довкілля і здоров'я населення.

Звіт з ОВД містить такі пункти як:

- технічні характеристики запланованої діяльності суб'єктом господарювання (технологічні схеми та орієнтовні розрахунки потужності виробництва, тощо);
- висновки про аналіз місця проведення запланованої діяльності з урахуванням містобудівної документації;
- аналіз впровадження діяльності та альтернативи їх впровадження;
- аналіз поточного стану довкілля на місці ведення запланованої господарської діяльності;
- дослідження та опис орієнтованих рівнів впливу запланованої діяльності на довкілля;
- дослідження впливу запланованої діяльності на ландшафти;
- аналіз соціально – економічних ризиків запровадження запланованої господарської діяльності;

- визначення програм та показників проведення моніторингових досліджень та обліку впливу запланованої діяльності;
- перелік природоохоронних заходів для запобігання негативного впливу запланованої діяльності на довкілля;
- детальний опис очікуваних рівнів негативного впливу запланованої діяльності на довкілля;
- зміст програми моніторингу та контролю впливу запланованої діяльності на довкілля та планів після-проектного моніторингу впливу об'єкту господарювання на НПС (за потреби);
- зауваження та пропозиції, які найшли від представників громадськості в установленій законодавством термін згідно процедури ОВД.

Під час ОВД необхідно дотримуватись встановленої Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» процедури, тому подання звіту з ОВД та оголошення початок громадського обговорення подаються у уповноважений територіальний або центральний орган влади. Підготовка та написання звіту з ОВД має виконуватись організаціями, які мають відповідний досвід та Виконання підготовки звіту ОВД кропітка та відповідальна робота, яку варто доручити організаціям, які мають відповідний досвід.

Громадське обговорення звіту з оцінки впливу на довкілля запланованої діяльності здійснюються у формі громадських слухань, які проводяться уповноваженими органами управління, особливістю яких є одержання від представників громадськості письмових зауважень або пропозицій. Термін обговорення становить 25 – 35 робочих днів, проте це залежить від категорії запланованої господарської діяльності, потужності виробництва, а також чи є загроза транскордонного перенесення забруднюючих речовин від цієї діяльності. Оголошення про початок громадського обговорення щодо запланованої діяльності повинно бути оприлюднене на офіційному веб-сайті уповноважених органів влади.

Уповноважені органи влади надають висновок з оцінки впливу на довкілля суб'єкту господарювання, у якому вказується допустимість чи недопустимість ведення запланованої діяльності та встановлюються умови її реалізації. У разі недопустимості ведення запланованої господарської діяльності у звіті детально обґрунтоване таке рішення. У висновку з ОВД вказується детально результати оцінки впливу на довкілля у розрізі усіх процедур, описані враховані або відхилені зауваження та пропозиції, які були представлені суб'єкту господарювання під час громадського обговорення

У висновку ОВД обов'язково вказують:

- орієнтовні рівні впливу запланованої діяльності на НПС (площа території та чисельність населення);
- детально описаний характер впливу на НПС (кумулятивний, транскордонний, прямий чи опосередкований, постійний чи тимчасовий, тощо);
- природоохоронні заходи, які направлені на запобігання, уникнення, зменшення або усунення впливу на НПС або його об'єкти.

Висновок з ОВД є важливим і обов'язковим до виконання для суб'єкту господарювання щодо запланованої діяльності. Суб'єкт господарювання зобов'язується в повному обсязі виконувати і дотримуватись рішень про провадження запланованої діяльності прописаних у висновку з ОВД, змін у цій діяльності або подовження строків їх впровадження можливе лише з дотриманням норм законодавства.

Надзвичайно важливо під час процедури ОВД встановити на задокументувати всі можливі впливи запланованої господарської діяльності на НПС та розробити для них природоохоронні заходи. Це дозволить виключити штрафні санкції контролюючих органів, які встановили невідповідність фактичної господарської діяльності із запланованою, яка вказана у висновку з ОВД. Також для об'єкта господарювання важливою є громадська думка під час реалізації запланованої діяльності, яка при невідповідності фактичного стану від планової стає негативною.

Спеціально уповноважений орган, який здійснює процедуру ОВД веде Єдиний реєстр з оцінки впливу на довкілля, яка є відкритою та доступною через мережу Інтернет для усіх зацікавлених осіб та організацій. Кабінет Міністрів України визначає порядок ведення та функціонування цього реєстру.

Суб'єкти господарської діяльності можуть залучати до комплексного проведення процедури ОВД спеціалізовані організації, оскільки саме вони можуть розробити та рекомендувати екологічно обґрунтовані управлінські рішення.

Для забезпечення своїх повноважень уповноважений центральний орган влади може створювати експертні комісії, які здійснюють оцінку впливу на НПС, термін перебування членів у комісії – три роки. Також ведеться реєстр експертів, які входять до складу експертних комісій з оцінки впливу на довкілля.

Висновок з ОВД, рішення, дія чи бездіяльність органів державної влади або місцевих органів влади під час проведення процедури з оцінки впливу на довкілля можуть бути оскаржені через суд будь-якою фізичною чи юридичною особою.

2.3. Організація після-проектного моніторингу

У разі необхідності та записаної у висновку потреби суб'єкт господарювання здійснює та реалізовує *післяпроектний моніторинг*. Це проводиться для встановлення розбіжностей і відхилень фактичних рівнів впливу на НПС із прогнозованими, а також оцінку ефективності впроваджених заходів щодо зменшення негативного впливу на НПС.

Порядок проведення, строки і вимоги до післяпроектного моніторингу встановлюються та фіксуються у висновку з ОВД. Результати післяпроектного моніторингу суб'єкт господарювання може врахувати під час своєї діяльності для зменшення, усунення або запобігання негативного впливу та збереження довкілля.

Після-проектний моніторинг довкілля – комплексна система моніторингу (спостережень, оцінки і прогнозу) змін стану довкілля під впливом антропогенних факторів, який є інформаційно-технічною системою спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з визначеною оптимальною кількістю параметрів.

Завданням моніторингу є спостереження за станом довкілля та впливом на нього запланованої господарської діяльності на довкілля та здоров'я людини.

Проведення післяпроектного моніторингу здійснюється поетапно:

1. **Підготовка програми моніторингу та плану після-проектного моніторингу** (складається на основі звіту з ОВД).

2. **Проведення моніторингових спостережень за погодженням із суб'єктом господарювання та територіальним управлінням** (встановлюється графік проведення спостережень).

3. **Проведення досліджень стану НПС** (враховуючи звіт ОВД та за потреби залучати спеціальні установи та організації):

- дослідження ґрунтів;
- дослідження впливу на водні об'єкти;
- аналіз стану атмосферного повітря та викидів підприємства;
- аналіз фізичних факторів (шум, вібрація, тощо);
- аналіз впливу на біорізноманіття (дослідження тварин, рослин, птахів, тощо)
- дослідження впливу господарської діяльності на етапі проектування;
- дослідження впливу господарської діяльності в початковий період.

4. **Розробка звіту з після-проектного моніторингу**, який необхідно у встановлений термін подати до уповноваженого органу управління.

5. **Розробка плану заходів і дій** зменшення негативного впливу на НПС господарської діяльності, природоохоронні заходи повинні бути ефективними та доступними для суб'єкту господарювання.

Якісний звіт після-проектного моніторингу передбачає виконання таких такі науково-технічних робіт:

1. **Моніторинг стану атмосферного повітря** (моніторингові спостереження повинні здійснюватися на території суб'єкта господарювання та у межах санітарно-захисної зони, якщо вона передбачена) включає спостереження за такими забруднюючими речовинами:

- оксид і діоксид вуглецю;
- оксиди азоту;
- оксиди сірки;
- озон;
- аміак;
- метан;
- вуглеводні;
- формальдегід;

- вміст твердих часточок (пил);
- бензапірен, тощо.

2. Здійснення моніторингу за якістю підземних та поверхневих вод включає спостереження за наступними комплексними показниками:

Підземні води:

- рівень ґрунтових вод;
- температура води;
- окисно-відновний потенціал;
- перманганатна окиснюваність;
- мінералізація;
- вміст кальцію, магнію, натрію, калію; хлоридів, сульфатів, гідрокарбонатів;
- вміст сполук азоту (амоній, нітрити, нітрати);
- важкі метали.

Поверхневі води – передбачається моніторинг стану водних об'єктів на які може впливає досліджувана господарська діяльність

Фізичні показники:

- органолептичні характеристики (температура, запах, прозорість, колір)
- візуальні спостереження (засмічення, плями на воді, тощо).

Бактеріологічні показниками:

- колі-індекс – вміст у воді бактерій групи кишкової палички;
- колі-титр – об'єм води у якому можна ідентифікувати одну бактерію групи кишкової палички.

Гідробіологічні показники(найбільш чутливі):

- біоіндикація за видами рослин і тварин

Хімічні показниками:

- вміст розчиненого кисню;
- вміст завислих речовин;
- мінералізація;
- вміст сульфатів;
- вміст хлоридів;
- вміст гідрокарбонатів;
- вміст сполук азоту (загальний, амонійний, нітратний та нітритний);
- вміст фосфатів;
- вміст нафти та нафтопродуктів;
- біологічне споживання кисню (БСК₅);
- хімічне споживання кисню (ХСК);
- вміст важких металів;
- рН (водневий показник).

3. Проведення моніторингу якості ґрунтів (безпосередньо на території господарської діяльності та у межах санітарно-захисної зони).

Якісний станом ґрунтів оцінюється за:

- рівнем ерозії;

- втратою органічних речовин (гумусу);
- зміною або погіршенням гранулометричного складу ґрунту;
- процесами заболочення або засолення;
- вмістом забруднюючих речовин.

Оцінка екологічного стану ґрунтів оцінюється за:

- рН ґрунту (сольове);
 - вміст макроелементів (азоту, фосфору та калію);
 - сума ввібраних основ;
 - агрегатний склад ґрунту;
 - вміст залишків пестицидів пестицидами;
 - вміст важких металів;
 - вміст радіонуклідів.
4. Здійснення моніторингу за рівнем вібраційного впливу.
 5. Здійснення моніторингу шуму (у санітарно-захисній зоні та поблизу житлової забудови).
 6. Дослідження біорізноманіття – передбачає реєстрацію та облік стану флори і фауни території об'єкту господарювання та прилеглих до неї територій. Дослідження проводять за кількісними показниками, динамікою змін чисельності за допомогою сучасних методів дослідження, зокрема, GPS-GSM-трекери, фотопастки, тощо.

Дослідження показників біологічного різноманіття рослин з метою виявлення місць можливого нанесення максимальної шкоди для природно-заповідного фонду. Після-проектний моніторинг здійснюється у відповідності до вимог «Висновку з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності» та «Плану після-проектного моніторингу оцінки впливу на довкілля планованої діяльності».

Спостереження за станом НПС під час запланованої діяльності та проведення після-проектного моніторингу впливає інвестиційну привабливість проекту, є доброю ознакою для інвесторів та обов'язковою умовою співпраці з міжнародними інституціями, окрім того, збільшує рівень довіри та лояльності населення до забудовника.

РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Стан атмосферного повітря може прямо та опосередковано впливати на людину через необхідність постійного використання його у процесах її життєдіяльності. Сучасна антропогенна діяльність впливає на атмосферу нашої планети змінюючи її хімічний склад, тепловий режим, тощо. Забруднення атмосфери вважається найбільш небезпечною формою забруднення біосфери, при цьому, забруднення промислово розвинених міст токсичними речовинами стає незворотним і негативно позначається на здоров'ї населення. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) 92% населення світу дихає повітрям, забрудненим понад допустимі межі.

Організаційну інтеграцію суб'єктів системи моніторингу атмосферного повітря здійснюються Міндовкілля, обласними (Київська та Севастопольська міські) держадміністраціями у сфері охорони атмосферного повітря.

3.1. Законодавча база України щодо моніторингу показників якості атмосферного повітря

Державна система моніторингу атмосферного повітря в Україні постійно модернізується в контексті відповідності світовим стандартам, зокрема, положенням Директиви 2008/50/ЄС³ про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи.

У законодавстві України нормативи якості атмосферного повітря у вигляді гранично допустимих концентрацій (далі – ГДК) забруднювальних речовин в атмосферному повітрі, орієнтовно безпечними рівнями впливу (ОБРВ) забруднювальних речовин в повітрі населених пунктів, які затверджені Міністерством охорони здоров'я України⁴ та ін. Нормативи у вигляді ГДК забруднювальних речовин в атмосферному повітрі закріплено у Державних санітарних правилах охорони атмосферного повітря населених місць⁵. Ці правила *"є загальнодержавним нормативним документом і додержання їх – обов'язкове для міністерств і відомств, підприємств, установ, організацій всіх форм власності, посадових осіб і громадян"*.

Треба зауважити, що гігієнічні нормативи якості атмосферного повітря, які використовуються в Україні, є недосконалими. З огляду на те, що ГДК для деяких речовин розроблені прискореним способом, тому їх надійність дещо сумнівна. У міжнародній практиці використовується такий

³ Директива ЄС 2008/50 про якість атмосферного повітря від. 27 Квітня 2008, 09:41: <https://mepr.gov.ua/news/31285.html>

⁴ Наказ МОН від 15 січня 1997 р. № 8

⁵ Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text>

показник, як **оцінка ризику** – на відміну від ГДК цей показник враховує лише безпосередню дію речовин і чутливість різних груп населення і певним чином передбачає безпороговий канцерогенний або мутагенний вплив деяких речовин. З іншого боку, **оцінка ризику** враховує одночасну (сумарну) шкідливу дію декількох забруднювальних речовин (Черніченко, 2009).

Ще однією проблемою є **відсутність** в Україні **нормативно-правової бази щодо інформування населення про якість атмосферного повітря**. Доступ до такої інформації поки-що регламентується законами про доступ громадськості до екологічної інформації. Наприклад, у місті Києві з інформацією про концентрації головних забруднювальних речовин можна познайомитись на сайті Центральної геофізичної обсерваторії.

До основних нормативних актів, що регламентують функціонування державної системи моніторингу атмосферного повітря, відносять:

- Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища“;
- постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391⁶;
- постанова Кабінету Міністрів України від 09.03.1999 № 343⁷;
- постанова Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827⁸.

У країнах ЄС функціонування системи моніторингу атмосферного повітря регламентується такими директивами:

- Директива 1999/32/ЕС про сірку у рідкому паливі.
- Директива 98/70/ЕС щодо якості бензину та дизельного палива.
- Директива 94/63/ЕС стосовно контролю летючих органічних сполук (ЛОС).
- Директива 2004/42/ЕС про фарби.
- Директива 2004/107/ЕС щодо As, Cd, Hg, Ni та поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) у атмосферному повітрі.
- Директива 2008/50/ЕС чистіше повітря для Європи.

Україна імплементувала положення Директиви 2008/50/ ЄС Постановою КМУ від 14.08.2019 № 827, зокрема, шляхом визначення по всій своїй території країни Зон та Агломерацій відповідно до рівня забруднення атмосферного повітря і порядку їх перегляду. У випадках, коли рівні вмісту забруднювачів перевищують будь-яку з нормативних граничних величин або існує ризик такого перевищення, передбачено розробляти плани дій щодо якості повітря для відповідних територій. Для вирішення питань щодо **управління якістю атмосферного повітря** ця Постанова передбачає створення при Мінприроди Міжвідомчої комісії з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря⁹, яка має широкий спектр повноважень і може

⁶ Положення про державну систему моніторингу довкілля

⁷ Порядок організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: Постанова КМУ від 30 березня 1998 р. N 391. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>

⁸ Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря

⁹ Наказ Мінприроди від 20 квітня 2021 року № 261. URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3384.html>

безпосередньо впливати на розробку програм управління якістю повітря в промислових агломераціях.

Ця Постанова (як і Директива ЄС) встановлює основні порогові значення для захисту здоров'я населення:

- для **PM10** середньорічне – 40 мкг/м³ і 24-годинне граничне значення – 50 мкг/м³, не може перевищуватися більш 35 разів протягом календарного року;
- для **PM2,5** цільове значення та граничне значення для етапу 1 – середньорічне значення 25 мкг/м³;
- для **PM2,5** граничне значення для етапу 2 — середньорічне — 20 мкг/м³;
- для **SO₂** середньогодинне порогове значення на рівні 350 мкг/м³, не повинно перевищуватися більш е 24-х раз за календарний рік; а середнє 24-х годинне порогове значення на рівні 125 мкг/м³, не повинно перевищуватись більше ніж три рази на календарний рік;
- для **CO** граничне добове 8-годинне значення – 10 мг/м³;
- для **NO₂** середньорічне значення на рівні 40 мкг/м³ і середньодинне значення на рівні 200 мкг/м³ – не повинні перевищуватися більше ніж 18 разів за рік;
- для **O₃** цільовими граничним значенням є середньодобове 8-годинне – на рівні 120 мкг/м³, яке не повинно перевищуватися більш ніж 25 днів підряд протягом календарного року 3 роки поспіль;
- для **свинцю** середньорічне — 0,5 мкг/м³;
- для **бензолу** середньорічне — 5 мкг/м³.

Постанова КМУ №827 2019 року (як і Директива ЄС 2008 року) встановлює:

- правила оцінки якості атмосферного повітря (верхній і нижній порогови оцінки, вимірювання, моделювання, комбінування, цілі щодо якості даних);
- принципи підготовки місцевих, регіональних або національних планів поліпшення якості атмосферного повітря, у тому числі перелік відомостей, які мають бути включені, та короткострокових планів дій, включаючи їх докладний зміст;
- принципи визначення зон та агломерацій;
- звітність до Європейської Комісії про якість атмосферного повітря;
- вимоги доступності інформації для громадськості.

3.2. Забруднення атмосферного повітря

Атмосфера Землі включає такі гази як: азот – 78,08 %, кисень – 20,95 %, аргон – 0,93%, діоксид вуглецю – 0,03 %, неон – 0,01 %, а також гелій, метан, радон та деякі інші (табл. 3.1). Склад атмосферного повітря та їх концентрація газів важливі для людини та біосфери, оскільки вони впливають на процеси формування клімату на планеті.

Моніторинг атмосферного повітря – це інформаційно-технічна система спостережень, оцінки та прогнозування рівня забруднень атмосферного повітря.

Термін *забруднення атмосфери* свідчить про наявність у повітрі газів, твердих або рідких речовин, які мають негативно впливають практично на всі

живі організми прямо або змінюючи умови їх існування, а також наносять матеріальні збитки для суспільства.

Таблиця 3.1. Складові чистого повітря в приземному шарі

Газ	Молекулярна маса	Відносний вміст %		Загальний вміст в атмосфері Землі, т
		за об'ємом	за масою	
Азот (N ₂)	28,02	78,08	75,53	4,0x10 ¹⁵
Кисень (O ₂)	32,0	20,95	23,14	1,2x10 ¹⁵
Аргон (Ar)	39,94	0,93	1,28	6,8x10 ¹³
Діоксид вуглецю (CO ₂)	44,01	0,033	0,05	2,6x10 ¹²
Неон (Ne)	20,18	0,0018	0,001	5,3x10 ¹⁰
Гелій (He)	4,0	0,0005	0,00007	3,9x10 ⁹
Криптон (Kr)	16,05	0,00015	0,00008	4,4x10 ⁹
Ксенон (Xe)	83,7	0,0001	0,00003	1,6x10 ⁹
N ₂ O	44,02	0,00005	0,00008	4,2x10 ⁹
Водень (H ₂)	2,02	0,00005	0,000003	1,6x10 ⁸
Озон (O ₃)	48,0	0,00004	0,00007	3,7x10 ⁹

Відомо, що більше 80% всіх забруднювальних речовин потрапляє в атмосферу при спалюванні органічного палива, зокрема, нафти, вугілля і газу. Щорічно спалюється більше 1 млрд. т палива, що призводить до викидів в атмосферу близько 220 млн. т сірчаного ангідриду, 450 млн. т оксиду вуглецю, 7,5 млн. т оксидів азоту і 150 млн. т інших речовин.

Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) регулярно публікує Бюлетень, у якому фокусує увагу на транскордонний характер перенесення забруднень атмосферного повітря (рис. 3.1) та наголошує на необхідності колективних дій щодо збереження якості повітря і боротьбі зі змінами клімату (оскільки забруднювальні речовини, що погіршують погіршення якості повітря, часто є і парниковими газами).

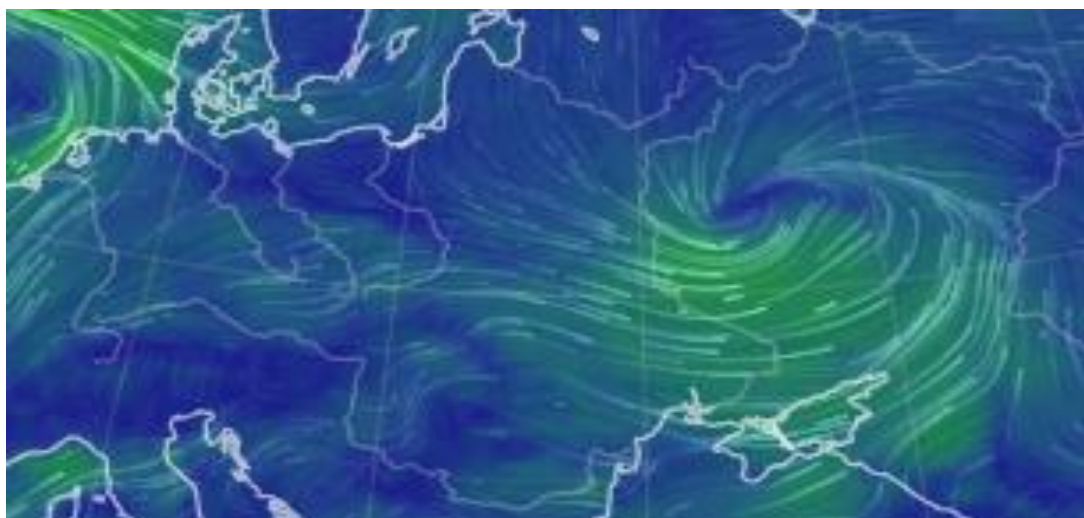


Рис. 3.1. Карта вітрів на поверхні Землі станом на 28.10.2023

(джерело: <https://earth.nullschool.net/>)

Вказаний бюлетень формується на даних від Глобальної служби атмосфери ВМО, яка виконує систематичні моніторингові дослідження як якості повітря, так і концентрації парникових газів. Такі дослідження забезпечують можливість кількісної оцінки ефективності управлінських дій, щодо покращення якості повітря і боротьбі зі змінами клімату.

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

Систематичні спостереження за забрудненням атмосфери здійснюються з початку 60-х років минулого століття. На території України спостереження за рівнем забруднень атмосфери почали проводити з 1961 р. З 2003 р. в Україні характеристики якості атмосферного повітря визначаються в 54 містах на 168 стаціонарних постах. Основний обсяг спостережень припадає на *пил, CO, CO₂, SO₂, NO_x*.

В Україні наукові і методологічні основи організації мережі спостережень виконують підрозділи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів. При цьому головна мета системи моніторингу за атмосферним повітрям полягає у забезпеченні державних органів, громадськості та різних організацій систематичною інформацією про якість атмосферного повітря і про можливі змін його стану під впливом антропогенної діяльності і метеорологічних умов.

Стандартна мережа постів системи моніторингу атмосферного повітря має забезпечувати своєчасною і достовірною інформацією для вирішення комплексу таких завдань:

- 1) оцінювати рівень забруднення атмосфери (РЗА);
- 2) вивчати вплив забруднення повітряного басейну на захворюваність населення;
- 3) оцінювати вплив забруднення атмосферного повітря агрокосистемам, лісам, тваринам, будівлям і архітектурним спорудам;
- 4) планувати розташування виробничих підприємств та визначати розміри санітарно-захисних зон;
- 5) проводити розрахунки та фактичні показники розсіювання у атмосфері забруднюючих речовин від джерел викидів;
- 5) оцінювати фоновий рівень забруднення атмосферного повітря.

Для вирішення всіх комплексу задач необхідно вміти використовувати методи і технічні засоби вимірювань, оптимізувати періодичність і частоту спостережень, визначати оптимальну кількість стаціонарних і маршрутних постів, а також формувати регіональні програми роботи стандартної мережі моніторингу атмосферного повітря.

Забруднення атмосферного повітря поділяються на *природні* та *штучні*. Під час *природного забруднення* хімічні речовини потрапляють в атмосферу внаслідок природних процесів, зокрема:

- пил, який є результатом руйнування гірських порід, пилових бурь, виверження вулканів, пожеж, тощо;
- аерозолі, які потрапляють в атмосферу при розбризкуванні (випаровуванні води та ін.);
- органічні тверді часточки, які складається з решток живих організмів, які представлені бактеріями, спорами грибів, пилом рослин або відмерлими рештками рослин і тварин;
- космічний пил представлений рештками космічних тіл, зокрема, метеоритів і космічних апаратів.

Штучне, або антропогенне, забруднення атмосфери відбувається в результаті господарської діяльності людини та зумовлює зміни природного складу атмосферного повітря.

Забруднюючі речовини, в залежності від їх будови і особливостей впливу на атмосферу поділяються на:

- *механічні* забруднюючі речовини (часточки піску і ґрунту; викиди автомобілів, металургійних комбінатів; попіл і сажа від згорання вугілля; часточки гуми, тощо);
- *хімічні* забруднюючі речовини – тверді та аерозольні речовини, які здатні вступати в хімічні реакції з іншими речовинами за нормальних погодно-кліматичних умов.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря як в Україні, так і в більшості країн світу є:

1. Об'єкти теплоенергетики;
2. Транспорт (переважно автотранспорт);
3. Підприємства чорної і кольорової металургії;
4. Підприємства хімічної промисловості;
5. Агропідприємства, консервні заводи тощо.
6. Об'єкти видобутку і переробки природних копалин;
7. Підприємства машинобудування;
8. Будівельні майданчики.

Основними забруднювальними речовинами (табл. 3.2), що надходять до атмосфери при спалюванні палива, є тверді частинки (аерозолі - зола, сажа, дрібнодисперсні фракції PM 2.5, PM 10), озон (O₃), оксиди вуглецю (CO, CO₂), оксиди сірки (SO₂, SO₃) і оксиди азоту (NO, NO₂, N₂O₄).

Таблиця 3.2. Розподіл забруднювальних речовин (т/рік)

Речовина	Походження	
	Природне	Антропічне
1	2	3
Оксид вуглецю	—	3,5 • 10 ⁸
Діоксид сірки	14 • 10 ⁷	1,45 • 10 ⁸
Оксиди азоту	1,4 • 10 ⁹	(1,5 - 2,0) • 10 ⁷
Тверді частинки (аерозолі)	(7,7 - 22,0) • 10 ¹⁰	(9,6 - 26,0) • 10 ¹⁰
Озон	2,0 • 10 ⁹	—
Вуглеводні	1,0 • 10 ⁹	1,0 • 10 ⁶
Свинець	—	2,0 • 10 ⁶

1	2	3
Діоксид вуглецю	$0,1 \cdot 10^{13}$	$0,18 \cdot 10^{11}$
Сірководень	$1,9 \cdot 10^7$	$0,36 \cdot 10^7$

В Україні встановлені гранично-допустимі концентрації (ГДК) для найбільш поширених забруднювальних речовин (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Гранично допустимі концентрації пріоритетних забруднювальних речовин

Речовина	ГДК	Ступінь небезпечності
Пил (тверді частинки)	0,15 мг/м ³	II
Дрібнодисперсний пил PM _{2,5} та PM ₁₀	25 мкг/м ³	-
Оксид вуглецю	3,0 мг/м ³	III
Діоксид сірки	50 мкг/м ³	IV
Діоксид азоту	40 мкг/м ³	III
Озон	160 мкг/м ³	-
Аміак	40 мкг/м ³	IV
Ртуть	3 мкг/м ³	I

Автомобільний і залізничний транспорт відносять до найбільших джерел забруднення атмосферного повітря. Один автомобіль за рік в середньому проходить за рік 15 тис. км, споживає близько 4 т кисню, спалює 2-3 т палива і викидає в повітря близько 3,25 т CO₂, 0,530 т CO, 0,027 т NO_x і майже 10 кг гумового пилу. Вихлопні гази містять близько 400 різних хімічних сполук, серед яких найбільш токсичними є CO, NO_x, SO_x, C_nH_m (в т.ч. ПАВ), альдегіди, Pb.

Автотранспорт у великих містах викидає близько 90% CO, 70% C_nH_m та майже 98% всього свинцю, який входить до складу антидетонаторної добавки (CH₃)₄Pb. Транспорт є джерелом шуму, пилу і вібрації.

У металургії широко використовується кокс, виробництво якого супроводжується виділенням великої кількості твердих і газоподібних забруднювальних речовин. Виробництво чавуну, сталі, феросплавів також супроводжується викидами твердих часток, а кольорова металургія є джерелом викидів пилу, діоксиду сірки, оксидів свинцю, миш'яку, стибію і міді.

Пил, що виділяється при технологічних процесах в машинобудуванні, містить оксиди заліза, марганцю, магнію, алюмінію та інших хімічних елементів. Велика кількість пилу виділяється при приготуванні формовочних сумішей. При плазменному різанні металів утворюється озон, а гальванічні цехи є джерелом парів таких кислот як соляна, сірчана, азотна і плавикові.

З величезної кількості ЗР, що Підприємства хімічної промисловості викидають Cl₂, NO_x, H₂S, HF, а також комплекс органічних сполук у складі вуглеводнів, альдегідів, кетонів та органічних кислот.

У процесах відкритої розробки родовищ корисних копалин відбувається інтенсивне забруднення атмосферного повітря пилом і газами, що утворюються при вибухах і роботі транспорту (CO, CO₂, NO_x, SO₂, вуглеводні, альдегіди) -

наприклад, в кар'єрах Криворізького басейну утворюється 11 тис. т/рік токсичних газів (в перерахунку на CO).

Будівельна індустрія є джерелом надходження в атмосферу твердих часток (карбонати і оксиди кальцію, шлак, цемент тощо) Найбільша кількість газоподібних забруднювальних речовин утворюється при виробництві цементу, при випаленні цегли (сполуки фтору і діоксиду сірки), в при виробництва скла – викиди фтору і оксидів азоту.

Забруднення атмосферного повітря відбувається в результаті ерозійних процесів ґрунту, що може викликати пилові бурі, коли в повітря піднімаються десятки тон пилу і переносяться на значні відстані. При внесенні отрутохімікатів і мінеральних добрив значна їх частина (часто до 30% і більше) потрапляє в атмосферне повітря. Суттєвими забруднювачами атмосферного повітря є випаровування тваринницьких ферм і птахофабрик, агропромислових комплексів з виробництва м'яса і молока, консервних заводів та інших підприємств агропромислового комплексу (зокрема, аміак, сірковуглець, меркаптани та ін.).

Техногенні джерела забруднення відрізняються за:

- *типом викидів*: технологічні, вентиляційні викиди;
- *місцем розташування*: високі, низькі, затінені, незатінені, наземні, розташовані нижче за будинки і такі, що знаходяться у зоні дії вітрового потоку;
- *геометричною формою*: точкові та лінійні;
- *режимом роботи*: безперервні, періодичної дії, залпові та імпульсні;
- *за дальністю поширення*: внутрішньо площинні та поза площинні.

Велика частина забруднення атмосфери відбувається в результаті діяльності теплоелектростанцій (ТЕС). За відкритими даними щорічно вони викидають в атмосферне повітря 100-120 млн. т золи на рік, що складаються з твердих часток (зола, саж), оксидів сірки (98-99% SO_2 і 1-2% SO_3) і оксидів азоту (NO , NO_2 , N_2O_4). При наявності водяної пари SO_3 утворює сірчану кислоту, суспензії якої небезпечні для живих організмів і людини.

Основну роль у глобальному поширенні поллютантів в біосфері відіграють процеси, які відбуваються у верхній шарах атмосфери, зокрема, тропосфері і стратосфері. Середня тривалість існування дрібнодисперсних частинок в *стратосфері* - 2 роки, у шарі між тропосферою і стратосферою – 4 місяці, у верхній частині тропосфері – 30 діб, в нижній тропосфері – 6-10 діб. Тривалість існування газів антропогенного генезису сягає в середньому 2-4 місяці. Через це в атмосфері нагромаджуються значні кількості синтетичних речовин, зокрема, радіоактивні типу криптону ^{85}Kr з періодом піврозпаду 10,5 років, який є продуктом викиду ядерних реакторів.

У більшості ж випадків значна частина поллютантів зосереджена біля земної поверхні на незначних висотах недалеко від джерел викидів. Так, концентрація пилу на відстані до 15 км від місця викиду, зменшується майже на порядок, а концентрації аніонів хлору, натрію і калію зменшуються майже у 2 рази. Радіус зони впливу джерел викиду забруднювальних речовин становить,

як правило, 2-3 км – у межах цієї зони вміст *Cu*, *Zn*, *Pb*, *Sn* у 3-5 разів перевищує фоновий, а у безпосередній близькості до джерела – у 50-150 разів.

Інтенсивність осідання бенз(а)пирену на різних відстанях від джерела викиду в атмосферне повітря складає від 18 кг/км² (на відстані менше ніж 1 км), до 0,003 кг/км² (на відстані до 30 км) від джерела викидів.

Бенз(а)пирен і пестициди (зокрема, ДДТ) виявлені в пробах снігу і льоду навіть в Антарктиді. Дальність переносу ЗР, що викидаються в атмосферу, значною мірою залежить від їх трансформації в нижніх шарах атмосфери.

Формальдегід (CH₂O) в звичайних умовах є безбарвним газом з різким запахом, який добре розчинний в воді. Отримують цю речовину в промислових масштабах шляхом окислення метанолу. Досить давно відомі бактерицидні властивості цієї хімічної сполуки - всім знайомий формалін, застосовуваний в анатомії для консервації тканин і органів, є звичайним 40% -м водним розчином мурашиного альдегіду. Дубильні властивості зробили його незамінним складовим засобом для шкіряної і деревообробної промисловості. Крім того, він використовується при виробництві різних косметичних засобів, а також в харчовій промисловості (як добавка під кодом E240). Найбільшу небезпеку становлять пари формальдегіду. Адже хронічне отруєння ними викликає такі симптоми: алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми, порушення сну, психічне збудження, тремтіння, схуднення, головні болі, розлад зору і координації.

Діоксид азоту (NO₂) – безбарвний отруйний газ без запаху, який подразнює органи дихання. Отруєне оксидами азоту повітря виявляє свою дію з легкого кашлю, а при збільшенні концентрації може викликати сильний кашель, блювоту і навіть головний біль. При контакті з вологою поверхнею оксиди азоту утворюють азотні кислоти, що можуть призвести до ураження легень. У атмосферному повітрі урбоєкосистем можуть взаємодіяти із карбоновмісними сполуками та утворювати смог.

Діоксид сірки (SO₂) - безбарвний газ з гострим запахом. У малих концентраціях діоксид сірки створює неприємний смак в роті, подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Виділяється в атмосферу в основному в результаті роботи теплоелектростанцій (ТЕС) при спалюванні бурого вугілля і мазуту, і при отриманні багатьох металів з сірковмісних руд. При спалюванні вугілля чи нафти сірка в них окислюється, при цьому утворюються два з'єднання - діоксид сірки і триоксид сірки. При розчиненні у воді діоксид сірки утворює кислотні дощі, які негативно впливають на рослини, підкислюють ґрунт, збільшують кислотність озер. Навіть при середньому вмісті оксидів сірки в повітрі, що нерідко має місце в містах, рослини набувають жовтуватий відтінок. Призводить до захворювань дихальних шляхів, наприклад, бронхіти, частішають при підвищенні рівня оксидів сірки в повітрі.

Озон – це безбарвний газ, який може бути хорошим чи поганим, в залежності від того, де він знаходиться. Озон у стратосфері добре, тому що захищає землю від сонця ультрафіолетові промені. Озон на рівні землі, де ми дихаємо, це погано, оскільки може завдати шкоди здоров'ю людини.

Озон може викликати ряд проблем зі здоров'ям, в тому числі кашель, утруднене дихання та пошкодження легень. Вплив озону може зробити легені більш сприйнятливими до інфікування, посилення захворювань легень, особливо збільшення частоти нападів астми та ризику ранніх нападів, а також бути причиною смерті від хвороби серця або легень.

На концентрацію основних поллютантів в атмосферному повітрі істотно впливають метеорологічні умови та рельєф місцевості.

Забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсним пилом і озоном. Наприклад, тверді частинки PM2.5 можуть досить легко проникати через біологічні бар'єри (зокрема, через клітинні мембрани) і тому є найбільш небезпечними для організму людини. Тверді частинки (зокрема, і аерозолі) розміром менше 2,5 мкм знаходяться в повітрі як в лісі, так і на морі, але саме в місті становлять найбільшу небезпеку.

За своїм походженням PM2.5 діляться на первинні, які викидаються в повітря у вигляді шматочків сажі, асфальту і автомобільних покришок, частинки мінеральних солей і сполук важких металів. До PM2.5 відносяться і біологічні забруднення у вигляді алергенів і мікроорганізмів.

Вторинні ж PM2.5 утворюються безпосередньо в атмосфері. Наприклад, оксиди азоту та сірки в міському повітрі можуть контактувати з водою, утворюючи кислоти, з яких виокремлюються тверді частинки солей у вигляді нітратів і сульфатів.

За походженням твердих часток PM2.5 виділяють:

- 1) **штучні (антропогенні)** – головним джерелом таких частинок є різні види транспорту, промислові процеси (виробництво цементу, кераміки, цегли, плавильне виробництво), спалювання вугілля і нафти, будівництво, видобуток корисних копалин,. В містах джерелом -цих часточок є ерозія дорожнього покриття і стирання гальмівних колодок;
- 2) **природні (неантропогенні)** – ерозія ґрунтів (в районах з малою кількістю опадів) і органічні випаровування.

3.3. Методи вимірювання показників якості атмосферного повітря

В Україні, як і в більшості країн Європи, для оцінювання якості атмосферного повітря використовуються вимірювання параметрів атмосфери та вмісту хімічних речовин з певною періодичністю з відбором проб, індикаторні вимірювання та методи математичного моделювання.

Вимірювання з однакою періодичністю забезпечують можливість отримання найбільш точних і достовірних даних про вміст поллютантів в атмосферному повітрі, оскільки передбачають безпосередній аналіз проб повітря.

Загалом методи дослідження поділяють на якісні і кількісні. Завданням якісного аналізу є виявлення наявності того чи іншого хімічного елемента чи сполуки у складі досліджуваної речовини.

При кількісному аналізі визначають масовий вміст речовини в досліджуваній пробі або встановлюють кількісні співвідношення між складовими частинами речовини. Якісний аналіз зазвичай передреє кількісному.

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

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

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

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

3.4 Пости спостережень – категорії, розміщення і кількість

Сучасний моніторинг за атмосферним повітрям спостережень за забрудненням атмосферного повітря включає використання стаціонарних, маршрутних і пересувних (підфакельних) постів спостережень. На постах спостережень проби повітря відбирають за допомогою електроаспіраторів як вручну, так і автоматизованими системами автоматичного контролю навколишнього середовища типу.

Під *постом спостереження* мають на увазі спеціальний павільйон (у вигляді малої архітектурної форми) або автомобіль, обладнані відповідними приладами для вимірювання параметрів, що свідчать про якість атмосферного повітря.

Стаціонарний пост спостереження (рис. 3.2) має забезпечувати регулярний відбір проб повітря з метою ідентифікації та реєстрації вмісту обраних поллютантів.



Рис. 3.2. Стационарний пост спостережень за станом атмосферного повітря

За допомогою *маршрутних постів спостережень* здійснюють як регулярні, так і контрольні відбирання проб атмосферного повітря, в місцях, де неможливо чи недоцільно встановлювати стаціонарний пост. Такі пости забезпечують можливість більш детального вивчення забруднення атмосферного повітря у конкретних досліджуваних територіях, зокрема житлових або промислових областях. Такі спостереження здійснюють за допомогою спеціально обладнаних машин, які пересуваються відповідно за точка GPRS по заздалегідь обраних ділянках. Відбір проб повітря в кожній запланованій точці у відповідності до порядку об'їзду необхідно проводити в один і той же час доби.

Підфакельні пости призначені для відбору проб атмосферного повітря на території, визначеній димовим (або газовим) факелом для своєчасного виявлення зони впливу конкретного джерела викиду специфічних або базових політантів. Підфакельні пости, як правило, розташовують на фіксованих відстанях від джерела викидів у напрямку переважаючого напрямку вітру за рухом викиду із факела, що обстежується.

Спостереження за якістю атмосферного повітря регулярно проводять у [53 містах України](#)¹⁰. Більшість існуючих стаціонарних постів застарілі, проби на них, як правило, збираються вручну та переносяться в хімічні лабораторії Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО). Зведена інформація стає доступною лише на наступну добу, а у більшості обласних центрів раз на півроку.

Репрезентативність і достовірність результатів спостережень в містах залежить від коректності розташування постів на території міста. Вибір *місця розташування стаціонарних постів* повинен враховувати можливість отримання достовірної інформації щодо рівня забруднення атмосферного повітря, який характерний для відповідного міста або ж концентрацію

¹⁰ Сайт міністерства захисту довкілля і природних ресурсів України:
<https://mepr.gov.ua/content/ekologichniy-monitoring-dovkilliya.html>

поллютантів в конкретній точці впливу викидів окремого джерела – промислового підприємства, автомагістралі чи іншого джерела.

В окремих випадках стаціонарні пости спостережень розташовують на ділянках, на яких, завдяки перемішуванню міського повітря рівень забруднень визначається сумарним впливом всіх джерел викидів. *В інших випадках* стаціонарні пости спостережень розташовують в зоні максимальних концентрацій викидів від конкретного точкового джерела.

Необхідність контролю забруднень атмосферного повітря в зоні впливу різних джерел визначається попередніми польовими і теоретичними дослідженнями. Як правило, обстеження території міста проводять, пересувними лабораторіями протягом 1-2 років. На карту-схему міста наноситься координатна сітка з кроком 0,1; 0,5 або 1,0 км, потім у вузлах сітки відбирають проби повітря і аналізують. З другого боку за допомогою математичних моделей розраховуються поля концентрацій з урахуванням метеорологічних факторів, характерних для регіону, що вивчається, а також з урахуванням характерних джерел забруднення. За генеральним планом розвитку міста враховуються можливість розміщення великих джерел викидів і житлових районів. Таким чином визначається необхідність створення системи моніторингу атмосферного повітря на локальному чи імпактічному рівнях і розробляється програма її роботи.

При цьому потрібно враховувати повторюваність напряму вітру над територією міста – певних напрямках викиди від невеликих підприємств можуть створювати загальний факел, порівняний з факелом великого джерела. Якщо повторюваність таких напрямів досить велика, то зона максимального рівня забруднення буде на відстані 2-4 км від основної групи підприємств з високими джерелами викидів і на відстані 0,5-2 км від підприємств з низькими джерелами. Також визначається зона найбільших максимальних концентрацій ЗР поблизу автомагістралей – відчутний вплив простежується на відстані 50-100 м від краю проїзної частини.

Таким чином, оптимізована стандартна мережа стаціонарних пунктів спостережень повинна забезпечувати достовірні дані щодо просторово-часових закономірностей розподілу поллютантів в атмосфері без надлишкової інформації, при мінімальних матеріальних і трудових затратах.

Державна система моніторингу до 2019 року рекомендувала визначати кількість стаціонарних постів спостережень залежно від чисельності населення в місті, його площі, рельєфу місцевості, мережі місць відпочинку та ступеня індустріалізації, зокрема, від кількості *джерел викидів*. На сьогодні в Україні стаціонарні пости в містах встановлені з розрахунку 1 пост на 10-20 км² у рівнинній місцевості і 1 пост – на 5-10 км² в пересіченій.

Наказом Міністерства внутрішніх справ України від 13 травня 2021 року встановлено новий Порядок розміщення стаціонарних постів спостережень, який включає комплекс вимог щодо оптимізації кількості постів спостережень за

забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях для проведення фіксованих вимірювань та визначення раціональних місць їх розташування¹¹.

Встановлені цим Порядком вимоги до вибору місць розташування постів спостережень рекомендується враховувати:

- інформацію про наявні джерела викидів;
- метеорологічні та топографічні дані, які можуть впливати на розсіювання забруднювальних речовин;
- інформацію про кількість населення та інтенсивність руху транспортних засобів;
- при відсутності попередніх моніторингових досліджень проводяться скринінгові дослідження на даній території за допомогою пересувних (мобільних) станцій і розрахунків полів розсіювання концентрацій забруднювальних речовин.

Пости повинні и спостережень розташовуватися на відкритій з усіх боків ділянці та поділяються на *фонові, промислові, транспортно-орієнтовані, приміські та сільські*.

Для оцінювання впливу забруднювальних речовин на здоров'я населення, необхідно визначати якість атмосферного повітря на таких територіях:

- відрізках вулиці довжиною більше 100 м та прилеглих територіях площею не менше 200 кв. м і на транспортно-орієнтованих ділянках;
- промислових ділянках розміром більше 250x250 м;
- житлової забудови площею декілька км².

У додатку 1 до прийнятого МВС Порядку розміщення пунктів спостережень рекомендовано визначати мінімальну кількість постів спостережень в зонах та агломераціях з врахуванням як чисельності населення так і перевищення верхніх і нижніх порогових значень (табл.3.4).

Фонові пости спостережень розташовують не ближче ніж 5 км від зон забудови, промзон і автомагістралей та не менше 20 км від агломерацій.

Таблиця 3.4. Кількість постів в залежності у Зонах і Агломераціях*

Чисельність населення, тис. чол.	Мінімальна кількість постів										
	Максимальні концентрації перевищують верхні порогові оцінювання				Максимальні концентрації в межах між верхнім і нижнім порогоми				При фіксованому вимірюванні концентрацій озону		
	NO ₂ , SO ₂ , CO, H ₂ S	PM _{2,5} + PM ₁₀	As, Cd, Ni	бенз(a) пірен	NO ₂ , SO ₂ , CO, H ₂ S	PM _{2,5} + PM ₁₀	As, Cd, Ni	бенз(a) пірен	міські та приміські агломерації	інші зони	сільські околиці
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0 - 249	1	2	1	1	1	1	1	1		1	1 пост на 50000

¹¹ Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#n13>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
250 – 749	2	3	1	1	1	2	1	1	1	2	км2-при середній щільності або та 1 пост на 25000 км-2 для умов складно
750 - 999	3	4	2	2	1	2	1	1	2	2	
1000 - 1999	5	7	2	2	2	3	1	1	3	4	
2000 -2749	6	8	2	3	3	4	1	1	4	5	
2750 - 3749	7	10	2	3	3	4	1	1	5	6	
4750-5999	9	13	4	5	4	6	2	2	+ 1 пост на 2 млн	+ 1 пост на 2 млн	
> 6000	10	15	5	5	4	7	2	2			

*Таблиця складена згідно з рекомендаціям Наказу МВС України
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#n98>

3.4. Сучасні автоматичні станції моніторингу атмосферного повітря

Автоматизовані та автоматичні системи екологічного моніторингу стану атмосферного повітря, поверхневих і морських вод та ґрунтів повинні відповідати всім вимогам до формування системи моніторингу¹².

Автоматизовані системи екологічного моніторингу повинні виконувати:

- довготривалі спостереження екологічного стану навколишнього середовища з певною періодичністю;
- забезпечувати наукову підтримку прийняття управлінських рішень у галузі охорони і захисту довкілля, збалансованого природокористування та екологічної безпеки,
- забезпечувати інформування населення країни, органи державної влади і місцевого самоврядування та міжнародні організації про стан довкілля.

Автоматизована система екологічного моніторингу повинна складатись з наступних підсистем:

- **підсистема пробовідбору**, яка повинна дозволяти безперервно відбирати проби повітря у автоматичному режимі для подальшого аналізу;
- **аналітичні сенсори**, забезпечують селективний і кількісний аналіз відібраних проб повітря;
- **спеціальне програмне забезпечення**, дозволяє в режимі реального часу обробляти і виводити на сайт оперативну інформацію про концентрацію забруднювальних речовин в атмосферному повітрі

До пріоритетних (відповідно до додатку А Постанови КМУ № 827 від 14.08.2019 р.) забруднювальних речовин, які визначають показники якості атмосферного повітря, відносять:

- Пил ТЧ10 і ТЧ2.5;
- Концентрація CO, NO, NO_x, NO₂, SO₂, O₃, H₂S, NH₃;
- Леткі органічні вуглеводні (ЛОВ)

¹² Автоматизовані системи екологічного моніторингу:
<https://ecomonitoring.hlr.ua/моніторинг/середовища>.

- Одоранти та сірковмісні сполуки

Окрім концентрацій вказаних забруднювальних речовин автоматичні станції обов'язково визначають такі метеорологічні показники, як *швидкість і напрямок вітру, атмосферний тиск, температуру і відносну вологість повітря*. Сучасні автоматичні станції моніторингу атмосферного повітря¹³ (рис. 3.3) забезпечують зняття інформації один раз в 5 секунд, надсилають данні на сервер один раз в хвилину, запис всіх даних у внутрішню пам'ять, збереження GPS координат кожного виміру і вивід даних на дисплей у реальному часі.

Автоматична станція AQM 65 (виробництва фінської фірми **VAISALA**) забезпечує отримання надійних та захищених даних. Під час прямих польових випробувань AQM 65 демонструє статистичну кореляцію з даними, отриманими з еталонних аналізаторів, затвердженими EPA США та ЄС. При цьому, повний комплект AQM 65 – вагою всього 30 кг – коштує в три-п'ять разів менше, ніж еквівалентна опорна станція. Система забезпечує одночасне вимірювання до 10 поллютантів: CO, PM10, PM2.5, SO2, O3, NO2, H2S, NMHC, VOC' та ін. Автоматичну роботу станції забезпечує вбудована система збору, зберігання та передачі інформації, дистанційний доступ і управління, графічна візуалізація, передавання даних по GSM/Ethernet/Wi-Fi каналах.



Рис. 3.3. Автоматичні станції моніторингу атмосферного повітря
а - індикативна станція моніторингу AQM65; **б** - станція AirFreshMax;
в - переносна автоматична станція Sapfir-32

Автоматична станція AirFreshMax¹⁴ (сенсори ВАРМ і ТОЕМ), розроблена Громадською організацією «Фрі Ардуіно». Станція працює в мережі громадського моніторингу якості повітря EсоCity. Вона дозволяє здійснювати реєстрацію в режимі реального часу концентрації дрібнодисперсного пилу

¹³ Ці станції забезпечують вимоги *Постанови КМУ № 827* від 14.08.2019 р. та *Директиви №2008/ 50/ЄС* від 21.05.2008 р.

¹⁴ AirFreshMax - пристрій вимірювання PM2.5 PM10. <https://beegreen.com.ua/uk-ua/air-fresh-max-16880>.

(PM2.5 і PM10), концентрації CO, NO₂, SO₂, NH₃, O₃, радіаційний фон RAD, а також головні метеорологічні показники (температура і вологість повітря, атмосферний тиск і швидкість вітру).

Мобільна автоматична станція Sapphire64 розроблена Громадською організацією «Фрі Ардуіно». Це портативна станція працює від акумуляторних батарей, що можуть забезпечувати живленням станцію протягом понад 48 годин¹⁵. Станцію можна переносити і використовувати будь-де. Станція знімає дані з більш ніж десятка сенсорів кожні 5 секунд, після чого виводить всі покази на TFT дисплей і зберігає кожен окремий вимір в пам'яті пристрою з точним часом вимірювання. Встановлені на Sapphire64 сенсори можуть вимірювати одночасно до 13 показів якості повітря і опційно шум (шумомір встановлюється на замовлення).

Індикативний сенсорний комплекс Polludrone (рис. 3.4, а) забезпечує одночасне вимірювання до 10 забруднювальних речовин (PM1, PM2,5, PM10, PM100, оксид вуглецю CO, діоксид вуглецю CO₂, діоксид сірки SO₂, діоксид азоту NO₂, озон O₃, сірководень H₂S, шум, освітленість, УФ, температуру і вологість). Система моніторингу якості повітря працює з різними протоколами дротового і бездротового зв'язку, такими як GSM, WiFi, LoRA, Sigfox, NBIoT

Автоматизована робота комплексу забезпечується від сонячних батарей, при цьому використовуються різні метод аналізу і вимірювання: *електрохімічний, оптичні вимірювання і лазерне розсіювання*. Легка і компактна система, встановлюється на висоті 3,5-5 м.

Індикативний сенсорний комплекс Odosense (рис. 3.4, б) забезпечує моніторинг запахів навколо смітників, очисних споруд, добрив, целюлозно-паперової промисловості, ділянок обробки ґрунту і тощо. **Odosense** одночасно вимірює параметри запаху таких забруднювальних речовин, як діоксид сірки, сірководень, аміак, метилмеркаптан, TVOC (бензол, толуол, ксилол), формальдегід (CH₂O), діоксид азоту, хлор, а також метеопказники (температура і вологість). Електрохімічні методи вимірювання і має широкий спектр варіантів підключення, таких як GSM / WiFi / LoRa / NBIoT / Ethernet



а)



б)

Рис. 3.4. Індикативні автоматичні комплекси моніторингу атмосферного повітря (а – Polludrone; б – Odosense)

¹⁵Sapphire 64 – дослідна мобільна станція громадського моніторингу якості повітря

<https://beegreen.com.ua/uk-ua/sapphire-64-doslidna-mobilna-stanciia-monitoringu-povitrja-17304>

Орієнтовна вартість таких індикативних автоматичних станцій моніторингу атмосферного повітря (включаючи документацію, монтаж та пуско-налагодження) – близько 7 млн. грн.

Останнім часом на ринку засобів вимірювання показників якості атмосферного повітря з'явилась велика кількість автоматичних пристроїв з Китаю, Японії, Словенії, Чехії та інших країн. В Україні подібні пристрої постійно вдосконалюють громадські організації "ЕкоСіті", "Ардуіно", ЛУН Місто та "СейвДніпро", які підтримують платформи EcoCity, SaveEcoBot, LuftDaten та AirPollution¹⁶ (рис. 3.5).

Активізація процесів модернізації державної системи моніторингу довкілля України з 2018 року відбувається, зокрема, на регіональному рівні. На сайті SaveEcoBot наведено перелік платформ, проектів та органів місцевого самоврядування, на яких представлені 111 сучасних автоматичних станцій моніторингу атмосферного повітря¹⁷.

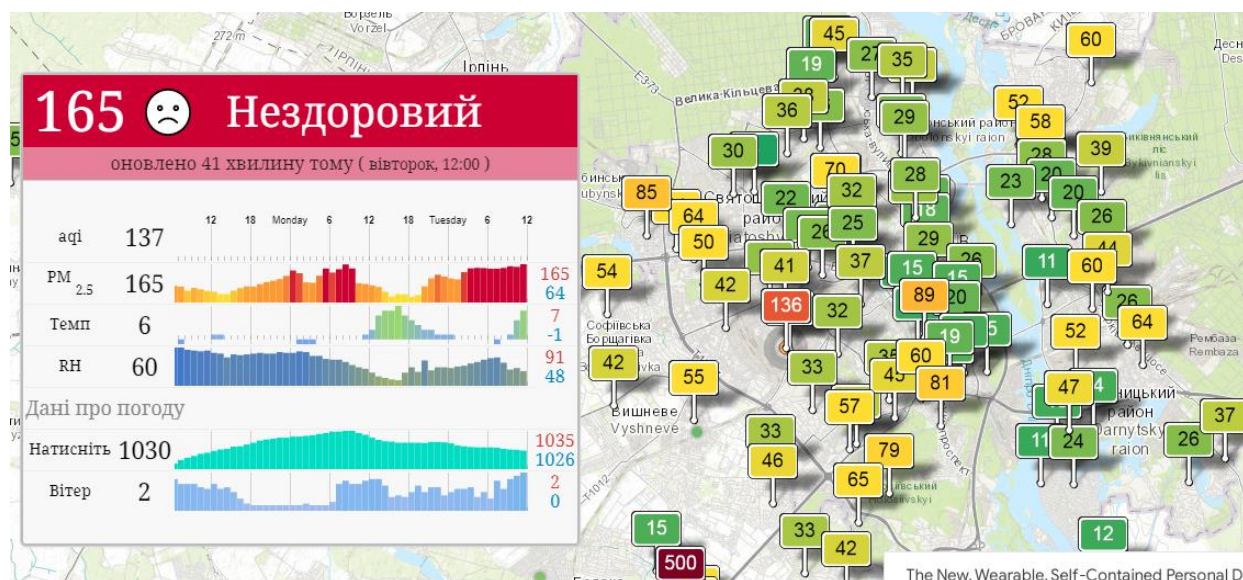


Рис. 3.5. Станції громадської мережі моніторингу атмосферного повітря в м. Києві (станом на 12.00 15 березня 2022 року, вул. Шепелева, 10)

Найбільш активно працюють регіональні [Департаменти екології та природних ресурсів](#):

- Київська обласна державна адміністрація – 16 станцій (з них працюють – 5),
- Департамент захисту довкілля та адаптації до змін клімату КМДА – 7 високоточних (референтних) станцій (<https://asm.kyivcity.gov.ua> – рис. 3.6 а) і 46 індикативних станцій (додаток [«Київ Цифровий»](#) - рис. 3.6 б).
- КП Центр екологічного моніторингу ("ЦЕМ" ДОР, м. Дніпро) – 20 (з них на вересень 2023 р. працюють – 0),
- [Донецька ОДА](#) – 57 станцій (з них на вересень 2022 р. працюють – 0),

¹⁶ <https://eco-city.org.ua/>; <http://aqicn.org/station/ukraine> <https://www.saveecobot.com/ru/maps#12/50.4251/30.4089/aqi/>

¹⁷ Перелік платформ автоматичних станцій моніторингу: <https://www.saveecobot.com/platforms>

- [Броварська міська рада](#) – 7 (з них на вересень 2022 р. працюють – 0),
- Одеська ОДА – 2,
- Кременчуцька міська рада – 1,
- Львівська міська рада – 1,
- КНУ – 1,
- ОДЕКУ – 1.

3.5. Планування заходів щодо збереження якості повітря

Директива Європейського Союзу про якість навколишнього повітря 2008 року (2008/50/ЕС) встановлює юридично обов'язкові межі концентрації у атмосферному повітрі основних забруднювальних речовин, які впливають на здоров'я населення і стан природних екосистем. В ЄС функціонує комп'ютерна система управління якістю повітря CAMS (Computer Age Management Services), з інтерактивними веб-додатками, заснованими на моделях якості повітря. Система забезпечує інформацією органи влади про вплив скорочення викидів на якість повітря в Європі (інструменти сценарію) а також інформацією про те, що є джерелом забруднення (інструменти джерело-рецептор).

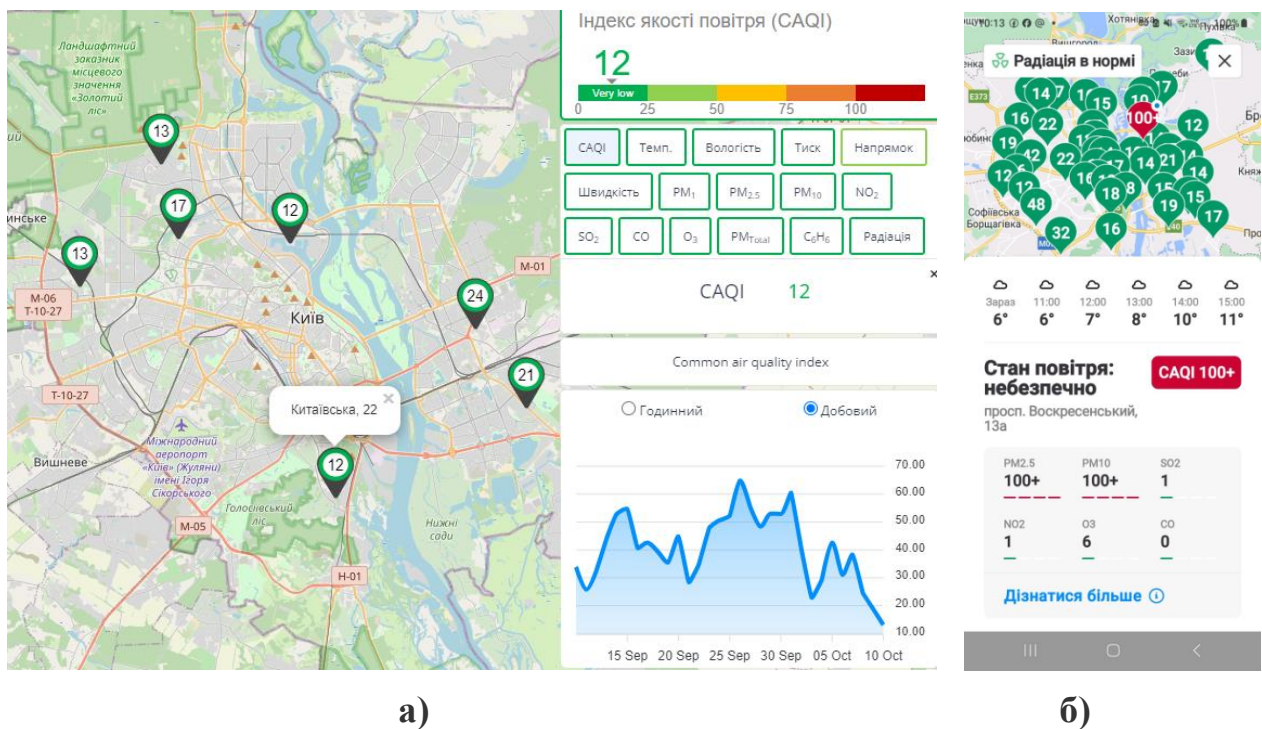


Рис. 3.6. Автоматичні станції моніторингу атмосферного повітря КМДА (станом на 10.00 10 жовтня 2023 року)

а) референтні (вул. Китаївська, 22) б) індикативні (пр. Воскресенський, 13а)

До найбільш поширених поллютантів, за якими проводяться спостереження у країнах Європейського Союзу, відносяться діоксид сірки, діоксид та оксид азоту, тверді частинки PM10 та PM2.5, оксид вуглецю, свинець та бензол. Обов'язковою є умова визначення концентрацій приземного озону, яке здійснюється і регулюється окремими директивами.

Європейські директиви встановлюють пороги небезпеки для здоров'я людини і критичні рівні концентрацій поллютантів для екологічних систем. Європейський Союз гарантує дотримання граничних концентрацій поллютантів у повітрі, для попередження чи зменшення небезпеки для людського здоров'я і навколишнього природного середовища в цілому. Кожна країна, при цьому, визначає і конкретизує мету і шляхи зменшення впливу твердих часток PM2.5 для скорочення рівня забруднення атмосферного повітря протягом визначеного часу.

Можна вважати, що у 2020 році "розпочався процес передачі даних про якість атмосферного повітря з серверів Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України в систему індексу якості повітря Європейського екологічного агентства"¹⁸. Інформація про цю систему доступна за посиланням <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>.

Європейський союз створив сучасну систему менеджменту якості атмосферного повітря¹⁹. Директиви ЄС щодо якості атмосферного повітря встановлюють стандарт якості повітря для певних забруднювальних речовин в атмосферному повітрі, щоб захистити здоров'я людей та навколишнє середовище. Якщо ці значення перевищено, держави зобов'язані вжити необхідних заходів для зниження концентрації ЗР та підготувати **план збереження якості повітря**, який встановлює відповідні заходи. Мета розробки таких планів полягає в тому, щоб період перевищення стандартних рівнів ЗР був якомога коротшим.

Служба моніторингу за станом атмосфери Європейського Союзу Copernicus визначає глобальні процеси поширення дрібнодисперсного пилу (рис. 3.7). Джерелами викидів дрібнодисперсного пилу є викиди від спалювання органічного палива, лісових пожеж, а також пилу пустель, що розноситься вітром.

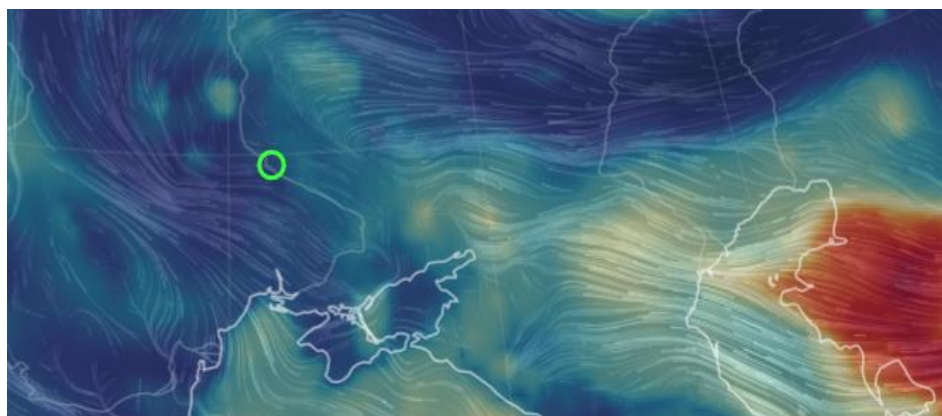


Рис. 3.7. Глобальна карта поширення вітрів і дрібнодисперсного пилу PM10 станом на 21.00 12.09.2022 - <https://earth.nullschool.net/#current/particulates>

¹⁸ Україна приєдналася до Європейської системи онлайн висвітлення даних про якість атмосферного повітря: <https://mepr.gov.ua/news/35512.html?fbclid=IwAR1sS6FxADaE7cdfVfQovvcGJhuusKX2fADzLI5c2PUo-VVndE682R2fXjM>

¹⁹ Управління якістю повітря в Європі: <https://www.eea.europa.eu/publications/managing-air-quality-in-europe>

Плани збереження якості повітря (ПЗЯП) є основним інструментом, який використовується владою для покращення якості повітря, скорочення викидів забруднюючих речовин у атмосферу та збереження здоров'я населення.

У період 2014-2020 років державами ЄС були розроблені 944 плани і подані в ЄЕЗ (ETC/ATNI 2021), включаючи інформацію про:

- короткострокові плани дій і програми для покращення якості повітря
- заходи, заплановані в контексті планів якості повітря
- інформацію про перевищення стандартів якості повітря ЄС,
- інформацію про джерела викидів, які сприяли цим перевищенням
- сценарії того, як такі заходи можуть покращити якість повітря.

Більшість ПЗЯП зосереджена на зниженні рівня двоокису азоту (NO₂) та грубих твердих частинок (PM₁₀). 64% всіх повідомлених перевищень були пов'язані з викидами від дорожнього руху, що було основною причиною перевищення NO₂, а побутове опалення було пов'язано з 14% усіх перевищень рівня PM₁₀. Понад дві третини заходів, стосувались транспортного сектору і лише 12% зосередилися на комерційному та житловому енергетичному секторі, пов'язаному з домашнім опаленням. Обізнаність громадськості про забруднення повітря вважається дуже важливою для отримання підтримки дій щодо покращення якості повітря.

Розділ 4. Моніторинг поверхневих вод

4.1. Основні положення про систему моніторингу поверхневих вод

Організація системи моніторингу водних ресурсів в Україні регламентується наступними нормативно-законодавчими актами:

- *Водний кодекс України, Постанова Верховної ради України № 214/95 від 06.06.95 р.,*
- *Закон України № 2047-VIII від 18.05.2017 “Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення”;*
- *Закон України № 4836-VI від 24.05.2012 «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 р.»*
- *постанова Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля»;*
- *постанова Кабінету Міністрів України № 758 від 19.09.2018 р. «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»;*
- *постанова Кабінету Міністрів України № 336 від 18.05.2017 «Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном»;*
- *постанова Кабінету Міністрів України № 1376 від 05.12.2007 р. «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища»;*
- *постанова Кабінету Міністрів України № 815 від 20.07.1996 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»;*
- *наказ Мінприроди від 24.12.2001 № 485 «Про єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод»*

Моніторинг поверхневих вод – це система спостережень, аналізу інформації про стан водних об'єктів та прогнозування зміни стану водного об'єкту, на основі цієї інформації розробляються науково обґрунтовані рекомендації спрямовані на діяльність місцевих органів влади, а саме прийняття екологічно спрямованих управлінських рішень направлених на покращення стану водних об'єктів.

У моніторингу поверхневих вод основним є дослідження динаміки зміни якості води у водоймах та водотоках, встановлення причин та прогнозування майбутніх змін. Моніторинг поверхневих вод у системі екологічного моніторингу є аналітичною структурною сукупністю елементів управління якістю.

Під час спостереження за водоймами та водотоками враховують дані про джерела забруднення, склад і характер забруднень, реакції гідробіонтів і динаміку якості води. Потім результати спостережень порівнюються із показниками природного стану водних об'єктів (фонові концентрації хімічних речовин). Організована система спостережень за якістю води у водних об'єктах забезпечує отримання регулярних достовірних даних про якість води у природних умовах та під впливом антропогенної діяльності людини.

Основними завданнями системи моніторингу водних об'єктів є:

- забезпечення регулярних спостережень за станом водного об'єкту (за хімічними, фізичними та гідробіологічними показниками);
- вивчення динаміки вмісту забруднюючих речовин і виявляє умови, при яких проходять зміни якості води;
- визначення закономірностей відновлювального потенціалу водних об'єктів, який залежить від величини антропогенного впливу та вмісту забруднюючих речовин у донних відкладах;
- врахування поверхневого стоку забруднюючих речовин у водойми із прилеглих територій;
- аналіз водокористувачів та водоспоживачів у межах водогосподарського комплексу з метою вибору програм проведення моніторингових досліджень за конкретними забруднюючими речовинами.

Спостереження за водними об'єктами повинні включати дані про :

- джерела забруднення,
- склад і характер забруднень,
- реакції гідробіонтів,
- якість води у водних об'єктах.

Спостереження за станом поверхневих вод мають враховувати показники, які характеризують їх природний стан, тобто з фонові концентрації речовин.

До об'єктів державного моніторингу природних вод України відносяться:

- поверхневі води, до яких відносять природні водойми (озера) і водотоки (річки, струмки), штучні водойми (водосховища, ставки, канали);
- підземні води;
- внутрішнє та територіальне море, морська економічна зона України;
- джерела забруднення вод;
- поверхневий стік із земель сільськогосподарського призначення;
- фільтрація забруднювальних речовин з технологічних водоймищ;
- характеристика розвитку процесу евтрофікації водойм;
- потрапляння забруднювачів із донних відкладів (вторинне забруднення).

Провідними суб'єктами державного моніторингу природних вод України є:

1. Міністерство захисту довкілля і природних ресурсів (курує роботу Державного агентства водних ресурсів України (Держводагентство), Державної служби геології та надр України (Держгеонадра), Державного агентства лісових ресурсів України (Держлісагентство)).
2. Міністерство внутрішніх справ (курує роботою Українського Гідрометцентру).
3. Міністерство охорони здоров'я (Державна санітарно-епідеміологічна служба України – у 2017 р. ліквідована, у 2019 – відновлено посаду Головного Санітарно-епідеміологічного лікаря).
4. Міністерство аграрної політики та продовольства України (курує роботою Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр), Державного агентства меліорації та рибного господарства (Держрибагентство)).

5. Міністерство розвитку громад і територій України (володіє інформацією про тепло-, водопостачання та водовідведення, зокрема, досліджує зміну якості питної води).
6. Державне космічне агентство України.

З 1960 року на території України в межах Держкомгідромету діють 11 басейнових управлінь і 27 спеціальних гідрохімічних лабораторій, які регулюють використання та забезпечують охорону поверхневих вод.

На території України зареєстровано близько 71 тисячі річок, що мають загальну довжину понад 200 тис. км (з них майже 60000 – довжиною до 10 км). Більшість річок належить до басейнів Чорного та Азовського морів. В країні нараховується 3 тисячі озер із загальною площею водного дзеркала 2 тис.км² і близько 23 тис. ставків та водосховищ – особливо їх багато в районі середньої та нижньої течії річок Дніпро та Південний Буг.

Суб'єкти державної системи моніторингу виконують наступні функції:

Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження за станом води на водних об'єктах України (більше 150) враховуючи гідрохімічні та гідробіологічні показники. Аналізуються 46 параметрів, які характеризують хімічний склад, вміст біогенних елементів, органолептичні показники, вміст забруднюючих речовин, зокрема, важких металів та пестицидів, враховуючи вміст радіонуклідів.

Державне агентство водних ресурсів України (Держводагентство) проводить моніторинг поверхневих вод на водоймах та водотоках та контролює якість води за фізичними, хімічними та радіаційними показниками (на 73 водосховищах, 165 річках, 12 зрошувальних системах, 1 лимані та 6 каналах комплексного призначення).

Санітарно-епідеміологічна служба (СЕС) виконує спостереження за постачанням якістю питної води та джерелами централізованого водопостачання, а також за санітарно-гігієнічними нормативами у межах рекреаційних територій.

Державна служба геології та надр України (Держгеонадра) здійснює спостереження за підземними водами. У стаціонарних точках спостереження проводиться оцінка запасів підземних вод (рівень залягання), їх хімічний склад та характеристика (визначаються 22 параметри).

4.2. Джерела і види впливу на водні об'єкти суші

Рациональне використання і охорона природних ресурсів – найважливіше завдання сучасності. Особливу занепокоєність викликають питання використання водних ресурсів. Загроза не тільки в кількісному зменшенні природних вод, але і в суттєвому погіршенні їх якості. Тому питанням рационального використання природних водних ресурсів і охорони довкілля приділяється велика увага як на загальнодержавному і регіональному, так і на локальному рівнях. Усі галузі господарства по відношенню до використання водних ресурсів виділяють дві групи: водоспоживач і водокористувач.

Водоспоживач використовує воду із водного об'єкта для виробництва промислової та сільськогосподарської продукції або для комунально-побутового водопостачання, а потім скидають назад у водний об'єкт, але в іншому місці, й як правило в меншій кількості і зміною якісних показників.

Водокористувач користується водним об'єктом для водного транспорту, рибальства, функціонування гідроелектростанцій, що впливає на якісні показники води. Оскільки важко провести чітку межу між водоспоживанням і водокористуванням, то у “Водному кодексі України” (1995) залишилося одне поняття “*водокористування*” – використання води з метою забезпечення населення і галузей економіки.

Використання води в залежності від цілей можна підрозділити: *господарсько-питне, комунальне, сільськогосподарське, промислове, транспортне* і т.д. Наприклад, у 1990 р. у колишньому СРСР на потреби сільського господарства витрачалося 52%, на промислові - 39%, на комунальні - 9% від загального водоспоживання; схожа структура водоспоживання характерна для США, Франції та інших країн.

За даними “Національної доповіді про стан навколишнього середовища в Україні у 2020 році”, використання прісної води у 2020 році на різні потреби становило 6761 млн. куб. м, із них питної – 1608,5 млн. куб. м та технічної – 5152,6 млн. куб. м, 431 млн. куб. м води питної якості використано на виробничі потреби, із них 138 млн. куб. м із комунальних водопроводів (тобто, води спеціально підготовленої до питної якості). У поверхневій водній об'єкти скинуто 5159 млн. куб. м стічних вод, у тому числі: забруднені складають 518 млн. куб. м (10 %), нормативно-очищені – 1425 млн. куб. м (27,7 %) та нормативно-чисті без очистки – 3215,7 млн. куб. м (62,3%).

Запаси водних ресурсів в Україні на одного жителя становлять 1 тис. м³ на рік тоді як, наприклад, у Канаді цей показник становить 94,3 тис. куб. м, Росії — 31,0 тис. куб. м, США — 7,4 тис. куб. м, Німеччині — 1,9 тис. куб. м. В розрізі областей цей показник є нерівномірним, проте через підвищення середньої температури в Україні у більшій частині областей він знаходиться на катастрофічно низькому рівні (рис. 4.1.)

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

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

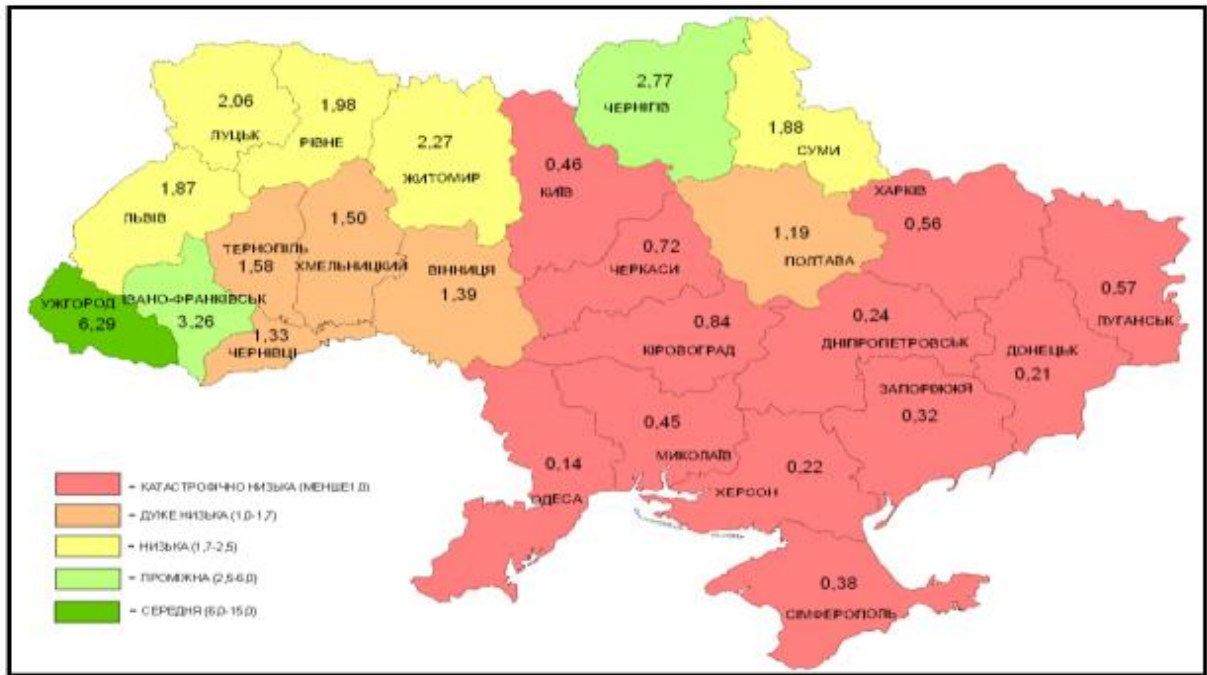


Рис. 4.1. Забезпеченість місцевими водними ресурсами областей України тис.м³/рік на одну людину

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

Під засміченням вод мається на увазі потрапляння у водні об'єкти сторонніх предметів і нерозчинних у воді речовин (деревина, металобрухт, відходи промисловості, будівельне та побутове сміття, тощо).

Забруднення природних вод – це процес зміни якості води у водному об'єкті внаслідок природних та антропогенних факторів, що може спричинити шкідливий вплив на людину та інші живі організми. Водні об'єкти є забрудненими, коли зростає вміст забруднюючих речовин під впливом промисловості, сільського господарства, транспорту, що призводить до непридатності для водокористування.

Клас забрудненості поверхневих вод визначається за такими факторами як:

- *сапробізація* – збільшення у воді вмісту нетоксичних органічних речовин;
- *токсифікація* – збільшення вмісту у воді органічних і мінеральних токсичних речовин;
- *евтрофікація* – збільшення кількості мінеральних речовин (сполук фосфору та азоту), що призводить до збільшення кількості синьо-зелених водоростей;
- *ацидифікація* – підкислення водних об'єктів за рахунок кислотних дощів;
- *нуклідизація* – забруднення водних об'єктів радіоактивними речовинами.

Стічні води впливають на фізико-хімічних властивості води у водних об'єктах, концентрацію забруднювачів, тощо. Водні об'єкти володіють властивістю до природного відновлення свого природного стану, зокрема,

гідрологічні, біологічні, хімічні та фізичні процеси, що знижують концентрації забруднюючих речовин у воді (самоочищення).

Згідно вимог природоохоронного законодавства, заборонене скидання у водні об'єкти нафтопродуктів (НП), баластних вод плавучих засобів і водного транспорту; неочищених і недостатньо очищених стічних вод. Рекомендується максимально використовувати системи оборотного водопостачання або виробництва із замкнутим циклом водоспоживання. При дотриманні санітарних вимог і правил, частина стічних вод, з урахуванням їх складу і місцевих умов, може бути використана для зрошування в сільському господарстві.

Забруднення поверхневих вод поділяють на хімічне, фізичне, теплове і біологічне.

Хімічне забруднення є основним і найнебезпечнішим антропогенним впливом на водне середовище. Відбувається хімічне забруднення внаслідок попадання у водойми різних шкідливих домішок зі стічними водами промислових підприємств, із твердим стоком сільськогосподарських територій, а також із природних джерел. Значним джерелом забруднення є хімічна (зокрема, за допомогою авіаційної техніки) обробка сільськогосподарських культур пестицидами та повітряне перенесення викидів промислових підприємств.

Фізичне забруднення води пов'язане зі зміною фізичних властивостей води (прозорість, каламутність, температура та вміст радіоактивних речовин. Зважені речовини надходять у водні об'єкти за рахунок поверхневого стоку та внаслідок повеней і паводків на урбанізованих і сільськогосподарських територіях. Особливо активізуються такі процеси у випадках, коли розорюються природоохоронні і водозахисні смуги біля відкритих водних об'єктів (річок, озер, водосховищ і ставків), а розораність полів наближається до самого урізу води. Багато суспензій потрапляє у водойми із сильними вітрами (пил) з діючих підприємств гірничодобувної промисловості. Тверді частки негативно впливають на прозорість води, що призводить до пригнічення фотосинтезу водних рослин, призводять до забруднення зябра риб й інших водних тварин, погіршують смакові якості води. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, що надходять у водні об'єкти від АЕС та відходи спалювання золи на теплоелектростанціях. Одну з найбільших небезпек для природних вод і гідробіонтів становлять радіоактивні відходи.

Теплове забруднення є особливим видом забруднення відкритих поверхневих водойм. Серед джерел теплового забруднення гідросфери перше місце посідають теплові електростанції (ТЕС) та електроцентралі (ТЕЦ), а також атомні електростанції (АЕС). Теплове забруднення води відбувається через використання води для охолодження реакторів та систем у ТЕС, ТЕЦ та АЕС, потім вода скидається в ставки-охолоджувачі і згодом попадає в основну водойму. Проте вода за рахунок високої температури не може повністю охолодитися, скидаючи у водний об'єкт навіть незначно нагрітих (до 5 °С) вод може призвести до теплового забруднення водойми. Також теплове забруднення можуть здійснювати й промислові підприємства. Як свідчать

спостереження, у річках, які розташовані нижче діючих ТЕС та АЕС, через теплове забруднення порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби легше уражуються хворобами і паразитами. Водний кодекс України забороняє скид стічних вод, якщо вони підвищують температуру води у водному об'єкті на 3⁰С та вище порівняно з його природною температурою в літній період.

Біологічне забруднення водних об'єктів зумовлене наявністю у стічних водах різних видів мікроорганізмів, а також органічних речовин, здатних до бродіння. Більшість з них є хвороботворними для людей, рослин і тварин. Найбільш біологічно забрудненими є комунально-побутові стічні води, неочищені та мало очищені. Проте, навіть при наявності очисних споруд, деяка кількість патогенних мікроорганізмів все ж не затримується фільтрами і потрапляє у водойми.

Джерелами забруднення біологічними забруднювальними речовинами є фармакологічні підприємства, підприємства переробної та шкірообробної промисловості, м'ясомолочні комбінати, цукрові заводи тощо.

Найбільш показовим мікроорганізмом забруднення води є бактерія групи кишкової палички (*Escherichia coli*). Вміст у водному об'єкті бактерій групи кишкової палички є порушенням санітарно-гігієнічних нормативів, що може негативно впливати на здоров'я та благополуччя населення.

Ступінь біологічного забруднення характеризується такими показниками як *колі-титр* (найменший об'єм води, що припадає на одну кишкову паличку), та *колі-індекс* (загальна кількість бактерій групи кишкової палички в 1 дм³ води). Очищена вода із значенням *колі-титру* 300 або *колі-індексу* 3 – вважається нешкідливою і не викликає ніяких епідемічних захворювань (згідно з ГОСТ 2874-82). Окрім того, інколи використовуються додаткові санітарно-показові організми: *сапрофіти*, *протей* (мікробгниття), *термофільні мікроорганізми* (до 80⁰С), *бактеріофаги*, гідробіологічні одноклітинні і багатоклітинні організми.

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

В Україні діють вимоги до якості води рибогосподарського призначення, що передбачає проведення лабораторних досліджень за рядом обов'язкових показників, такі як *біохімічне споживання кисню* (БСК) та *хімічне споживання кисню* (ХСК).

Біохімічне споживання кисню – показник забруднення вод органічними речовинами, який розраховує кількість кисню потрібної мікроорганізмам для переробки усієї органічної речовини у неорганічні сполуки протягом декількох діб (наприклад, ГДК для питної води по БСК₅ означає, що протягом 5 діб *біохімічне споживання кисню* не повинне перевищувати 3 мг О₂ на 1 дм³ води). Вміст *розчиненого кисню* (РК) – величина, обернена БСК (за вимогами Держстандарту питна вода повинна містити не менше 4 мг розчиненого О₂ на 1 дм³). На практиці поширення отримали два види цього показника: “БСК₅” та “БСК₂₀”. Вважається, що показник “БСК” характеризує концентрацію у воді легкоокислювальних органічних речовин.

Хімічне споживання кисню – кількість кисню O_2 в mg/dm^3 , котра необхідна для повторного окислювання органічних речовин у пробі води, у результаті чого C, H, S, P та ін. (за винятком азоту), окислюються до CO_2, H_2O, SO_4, P_2O_5 , а азот перетворюється до рівня амонійної солі. Ці реакції ще називають біхроматним окислюванням. ХСК для питної води не повинен перевищувати $15 mgO_2/dm^3$. Вважається, що показник “ХСК” характеризує концентрацію у воді важкоокислювальних органічних речовин.

Різноманітні забруднювальні речовини у відкриті водні об'єкти надходять з:

- стічними водами населених пунктів, промислових і сільськогосподарських підприємств;
- поверхневим стоком результаті випадання опадів (змив часток ґрунту, добрив, отрутохімкатів, нафтопродуктів, побутового бруду та інших речовин);
- скидів водного транспорту і споруд на берегах водойм;
- атмосферними опадами, в яких містяться різні речовини і сполуки від викидів в атмосферу.

Види стічних вод відповідно до їх походженням:

- 1) господарсько-побутові води;
- 2) промислові води;
- 3) поверхневий стік з промислових територій та населених пунктів;
- 4) поверхневий стік з сільськогосподарських територій;
- 5) рудникові і шахтні води.

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

Іншим прикладом антропогенних впливів, як об'єкту екологічного моніторингу, є закислення поверхневих вод (і ґрунтів) в результаті випадання кислотних дощів (при емісії SO_2 в атмосферу).

При $pH < 5,8$ у водоймищах зникає більшість діатомових та зелених водоростей; представники зоопланктону (дафнії) зникають при $pH < 6,0$. Збільшення іонів SO_3^{2-} в опадах призводить до падіння рівня pH . Відтворення риби має значні ускладнення при $pH < 5,5$.

Водні екосистеми, в яких живі компоненти представлені в основному водоростями та найпростішими, порівняно швидко реагують на забрудненість. Ця реакція визначається або в зменшенні кількості видів, або в зміні розподілу чисельності особин по видам. При цьому можливе як зменшення, так і

збільшення чисельності окремих видів (останнє буває внаслідок зменшення конкуренції). Відмічено також, зменшення в річкових та озерних екосистемах в результаті їх забруднення кількості моллюсків, а в естуаріях - кількості членистоногих.

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

У випадку *теплого забруднення водоймищ* необхідно звертати особливу увагу на таку відповідну реакцію екосистем як заміна діатомових співтовариств на зелені чи синьо-зелені водорості та зменшення видової різноманітності найпростіших. У випадку надходження токсичних речовин і радіоактивних ізотопів необхідно звертати увагу на їх концентрацію в одноклітинних організмах, скорочення видової різноманітності та зменшення чисельності особин багатьох видів.

4.3. Пункти спостереження за станом поверхневих вод

Пункт спостереження за станом поверхневих вод – це наперед вибране місце на водному об'єкті, де періодично здійснюють комплексний аналіз води для визначення її якості.

Найважливішим при проведенні моніторингових спостережень за станом поверхневих вод є вибір місця пункту спостережень з урахуванням розміщення промислових підприємств та інших джерел забруднення водних об'єктів. При цьому використовують об'єктну та територіальну схеми гідрохімічних спостережень.

Об'єктна схема обирається у разі дослідження великих і середніх водних об'єктів і включає пункти, розташовані: на великих і середніх ріках і каналах, що мають велике народногосподарське призначення; у замикаючих створах великих рік, що впадають у моря; на великих озерах і водоймищах.

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

Необхідною умовою є синхронність та систематичність спостережень за якістю поверхневих вод, а також підбір програм і термінів проведення досліджень.

Основна вимога до розташування пункту спостережень за якістю вод у водному об'єкті є репрезентативність відносно масштабів і видів забруднення стічними водами окремих галузей народного господарства. Систематичні дослідження вмісту забруднюючих речовин поверхневих вод здійснюють на постійних та тимчасових контрольних створах пунктів спостережень, також

важливо розташовувати пункти спостережень у межах територій де наявний та відсутній вплив промисловості.

На території нашої держави нараховується 10 річкових систем. В пунктах спостережень проводяться дослідження гідрометричних і гідрологічних характеристик водотоків та водойм, а також визначаються гідрохімічні і гідробіологічні показники якості поверхневих вод.

В основу рекомендацій по визначенню місця розміщення пунктів спостереження за гідрологічними показниками згідно принципу своєчасності і достовірності отримання основних характеристик – рівня води і річкового стоку. Кількість і щільність контрольних створів визначаються рельєфом водного об'єкту, природно-кліматичними факторами та прогнозними розрахунками.

Станом на 2021 кількість гідрологічних постів в Україні: на річках — 328; на озерах — 59; на морях — 13.

Значення багаторічних характеристик елементів гідрометеорологічного режиму разом з даними поточних спостережень дають можливість вирішувати конкретні задачі, пов'язані з гідрологічними розрахунками, інформуванням і прогнозуванням.

Найбільша кількість пунктів спостережень за фізичними, хімічними та біологічними показниками водних ресурсів розташована в басейні Дніпра. Досить розвинута мережа спостережень в басейнах Дунаю та Дністра.

Мережа гідрометеорологічних спостережень в цілому виконує головні завдання і функції щодо забезпечення органів державної влади і управління, галузей господарства, прогностичних організацій Гідрометслужби оперативною і режимною інформацією.

Організація моніторингу за станом поверхневих вод передбачає комплекс робіт по визначенню якісних показників води за гідрологічними, фізичними, хімічними та мікробіологічними показниками.

Контрольні створи спостережень за поверхневими водами обов'язково встановлюють на:

- місцях скиду стічних вод із населених пунктів у випадку наявності централізованого водопостачання;
- місцях скиду стічних вод промислових підприємств;
- місцях скиду вод із зрошувальних або осушувальних каналів;
- місцях впадіння великих та середніх річок, в тому числі й тих, які впадають в моря;
- місцях перетину економічних районів, транзитних річок;
- гирлових зонах великих річок.

Пункти спостереження, що відносяться до стаціонарної мережі мають чотири категорії, які виділяються за наступними критеріями:

- значення водного об'єкту як джерела питного і культурно-побутового, промислового, сільськогосподарського водопостачання;
- ступінь рибогосподарського використання водного об'єкту;
- рівень забрудненості водного об'єкту;

– розмір і об'єм водойми, розмір і водність водотоку, дані про режим та фізико-географічне розташування.

Пункти спостережень *першої категорії* розташовують на водних об'єктах особливого господарського значення, тобто інтенсивного використання у промисловості та сільському господарстві, тому там ймовірні перевищення вмісту забруднюючих речовин та зниження якості води.

Пункти спостережень *другої категорії* встановлюються на водотоках і водоймах промислових населених пунктів з централізованим водопостачанням, рекреаційних зонах, біля скиду колекторно-дренажних вод з сільськогосподарських угідь, тощо.

Пункти спостережень *третьої категорії* розташовані у місцях з низьким рівнем антропогенного навантаження (невеликих населених пунктах, промислових об'єктах 3 та 4 класу небезпечності)

Пункти спостережень *четвертої категорії* встановлюють у місцях із чистими водами, тобто у яких відсутнє антропогенне навантаження (фонові створи).

Пункти спостереження за станом поверхневих вод, як правило, складаються з декількох контрольних створів. В свою чергу, **контрольний створ** – це умовний поперечний переріз водного об'єкту, де буде проводитися моніторингові спостереження. При виборі місця розташування створу враховується гідрологічні особливості водного об'єкту, розташування скидів, складу та кількості стічних вод. У моніторингу поверхневих вод використовується мінімум три створи: один вище скиду, два інші – нижче скину стічних вод.

Перший контрольний (фоновий) створ розміщується на відстані 1 км вище скиду стічних вод.

Другий контрольний створ застосовується для дослідження якості води безпосереднього у зоні забруднення. У відповідності до санітарних нормативів бажано розміщувати його на відстані 1 км вище найближчого місця возабору. На річках, що використовуються в рибогосподарських потребах, цей створ повинен розміщуватися на водотоках - 0,5 км нижче по течії від місця скиду стічних вод, а на водоймищах – 0,5 км в сторону найбільш вираженої течії.

Третій створ ставлять так щоб досягти найбільшого ефекту змішування стічних вод з водами водного об'єкту.

Організація моніторингу поверхневих вод починається від аналізу водокористувачів, джерел забруднення, складу та концентрації речовин у стічних водах. Наступним етапом є карта-схема водного об'єкту, із позначенням пунктів спостережень та контрольних створів на основі чого визначають програму проведення моніторингу.

Для отримання достовірної оцінки якості води у водному об'єкті використовують не менше 3-х контрольних створів, які рівномірно розташовані по всіх протяжності водойми.

У спостереженнях окремих ділянок водойми існує такий підхід:

– на водоймі з *інтенсивним типом водообміну* встановлюється 1 створ вище скиду стічних або промислових вод, інші 2 створи – нижче за течією від місця скидання стічних вод;

– на водоймі з *уповільненим типом водообміну* 1 фоновий контрольний створ розташовують в у зоні мінімального антропогенного навантаження, 2 створ – у зоні скиду стічних або промислових вод, а інші – на відстані 0,5 км від місця скиду стічних вод та 0,5 км за межами зони ймовірного забруднення.

Кожен створ має декілька вертикалей та горизонталей. Місцеположення вертикалей та кількість горизонтів в кожному створі визначається складом стічний та промислових вод, наявністю/відсутністю течії та рельєфом дна водного об'єкту.

Вертикаль створу – це умовна лінія від поверхні води до дна водойми або водотоку, де проводять моніторингові спостереження за якістю води. Кількість вертикалей у контрольному створі залежить від розміру зони забруднення. У випадку однорідного вмісту хімічних речовин у контрольному створі водотоків (річок) застосовують 1 вертикаль — на стрижні водотоку, а коли неоднорідний — не менше 3. У водоймах необхідно встановлювати не менше 2 вертикалей.

В свою чергу, *горизонт створу* – це місце на вертикалі створу яка змінюється з глибиною де проводять визначення стану водного об'єкту за якістю води. Кількість горизонтів залежить від глибини контрольного створу та особливостей розподілу забруднюючих речовин. При глибині до 5 м встановлюють 1 горизонт на поверхні води, 5-10 м - 2 горизонти (на поверхні і на дні).

Роботи на пунктах спостережень за якістю поверхневих вод (показники, які визначаються у відповідних пробах) розраховуються для кожного конкретного випадку з урахуванням водогосподарського комплексу досліджуваної водойми. В свою чергу, програма спостереження залежить від категорії пункту спостережень, складу учасників водогосподарського комплексу.

Програмами спостережень за якістю поверхневих вод є:
обов'язкова, скорочена 1, скорочена 2 і скорочена 3.

Обов'язкова (постійна) програма. Проводяться дослідження за наступними показниками:

1) *гідрологічні* – у водних об'єктах визначають витрату води ($\text{м}^3/\text{с}$), швидкість течії ($\text{м}/\text{с}$), рівень води (м);

2) *гідрохімічні* – візуальні спостереження, температура води ($^{\circ}\text{C}$), органолептичні показники (колір (градуси), прозорість (см), запах (бали)), концентрація завислих речовин ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$), *pH*; окисно-відновний показник *Eh* (мВ); концентрація забруднюючих речовин – хлоридів, сульфатів, гідрокарбонатів, кальцію, магнію, натрію, калію ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); хімічне споживання кисню ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); біохімічне споживання кисню за 5 діб ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); концентрацію нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), фенолів, залишків пестицидів і сполук важких металів, тощо ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$).

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

Водневий показник рН визначається як від'ємний логарифм концентрації іонів водню, що впливає на ряд важливих показників, що характеризують фізичні процеси – інтенсивність фотосинтезу та електропровідність. Електропровідність використовується для оцінки концентрації деяких електролітів або загальних розчинених твердих частинок.

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

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

Аналіз гідрологічних та гідрохімічних показників залежать також від водного режиму річки. Як правило, відбір проб води проводиться *7 разів на рік*: під час повені – на підйомі рівня води у водному об'єкті, максимальному рівні води та на спаді; літня межень – проводять спостереження за найменшою витраті води після паводка; восени – перед льодоставом та під час зимової межені (найнижчого рівня води у водному об'єкті за весь зимовий період).

В контрольних пунктах *першої категорії* щоденно проводять спостереження за скороченою програмою 1. У випадках надзвичайних ситуацій (загибель риби або інших гідробіонтів, проведення аварійних викидів, тощо) спостереження щодакдно за скороченою програмою 2, щомісячно – скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму (межень зимова і літня, паводок або повінь) – за обов'язковою програмою.

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

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

В пунктах *четвертої категорії* дослідження відбуваються лише за обов'язковою програмою в основні фази водного режиму.

4.4. Методи та терміни відбору проб води

Кількість проб, для проведення аналізу якості води у водному об'єкті за обов'язковою програмою, змінюється у залежності від водного режиму.

- довгий паводок – 8 разів на рік;
- яскраво виражена літня межень та незначним підйомом рівня води восени 5-6 разів на рік;
- на тимчасових водотоках – 3-4 на рік;
- на водотоках гірських областей 4-11 на рік.

Аналіз хімічного складу водойм та водотоків поділяються на обов'язкові (стандартні) та спеціальні спостереження.

Обов'язкові спостереження:

- регулярний аналіз вмісту хімічних речовин у постійних пунктах спостереження, які визначають екологічний стан водного об'єкту.
- регулярний аналіз вмістом забруднюючих речовин у контрольних пунктах, що розташовані у місцях найбільших скидів стійких вод.

До спеціальних спостережень відносяться гідрохімічні зйомки водойми для оцінки міграції забруднюючих речовин, особливостей перебігу процесів самоочищення, запасів наявних ресурсів, тощо.

З метою вірної оцінки стану поверхневих вод потрібно:

- 1) відібрати проби води із застосуванням нормативних методик достатньої кількості у вірних точках спостереження;
- 2) відібрані проби повинні володіти наступними якостями (репрезентативністю, точністю, якістю правильного транспортування до лабораторії, тощо)

Одиночна проба може бути репрезентативною для великої маси води, при таких умовах:

- а) відібрали пробу води у місці з однорідними умовами;
- б) вибрано достатню кількість контрольних створів, вертикалей і горизонталей створу;
- в) проби відібрані у достатньому об'ємі;
- г) використовувались стандартизовані способи відбору проб.

Необхідно вчасно проводити попередню обробку, транспортування та зберігання проб для попередження негативного впливу сторонніх факторів на результати аналізу.

У моніторингу поверхневих вод виділяють прості та змішані проби. Прості проби відбираються у одному місці (контрольному створі, вертикалі або горизонталі та характеризують якість води у певному місці у певний час. Змішані проби призначені для поєднання декількох простих проб для дослідження певної ділянки водного об'єкта.

В залежності від мети і завдання відбору проб вони є разовими або регулярними.

Разовий відбір застосовується для визначення:

- параметрів що вимірюються, і які змінюються в часі та просторі (з глибиною або акваторією);
- відомі закономірності зміни показників, які досліджуються;
- необхідні лише загальні дані про якість води у водному об'єкті.

Регулярний відбір проб – це відбір, коли кожна проба чітко відбирається відповідно до часу і простору при чіткій взаємозалежності один від одного.

Проби води для хімічного аналізу відбираються на глибині 0,2-0,5 м. емальованим відром об'ємом 10 л. Проби води призначені для визначення концентрацій нафтопродуктів, фенолів, поверхнево-активних речовин, вмісту важких металів, залишків пестицидів відбираються у пляшки, які герметично закриваються.

Для відбору проб води використовуються спеціальні прилади, зокрема, різні типи батометрів. Вимоги до батометрів:

- вода вільно проходить крізь нього та не затримується;
- щільно закриватися;
- у пробовідбірнику повинен бути хімічно інертний матеріал.

Широкого використання набули горизонтальні, перекидні та автоматичні батометри, зокрема, батометр Молчанова (рис. 4.2а), а відбір проб на значних глибинах здійснюється за допомогою батометра Рутнера (рис. 4.2б).



а)

Рис. 4.2. Батометри: а) Молчанова



б)

б) Рутнера

Широко використовуються аналітичні модулі автоклавної пробопідготовки МКП-04 і МКП-05, які є найбільш допрацьованими і доступними. Широке застосування знаходять і мікрохвильові автоклавні мінералізатори фірми Parkin Elmer (рис. 4.3). Іншим прикладом для пробопідготовки є прилад ФК-12М призначений для пробопідготовки, заснований на фотолізному окисленні органічних речовин.



Рис. 4.3. Мікрохвильовий автоклавний мінералізатор фірми Parkin Elmer (США)

Для зберігання проб використовують поліетиленовий та скляний посуд, який перед використанням посуд мийуть концентрованою кислотою та споліскують водопровідною водою. Основна вимога до посуду – це його міцність, стійкість до розчинення, щільність закривання.

На ділянках водних об'єктів, де епізодично спостерігаються випадки високого забруднення і екстремально-високого забруднення, а також у прикордонних створах доцільно створювати автоматизовані системи контролю якості природних вод згідно з ДСТУ 3831-98 «Охорона навколишнього природного середовища. Автоматизовані системи контролю якості природних вод. Типи та основні вимоги».

В Україні, як правило, застосовують автоматичну станцію контролю поверхневих вод (АСКПВ) та автоматичну станцію контролю забруднених вод (АСКЗВ-Г). Системи моніторингу формуються на 3-х рівнях:

- засоби оперативного автоматичного контролю забруднень;
- пересувні та стаціонарні гідрохімічні лабораторії;
- центр опрацювання інформації, отриманої автоматичних станцій, пересувних та стаціонарних гідрохімічних лабораторій.

Для автоматизованого визначення рекомендують шість груп показників якості поверхневих вод (табл. 4.1).

ТОВ "Енвітек" (Україна) пропонує комплексні станції моніторингу якості вод у вигляді контейнера, який можна встановлювати на понтонах або на мілководді на стаціонарній опорі (рис. 4.4.).

Така станція моніторингу включає:

- 1) систему подачі і відбору проби на базі сучасних автоматичних пробовідбірників,
- 2) автоматизовані установки для аналізу якості води у водних об'єктах (типів Systeа, Swan, Servomex, LAR, ECD та ін.),
- 3) система зберігання і передачі даних.

Таблиця 4.1. Характерні показники якості поверхневих вод

Характерні показники	Властивості води та інгедієнти, що вимірюються
Мінеральні речовини	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^-
Вміст органічних речовин	Вміст органічного вуглецю, біологічне споживання кисню, кількість розчиненого кисню
Оцінювання рівня евтрофікації	Оцінювання кількості продукції, що виробляється та її розклад, розчинений кисень, вміст сполук Нітрогену та Фосфору (NH_4 , NO_3^- , NO_2 , PO_4^- , $\text{N}_{\text{заг}}$)
Показники токсичності	Специфічні біологічні тести (за реакцією гідробіонтів та біохімічних змін у структурах живих організмів)
Вміст забруднюючих речовин	Вміст важких металів (свинцю, кадмію, ртуті, тощо), вміст пестицидів, нафтопродуктів та їх похідних, фенолів та синтетичних поверхнево активних речовин
Фізичні показники	Температура, рН, вміст завислих речовин, електропровідність, інтенсивність окисно-відновних реакцій



Рис. 4.4. Комплексна станція моніторингу якості вод контейнерного типу

Німецька компанія VBE Moldaenke GmbH вже понад 20 років виготовляє вимірювальні прилади і програмне забезпечення для контролю якості природних вод (рис. 4.5.).



Рис. 4.5. Вимірювальне устаткування фірми VBE Moldaenke GmbH

До складу автоматичної станції моніторингу поверхневих вод (АСК ПВ) входять:

- токсикометр **VBE Daphnia Toximeter II** (біологічна система раннього попередження), яка контролює якість води на присутність токсичних речовин за допомогою дафній. CCD-камера фіксує поведінку дафній у проточній комірці при безперервному потоці проби води.
- токсикометр **VBE Algae Toximeter II** контролює **токсичність** води за допомогою спеціальної культури водоростей (за зміною їх фотосинтезуючої активності).
- прилад **VBE The Fish Toximeter** забезпечує безперервний візуальний аналіз токсичності води за такими показниками як швидкість переміщення риб, кількість живих особин і розміри особин. Цей прилад

вважається оптимальним для оцінювання токсичності води в системі питного водопостачання.

- прилад ColorPlus 2 Sigrist DOC визначає вміст розчиненого deuktwm,
- прилад OilGuard 2 Sigrist визначає вміст нафтопродуктів
- прилад Monitor AMI Solicon4 Swan визначає рівень рН,
- прилад Monitor AMI ph Redox Swan визначає електропровідність води,
- прилад і AMI Oxisafe Swan визначає вміст розчиненого кисню,
- пробовідбірник ISCO S800

Контейнер з АСК ПВ встановлюють на водному об'єкті перед місцем водозабору з можливістю перекривання подачі споживачам води (рис. 4.6 і 4.7).

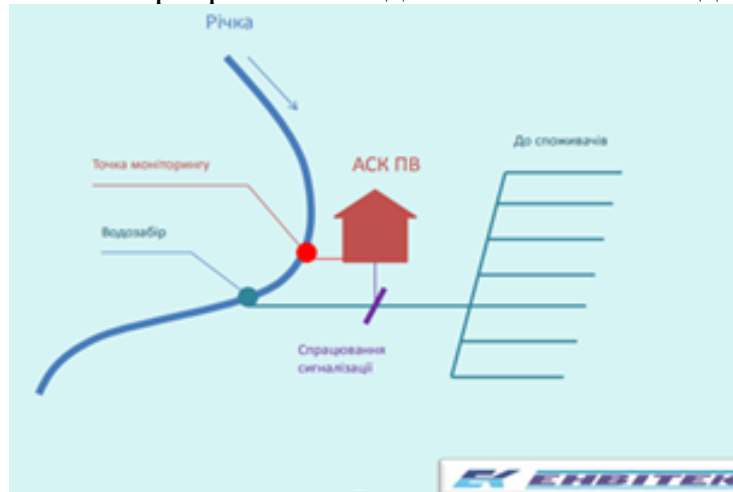


Рис 4.6. Місце встановлення АСК ПВ

У разі якщо проби необхідно транспортувати довгий час та у воді містяться нестійкі хімічні речовини можливе проведення консервування проб. Лабораторні дослідження таких проб можна проводити не пізніше трьох днів після відбору. Їх необхідно зберігати за температури 3 –5 °С в холодильнику у спеціальному скляному або пластиковому посуді.



Рис 4.7. Мережа автоматизованих станцій моніторингу якості і рівня води в р. Ельба

Розділ 5. Моніторинг морів та океанів

5.1. Моніторинг вод морів і світового океану

Останні 20 років океан зазнає значного антропогенного впливу, який зростає з року в рік що створює небезпеку для забруднення, зменшення біорізноманітності, тощо. Надходження ЗР антропогенного походження, активне вилучення біологічних ресурсів (вилов риби) є лімітуючими факторами, що руйнують морські екосистеми. Останнім часом видобуток корисних копалин значно підсилює негативний вплив на океан.

Океани це свого роду велика очисна споруда з якої вода повертається у довкілля очищеною і придатною для всіх живих організмів. Морські води, які підлягають забрудненню володіють складними стосунками, що пов'язані із глобальним кругообігом води, що склався в процесі еволюційного розвитку Землі.

Забруднюючі речовини потрапляють у моря та океани в результаті як природних так і антропогенних факторів.

Джерелами забруднення морів та океанів є:

- скиди ЗР в океан (в основному на його поверхню), наприклад, нафтопродуктів при перевезенні, особливо при аваріях танкерів;
- безпосереднє надходження ЗР під час видобутку корисних копалин;
- поверхневим (теригенним) та річковим стоками;
- міграція забруднюючих речовин з атмосфери;
- викиди забруднюючих речовин в результаті аварій на судах та підводних трубопроводах;
- незаконні захоронення токсичних та радіоактивних речовин на дні морів та океанів;
- війни та озброєні конфлікти.

В результаті природного забруднення вод Світового океану щороку потрапляють близько 25 млн. т заліза, 300-400 т марганцю, по 180 тис. т міді і цинку.

Із антропогенних факторів найбільшу шкоду морським екосистемам завдають морські перевезення, а також різні транспортні аварії - до 16 млн. т нафти і нафтопродуктів. Поля забруднення нафтовими вуглеводнями формуються в шельфових водах, в районах перевезення нафти та інтенсивного судноплавства, в районах аварій танкерів (табл. 5.1).

Морські екосистеми особливо страждають від забруднення нафтою і нафтопродуктами, оскільки вони утворюють на поверхні води плівку, яка порушує газообмін між океаном і атмосферою, що, в свою чергу, впливає на баланс кисню у атмосфері.

Таблиця 5.1. – Забруднення океану внаслідок найбільших аварій нафтових танкерів.

Рік	Назва танкера	Місце аварії	Кількість нафти, що вилілася в море, тис.т
1967	<i>Торі каньйон</i>	<i>Мис Корнуелл, Англія</i>	123
1976	<i>Уркіоло</i>	<i>Узбережжя Іспанії</i>	100
1978	<i>Амоко Кадіс</i>	<i>Узбережжя Франції</i>	200
1990	<i>Екссон Валдіс</i>	<i>Узбережжя Аляски</i>	40
2007	Волга-нефть	Керченська протока	4

Забруднення морських вод пестицидами (особливо в пригирлових частинах морів, в естуаріях) розглядається як найбільш імовірна загроза існуванню морських екосистем. Найбільш небезпечними для морських екосистем є стійкі у довкіллі та токсичні пестициди.

Отруєння морських та океанічних вод здійснюється шляхом захороненні на дні баків з отруйними токсичними речовинами, побутовими та промисловими відходами. В 60-70 рр. ХХ ст. здійснювалося захоронання на дні океану ще й радіоактивних відходів. Це призвело до підвищення фонові радіації деяких морів. Днопоглиблювальні роботи і дампінг ґрунтів також негативно впливають на стан морського середовища, зокрема, на умови мешкання бентосних форм.

Забруднення морських вод відбувається нерівномірно – особливо страждають райони близькі до узбережжя, шельфові зони, внутрішньоматерикові моря, де великий вплив здійснюється саме поверхневим та річковим стоком. Морські води володіють здатністю до самоочищення, проте воно залежить від географічної широти, температури води, розміру припливно-відпливних явищ, тощо. Також на розкладання нафтопродуктів впливає температура, при низьких температурах розкладання відбувається повільніше, що призводить до їх накопичення.

Шляхи надходження НП в океан: скидання промивних, баластових і зливних вод із суден (23 %); скидання в портах і портових акваторіях, включаючи втрати при подачі бункера на судно (палива) і при обробці наливних суден (17 %); скидання промислових відходів і стічних вод (10 %); зливи стоки (5 %); катастрофи суден і бурових установок в морі (6 %); буріння на шельфах (1 %); атмосферні випадання (10 %); винос річковим стоком у всьому різноманітті форм (28 %) (табл. 5.2.). Найбільші втрати НП пов'язані з її транспортуванням з районів видобутку. Взагалі розливи НП при аваріях суден і морських бурових установок відбуваються досить часто.

Таблиця 5.2. – Надходження нафти у Світовий океан

Джерело надходження	Млн. т/рік
1	2
Морський транспорт	1,83

Аварійні розливи	0,3
1	2
Річковий стік	1,9
Стічні води прибережної зони	0,8
Атмосферні випадання	0,6
Природні нафтові шпари	0,6
Видобуток нафти в морі	0,08
Усього	6,11

Найбільш актуальною є проблема хімічного забруднення океану з точки зору небезпеки для морських організмів (табл. 5.3.).

Таблиця 5.3. – Деякі найбільш розповсюджені токсичні речовини Світового океану

<u>Забруднювачі</u>	Ступінь небезпеки	Масштаб поширення
Радіонукліди	сильна	глобальний
Хлорорганічні токсичні: ДДТ і його метаболіти	сильна	глобальний
Поліхлоровані біфеніли	сильна	глобальний
Альдрін	сильна	глобальний
Дільдрін	сильна	локальний
Ліндан	сильна	локальний
Метали: метилртуть	сильна	глобальний
ртуть	сильна	глобальний
кадмій	слабка	глобальний
свинець	слабка	глобальний
цинк	значна	локальний
мідь	значна	регіональний
хром	слабка	локальний
залізо	незначна	локальний
марганець	незначна	локальний
миш'як	слабка	регіональний
Нафта і нафтопродукти	значна	глобальний
Детергенти (СПАР)	невизначена	регіональний

Процеси самоочищення морських вод: випаровування, розчинення, емульгування, окислювання, утворення нафтових агрегатів, седиментація і біодеградація. Нафта у морському середовищі формує плівку різної потужності, по кольору плівки можна приблизно оцінити її товщину.

Окрім перерахованих, в океан різними шляхами попадають органічні сполуки, заводські відходи з високим БСК і завислі частки.

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

У морському середовищі постійно виявляють пестициди, особливо хлорорганічні пестициди (ХОП): діхлордіфенілтрихлоретан (ДДТ) і його метаболіти, гексахлорциклогексан (ГХЦГ) і поліхорбіфеніли (ПХБ). Пестициди в значній мірі концентруються в поверхневих органічних плівках, поверхневому шарі і живих організмах. Проникають вони також і всередину океану. Вміст їх у шарі 0-100 м майже однорідний, а на глибині 500 м зменшується вдвічі – у вигляді ДДЕ – основного метаболіту ДДТ.

СПАР (детергенти) входять до складу миючих засобів і відносяться до групи речовин, які знижують поверхневий натяг води. Разом зі стічними водами СПАР попадають у поверхневі води суші й у морське середовище. Ці речовини токсичні для водяних організмів. Найбільш розповсюдженими є сульфонали й алкілсульфати. У сільському господарстві СПАР застосовуються в складі пестицидів.

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

До числа дуже розповсюджених ВМ в першу чергу відносять Hg, Cd, Pb, As. Найбільше забруднення океану ВМ спостерігається в основному в прибережних водах як результат річкових виносів, промислових і побутових стоків. Важливим джерелом забруднення океану ВМ є також атмосферний перенос. ВМ легко акумулюються в завислих частках і, накопичуючись в донних відкладеннях, створюють ситуацію хронічного забруднення водної товщі і донних відкладень. Найбільш токсичною з ВМ визнана ртуть.

Забруднення морського середовища радіоактивними продуктами відбувається при випробуваннях ядерної зброї, при роботі підприємств атомної промисловості й аваріях суден з атомними реакторами. Океану властива природна радіоактивність, обумовлена присутністю в ньому ^{40}K ; ^{87}Rb ; ^3H ; ^{14}C , а також радіонуклідів ряду урану і торія. Більш 90 % природної радіоактивності води океану приходить на ^{40}K , що складає $18,5 \cdot 10^{21}$ Бк (Бк = 1 розпад/с).

Моніторинг складається з: аналізу абіотичних показників, аналізу факторів впливу на моря та океани і аналізу джерел впливу.

Основна мета моніторингу є контроль за скидами вод у моря та океани, щоб процеси самоочищення переважали над забрудненням і зберігалась екологічна рівновага природних екосистем.

Для цього необхідно вирішити ряд задач:

1) організувати систематичні спостереження й оцінювання стану морських вод і впливу забруднення на природні фізико-хімічні та гідробіологічні показники;

2) проаналізувати шляхи поширення та природного розпаду забруднюючих речовин для визначення їх можливості скину у моря та океани;

3) провести аналіз динаміки вмісту забруднюючих речовин морів і океанів за заданими значеннями скидання відходів, гідрохімічними і гідробіологічними показниками;

4) розробити рекомендації для вибору оптимального режиму скидів на конкретних ділянках морів і океанів.

Виділяють три категорії пунктів спостережень за якістю морських і океанічних вод, вибір яких залежить від місця розташування, класу небезпечності джерела забруднення, фізико-географічних умов зони дослідження.

Пункти 1 категорії – прибережні райони важливого економічного значення.

Пункти 2 категорії – розташовуються у місцях інтенсивних міграційних процесів забруднюючих речовин (зона між прибережною зоною та зони відкритого моря).

Пункти 3 категорії – розміщують у зоні відкритого моря у місцях із найнижчим вмістом забруднюючих речовин.

Спостереження здійснюють за однією з двох програм – скороченою або повною (табл. 5.4.).

При візуальних спостереженнях відзначають явища, які незвичайні для даного району моря, наприклад, плаваючі домішки, плівки, масляні плями; розвиток, накопичення та відмирання водоростей; масовий викид молюсків на берег; поява підвищення мутності, незвичного забарвлення.

Таблиця 5.4.– Програми спостереження за якістю морських та океанічних вод

Показники	Повна програма	Скорочена програма
Нафтові вуглеводні (мг/дм ³ , мг/л)	+	+
Розчинений кисень	+	+
Водневий показник	+	+
Візуальні спостереження за станом поверхні морського об'єкту	+	+
Хлоровані вуглеводні, в тому числі пестициди	+	–
Важкі метали: ртуть, свинець, кадмій, мідь	+	–
Феноли і СПАР	+	–
Додаткові ЗР, специфічні для даного району: нітритний азот, кремній	+	–
Солоність, прозорість води,	+	–
Швидкість та напрям вітру	+	–
Температура води і повітря	+	–

У пунктах 1 категорії моніторинг проводять за скороченою програмою спостереження 2 рази на місяць, за повною – 1 раз на місяць. У пунктах 2 категорії моніторинг здійснюють 5-6 разів на рік лише за повною програмою спостережень. В пунктах 3 категорії – 2-4 рази на рік за повною програмою.

5.2. Екологічний стан Чорного й Азовського морів

Чорне й Азовське моря розташовані на значній відстані від вод Світового океану, що зумовило надзвичайну чутливість їх до впливу людської діяльності за рахунок великого водозбірного басейну. Протягом останніх років проходили евтрофікації, забруднення вод токсичними хімічними речовинами, деградація прибережної смуги, зменшення біорізноманітності, в першу чергу риб. Найбільшого негативного антропогенного впливу зазнало Чорне море за рахунок днопоглиблювальних та гідромеханізованих робіт на шельфі.

Прибережна частина Чорного та Азовського морів страждає найбільше від антропогенної діяльності, зокрема, морського транспорту, річкового стоку, а також вплив великих мегаполісів розташованих на узбережжі – Одеса, Севастополь та інших. Новітні дослідження показали, що вміст заліза і синтетичними поверхнево активними речовинами (СПАР) у Чорному морі – у межах гранично-допустимих концентрацій (ГДК). Стійкий рівень вмісту біогенних речовин на рівнях нижчих ГДК спостерігається у прибережних районах, що сприяє відновлювальним процесам відкритих частин моря.

У 2016 році проведена наукова оцінка стану екосистем Чорного і Азовського морів²⁰. Було використано величезну базу даних гідрофізичних, хімічних та гідробіологічних показників, даних дистанційного зондування, вмісту специфічних забруднюючих речовин.

За результатами досліджень встановлені головні антропогенні джерела забруднення морів, кількість та значення об'єктів природно-заповідного фонду. Розроблені карти екологічної чутливості прибережної території Чорного і Азовського басейні до нафтового забруднення створених із використанням методики «Environmental Sensitivity Index Guidelines Version 3.0. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11» (США)". (рис. 5.1., 5.2.).

Автори Звіту стверджують, "що сучасний екологічний стан морів України потребує спеціального охоронного режиму"...і "постановки питання про надання Чорному морю ... статусу «особливо чутливого морського району», що передбачає додаткові жорсткі міри запобігання забруднення моря". Це може бути частково вирішено, якщо ми проведемо імплементацію Рамкової Директиви ЄС про Морську Стратегію та Водної Рамкової Директиви ЄС".

²⁰ Звіт про НДР "Оцінка стану екосистем Чорного та Азовського морів": http://www.sea.gov.ua/img/reports/2017/Theme_10.pdf

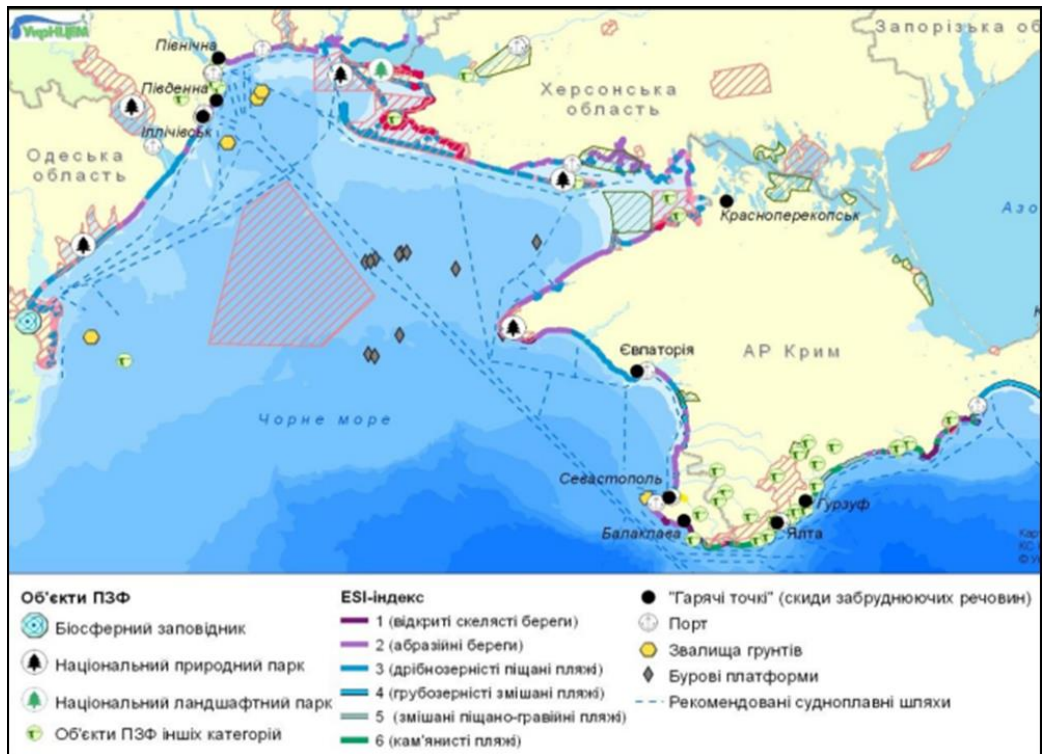


Рис. 5.1. Антропогенні джерела забруднень морського середовища і прибережжя Чорного моря



Рис. 5.2. Антропогенні джерела забруднень морського середовища і прибережжя Азовського моря

Враховуючи такий статус Азово-Чорноморського басейну у 2021 році КМУ схвалив Морську природоохоронну стратегію України²¹ на період до 2036 року, яка, зокрема створює:

²¹ Розпорядження КМУ "Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України" від 11 жовтня 2021 р. № 1240-р.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80>

- підходи та напрямки державної природоохоронної політики до 2034 року;
- напрямки та шляхи забезпечення хорошого екологічного стану екологічного стану Азовського та Чорного морів.

Головні завдання Морської природоохоронної стратегії України²² включають:

- визначення пріоритетних напрямків розвитку екологічного стану Азовського та Чорного морів шляхом запровадження національних планів дій;
- впровадження програми державного екологічного моніторингу морів і океанів із врахуванням розташування місця спостереженням;
- створення планів управління прибережною територією Азовського і Чорного морів для зменшення антропогенного навантаження на природні екосистеми.

Стратегія передбачає такі стратегічні напрямки діяльності для захисту Чорного і Азовського морів направлена на:

Ціль 1. Зменшення антропогенного навантаження на морські екосистеми шляхом зниження рівня забруднення морських вод та прибережної смуги задля зниження ризику для здоров'я населення.

Ціль 2. Збереження біорізноманіття, природних ландшафтів і ареалів існування живих організмів, що знаходяться у межах прибережних смуг.

Ціль 3. Раціональне використання водних біоресурсів і марікультури, відродження популяцій цінних видів риб.

Реалізація **Стратегії** з досягнення ДЕС, окрім виконання євроінтеграційних зобов'язань України, буде вагомим її внеском у досягнення:

- цілей сталого розвитку, ухвалених Самітом ООН зі сталого розвитку 25 вересня 2015 р. у Нью-Йорку, зокрема, *цілі 14* «Збереження морських екосистем» (на національному рівні затвержені Указом Президента України від 30 вересня 2019 року № 722 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року»);
- цілей та завдань, визначених Конвенцією про захист Чорного моря від забруднення, яка ратифікована Постановою ВРУ від 04 лютого 1994 року № 3939-12, а також стане рушійним важелем для:
- забезпечення координації виконання цілей і завдань Морської природоохоронної політики з відповідними державами-членами ЄС, зокрема в рамках дво- та багатостороннього співробітництва;
- подальшого залучення міжнародної технічної й фінансової допомоги;
- ініціювання й реалізації інвестиційних проектів природоохоронного спрямування, які передбачають потенційне залучення як зовнішніх, так і внутрішніх інвестиційних ресурсів.

Окрему увагу Стратегія звертає на екологічний стан Азовського моря. Значним джерелом забруднення Азовського моря промисловий комплекс м. Маріуполь, проте найбільша частка забруднень транскордонного походження (Таганрозька затока, Російська Федерація). Значне збільшення

²² Морська природоохоронна стратегія України: <https://mepr.gov.ua/news/38208.html>

солоності води, хімічне та біологічне забруднення, особливо за останні двадцять років, призвели до змін у біоценозах моря, зменшення його рибогосподарського значення. "Потребує скрупульозних міжнародних досліджень вплив на навколишнє природне середовище побудованого Російською Федерацією так званого "Кримського мосту" та викиди в атмосферне повітря від транспорту, що рухається зазначеною спорудою".

Забруднюють Азовське море і шлакові відвали (відходи металургії), які з кожним днем накопичуються та мають згубний вплив як на стан місцевої флори і фауни, так і на здоров'я людей. А шлаковий пил змивають талі води й дощі та забруднюють море. Розчинні компоненти шлаку у взаємодії з водою перетворюються на небезпечні сполуки.

Навколишнє середовище у радіусі 200 км від шлакових відвалів є забрудненим і це вказує на можливу екологічну катастрофу Азовського моря.

Результати інших Чорноморських досліджень, організованих за підтримки ЄС і профінансованих UNDP, показали, що кількість сміття у Чорному морі майже вдвічі вища, ніж у Середземному²³. Встановлено, що 83% з усього сміття, це пластик – PET-пляшки, упаковки, пластикові пакети тощо (рис. 5.3).

Довідкова інформація:

Проект ЄС - «Удосконалення екологічного моніторингу Чорного моря: обрані заходи» (EMBLAS-Plus) є продовженням проекту «Удосконалення екологічного моніторингу Чорного моря: фаза II», який реалізовувався у 2014-2018 рр. Цей проект спрямований на Україні та іншим країнам Причорномор'я у збереженні моря. Основними заходами проекту створенні підґрунтя для міжнародного співробітництва для наукового дослідження стану Чорного моря, особливо у відкритому морі (від Одеси до Батумі). Розробка та реалізація національних пілотних моніторингових досліджень стану моря із використанням нових технологій та сучасного обладнання відповідно до вимог Рамкової Директиви ЄС щодо морської стратегії. Тривалість проекту – 2019-2020 рр. Бюджет: 1,6 млн євро.

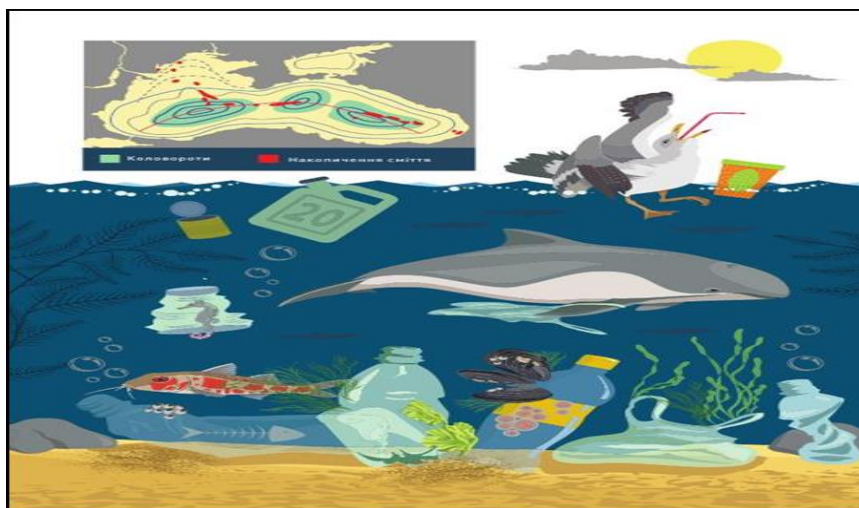


Рис. 5.3. Забруднення Чорного моря пластиком²⁴

²³ Чорне море вдвічі більше засмічене, ніж Середземне: <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/presscenter/pressreleases/2019/black-sea-twice-as-polluted-by-marine-litter-as-mediterranean-se.html>

²⁴ Секрети Чорного моря. – Київ: UNDP, 2020: <https://emblasproject.org/secrets-of-the-black-sea-ukr>

Пластик через температурні коливання та ультрафіолетове проміння, вільно розкладається на дрібні частки – мікропластик, який у великих обсягах осідає на дні. Зараз вся товща морського середовища пронизана таким мікропластиком. Коли це сміття осідає на дно, морські організми його сприймають як їжу, що згубно впливає на їх життєдіяльність, а часто просто вбиває. Через харчові ланцюги мікропластик рано чи пізно потрапляє і до організму людини. Рівень шкоди нашому здоров'ю від цього поки що точно не встановлено, однак вплив однозначно є і він – негативний.

Великі річки України, зокрема, Дунай та Дністер виносять у Чорне море велику кількість сміття (5-60 одиниць за годину), що призводить до значного забруднення (кількість морського сміття в Чорному морі вдвічі перевищує рівень забруднення Середземного моря). Великою проблемою морських екосистем є мікропластик та його вміст у воді та донних відкладах, так на шельфі Чорного моря містяться значні концентрації мікропластику, що спричиняється засміченням моря саме пластиковим сміттям.

Концентрації забруднюючих речовин, які чинять токсичний вплив на живі організми, у морській воді, перевищують гранично-допустимі концентрації. Такими сполуками є бензо(а)пірен, залишки пестицидів, ртуть, тощо, вони також мають здатність до накопичення у живих організмах. У воді також виявлено більше 124 шкідливих хімічних сполук, а саме стійкі органічні речовини, важкі метали, пестициди, біоциди, фармацевтичні засоби, поверхнево-активні речовини. Моніторингові дослідження концентрації цих речовин у морській воді раніше не проводили, а тепер запропоновано включити їх в регулярні дослідження.

Іншою істотною проблемою Чорного моря є інвазивні види, які чинять значний негативний тиск на морські екосистеми руйнуючи існуючі трофічні ланцюги. Наукові дослідження показали, що у морській воді присутні середземноморські види (монровійська риба-хірург, червона баракуда, риючий бичок (*Trypauchen vagina*) тощо).

За допомогою ДНК аналізу у Чорному морі було знайдено осетра європейського та білугу, які вважалися зниклими видами або під загрозою зникнення.

Встановлено, що екосистеми Чорного моря володіють потенціалом до відновлення, оскільки стан колонії червоних водоростей знаходиться у задовільному стані, що може пояснюватися покращенням фізико-хімічних показників якості вод.

РОЗДІЛ 6. МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Геологічне середовище, терміни і визначення

Частина літосфери, що є мінеральною основою біосфери, називається *геологічним середовищем* (ГС). Частина ГС, яка обмежена зоною впливу інженерних споруд, називають *природно-технічною системою*. Природно-технічна система (ПТС) охоплює деякий простір, що знаходиться у межах впливу технічної системи на ГС. Розглядаючи термін “геологічне середовище”, необхідно відзначити, що тут проявляються як сили, викликані інженерно-господарською діяльністю людини, так і природні геологічні процеси, джерелом яких є надра Землі, гідросфера та атмосфера.

Верхньою межею ГС є земна поверхня, а його нижня межа досить неоднорідна в різних природно-кліматичних зонах нашої планети. Значною мірою земна поверхня визначається глибиною техногенного впливу в ході різних видів господарської діяльності. Останнім часом максимальна глибина техногенного впливу усе більш зростає (на даний час надглибоке буріння досягає глибин 12,26 км). У міських агломераціях техногенний вплив поширюється на глибину до декількох кілометрів.

До складу ГС відносять ґрунти і верхню частину гірських порід (породи зони аерації і зони насичення), що розглядаються як багатокомпонентні системи. Межі ГС змінюються в просторі і в часі залежно від інтенсивності

Верхній шар літосфери (приблизно до 10 км) прийнято називати “надрами”, він використовується людиною для видобутку корисних копалин. Сучасна економіка базується науково-технічному прогресі, який забезпечує інтенсифікацію використання природних ресурсів, зокрема, енергетичних і мінеральних. З надр щороку вилучаються мільярди тон гірських порід, а за прогнозами у близькому майбутньому темпи руйнування ГС можуть зрости ще у 4-6 разів. Навіть при сучасних технологіях видобутку і використання корисних копалин не більше 5% вилучених з надр мінеральних ресурсів реалізуються у вигляді продуктів виробництва, а решта 95% є відходами. Так, щоб отримати одну тону P_2O_5 з апатитів і фосфоритів утворюється від 4-х до 5-ти т фосфогіпсу, який практично повністю йде у відвали, оскільки його використання є практично неможливим (до 2%).

Головними джерелами забруднення ГС є підприємства металургійної промисловості, які викидають мільйони тонн шлаків з такими хімічними сполуками як SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MnO , FeO , Fe_2O_3 , U_2O_5 , TiO_2 , K_2O , домішки рідкісних ХЕ і т.д. Окрім цього, різні види металургійного виробництва дають великі маси різноманітних за складом шлаків і пилу, які видаляються на звалища і займають значні земельні площі.

Величезна кількість мінеральних природних ресурсів перероблюється на підприємствах хімічної промисловості. Відходи виробництва сірчаної кислоти, калійних добрив, фосфатної кислоти, фосфатних добрив тощо є значними забруднювачами ГС та інших складових природного середовища.

Форми порушення і забруднення найбільш характерні для гірничо-видобувних підприємств. Форма порушення або забруднення – це окреслена

межею (у вигляді контуру чи ареалу) територіально-структурна одиниця гірничого виробництва в рамках ГС. В зоні впливу гірничого виробництва характерні геомеханічні (деформації масиву порід і земної поверхні, провали, виїмки, насипи, забудови), гідродинамічні (гідрологічні – поверхневі, гідрогеологічні – підземні) та аеродинамічні (приземні) порушення, а також літосферні (поверхні), гідросферні (з розчиненими хімічними, твердими і газоподібними речовинами), атмосферні (з твердими, рідкими, газоподібними і пароподібними речовинами) та біоценотичні (фіто-, зоо- і мікробоценози) забруднення.

У процесі гірничо-видобувних робіт зростає негативний вплив на стан практично всіх елементів довкілля:

1) *земля, ґрунти* – зміна земної поверхні, порушення ґрунтового покриву, ерозійні процеси, руйнування і трансформація ландшафтів, зменшення площі сільськогосподарських земель, погіршення якості ґрунтів, зміна вигляду територій, погіршення якості поверхневих і ґрунтових вод, внаслідок викидів в атмосферу і осідання пилу та хімічних сполук;

2) *надра* – вичерпання і зниження якості корисних копалин, втрата промислової цінності родовищ корисних копалин, руйнування і забруднення надр, розвиток карстових процесів;

3) *води* – зменшення запасів і погіршення якості поверхневих і підземних вод, порушення гідрологічного і гідрогеологічного режимів водного басейну;

4) *атмосферне повітря* – забруднення атмосфери через запилення і загазування при підричних роботах;

5) *флора і фауна* – погіршення умов і втрата територій мешкання лісової, степової і водної флори та фауни, скорочення чисельності диких тварин через вимушену міграцію, пригнічення і зменшення чисельності диких рослин, зменшення урожайності культурних рослин, втрата продуктивності тваринницьких ферм і лісового господарств.

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

Еколого-геологічними умовами називають сукупність конкретних властивостей ГС, що забезпечують умови існування живих організмів літосфері, як неживій основи їхнього мешкання.

Екологічні властивості літосфери обумовлені природою її речовинного складу, геодинамічних, геохімічних та геофізичних полів, які забезпечують умови для життєдіяльності живих організмів, зберігають умови для їх існування та еволюції.

Функціонування ГС розглядають з позицій життєзабезпечення і еволюції біоти, головним чином, людського суспільства. Усе різноманіття функціональних залежностей між ГС і живими організмами зводяться до наступних груп: ресурсної, геодинамічної, геохімічної і геофізичної.

Виділяють три основні підходи до оцінки екологічного стану геологічного середовища:

- пряме кількісне оцінювання компонентів ГС (геологічні породи, поверхневі води, ґрунти, донні відкладення, геологічні явища) у порівнянні з ГДК, ГДР, фоновими значеннями тощо;
- ранжування території за техногенним навантаженням (оцінювання рівня трансформації природних ландшафтів, передбачає, таку градацію: незмінні, слабо-, середньо-, сильно- і дуже сильно змінні, катастрофічно змінні);
- визначення геологічного середовища та його ролі у сучасному стані екосистем.

Виділяють чотири класи природно-антропогенних порушень – Норма, Ризик, Криза і Катастрофа.

Зона екологічної норми (Н) включає території без помітного зниження продуктивності і стійкості екосистем. Значення оцінок прямих критеріїв нижчі за ГДК. Деградація земель складає менш 5% території.

Зона екологічного ризику (Р) включає території з помітним зниженням продуктивності і стійкості екосистем, що веде до деградації ЕС, але з можливістю відновлення. Деградовано 5-20% земель від загальної площі.

Зона екологічної кризи (К) включає території із сильним зниженням продуктивності та втратою стійкості екосистем, з практично незворотними порушеннями. Деградовано 20-50% земель.

Зона екологічного лиха (Л) включає території з повною втратою продуктивності і стійкості ЕС, практично необоротними порушеннями ЕС, що виключають її з господарського використання. Деградовано більш 50% земель.

Зоні екологічної норми відповідають *задовільні (З)* еколого-геологічні умови, зоні екологічного ризику – *умовно задовільні (УЗ)* умови, зоні екологічної кризи – *незадовільні (НЗ)*, зоні екологічного лиха – *катастрофічні (К)* еколого-геологічні умови.

Оцінювання еколого-геологічних умов виконують за допомогою *прямих* та *індикаторних* критеріїв, які за характером оцінок розділяються на такі групи:

- *ресурсну,*
- *геодинамічну,*
- *геохімічну і*
- *геофізичну.*

Прямі критерії оцінювання в межах кожної з цих груп регламентуються директивними документами і порівнюються з нормативними показниками у вигляді:

- *гранично-допустимих концентрацій (ГДК),*
- *гранично-допустимих викидів (ГДВ),*
- *гранично-допустимих скидів (ГДС),*
- *гранично-допустимих навантажень (ГДН), або*
- *фонових і кларкових значень.*

Індикаторні критерії включають:

- у ресурсній групі – залишкові запаси природних ресурсів (кількість років);
- у геодинамічній групі – площинні, об'ємні і динамічні зміни у геологічному середовищі;
- у геохімічній групі – оцінки рівня забруднення літосфери;
- у геофізичній групі - критерії оцінки радіаційного забруднення і т.д.

Отже, одним з головних завдань при обґрунтуванні критеріїв оцінки екологічного стану ГС є проведення комплексних досліджень з вивчення характеру і закономірностей трансформації, міграції, накопичення, в тому числі і біоаккумуляції, забруднюючих речовин. Це проводиться через серію дослідно-методичних і експериментальних робіт на допоміжних полігонах з різного ступеню порушеннями геологічного середовища. Одна з найважливіших сучасних проблем оцінювання стану геологічного середовища полягає у обґрунтуванні критеріїв гранично-допустимих еколого-геологічних навантажень (ГДЕГН) і гранично допустимих еколого-геологічних впливів (ГДЕГВ).

Можна відмітити, що регулювання та контроль якості ГС передусім з метою обмеження впливу техногенезу в даний час базується на трьох групах критеріїв:

- 1) обмеження забруднень на рівні ГДК;
- 2) обмеження ГДЕГВ, пов'язаних з впливом подальшого перерозподілу забруднення ГС;
- 3) обмеження ГДЕГН на ГС, особливо у випадках низької екологічної стійкості останніх (слабка захищеність підземних вод в умовах активного взаємного зв'язку із поверхневими, відсутність водотривів та ін.).

Для визначення місць розміщення об'єктів промислового і цивільного будівництва та місць рекреації використовують методи медико-геологічне ранжирування територій. Ці методи забезпечують можливість визначення сприятливих (несприятливих) ділянок для функціонування біоти і проживання людей.

Показником загального техногенного навантаження є модуль техногенного навантаження (M_T), який визначається як сума вагових одиниць всіх видів відходів (твердих, рідких, газоподібних) промислових, сільськогосподарських і комунальних об'єктів за часовий проміжок – 1 рік, віднесений до площі адміністративного району або області, в межах якої розташовані ці об'єкти, тобто модуль виражається в $t/км^2$ на рік $M_T = (t/км^2)$.

З метою отримання показників техногенного забруднення і загальної захворюваності населення (кількість хворих на 100 тисяч населення), модулі було переведено в безрозмірні величини: приведене техногенне навантаження (відношення M_T по конкретній адміністративній області до мінімального значення M_T для України – M_i/M_{min}) і приведену захворюваність (відношення показників загальної захворюваності для даної області ($S_{Зах}$) до мінімального значення ($Зах_{min}$) захворюваності – $S_{Зах}/Зах_{min}$) для території України.

Аналіз свідчить, що між захворюваністю населення і техногенними навантаженнями для більшості областей простежується певна залежність. Причому, ця залежність більш чітко виражена для областей з відносно більш низькими або середніми значеннями показників.

Призначенням моніторингу геологічного середовища є встановлення параметрів геологічного середовища у контексті його еволюційного розвитку та антропогенного впливу, а також на основі цього – прийняття управлінських рішень щодо функціонування природно-техногенних систем.

Основною метою системи моніторингу геологічного середовища (МГС) є оперативний контроль та прогнозування можливих змін стану геологічного середовища, розробка необхідних природоохоронних заходів і обґрунтування управлінських рішень на базі результатів моніторингових досліджень.

Найнижчим рівнем МГС є *детальний* (або *об'єктний*) моніторинг – система моніторингу території підприємств, територія родовищ корисних копалин, господарських комплексів і т. ін. Сукупність систем детального моніторингу утворює *локальний* рівень МГС – міські, районні системи МГС. Локальні системи моніторингу об'єднуються в системи *регіонального* моніторингу – оцінювання змін ГС територій комплексного антропогенного засвоєння (обласних територіально-виробничих комплексів і т. ін.).

Системи регіонального моніторингу утворюють єдину *національну* (*державну*) мережу МГС (наприклад, система екологічного моніторингу України, яка включає і блок МГС). В межах екологічної програми ООН національні системи моніторингу об'єднуються в *глобальну* мережу з назвою “Глобальна система моніторингу навколишнього середовища” (ГСМНС), яка включає і геологічну складову.

Головними об'єктами спостережень системи МГС є: родючі і штучні ґрунти, гірські породи, рельєф місцевості, підземні води, інженерно-геологічні процеси та явища, система інженерного захисту.

Основа організаційної структури МГС складає *автоматизована інформаційно-пошукова система* (АІПС), яка повинна забезпечувати зберігання і пошук режимної інформації про стан ГС и ПТС, а також для обробки і оцінювання отриманої інформації, виконання прогнозів стану і розвитку ГС; вирішення задач оптимізації управління станом ГС.

6.2. Особливості організації державної системи моніторингу ґрунтів²⁵

Моніторинг ґрунтів (*ґрунтовий моніторинг*) – це система спостережень, кількісного оцінювання використанням ґрунтів і земель, а також прогнозування стану ґрунтів з метою організації управління їх продуктивністю і збереження їх родючості. Ґрунтовий моніторинг є складовою частиною системи екологічного

²⁵ Ґрунт – це особливе орґано-мінеральне природне утворення, яке виникло як внаслідок впливу живих організмів на мінеральний субстрат і розкладу мертвих організмів, так і за рахунок впливу природних вод і атмосферного повітря на поверхневі горизонти гірських порід у різних умовах клімату і рельєфу в гравітаційному полі Землі.

моніторингу і входить до структури системи моніторингу суміжних середовищ і біосфери в цілому. Важливо відмітити, що процес забруднення ґрунтів, як об'єкту спостережень, має цілий ряд важливих специфічних особливостей. З іншого боку, ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунтах протікає відносно повільно. Через це високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викидів.

Найбільш інтенсивно забруднюючі речовини попадають на поверхню ґрунтів шляхом перенесення з атмосферним повітрям, а у випадку попадання забруднень з ґрунту в атмосферу шляхом випаровування або з пиловими бурями. Інший шляхом поширення забруднювальних речовин – це їх змив поверхневими стічними водами.

В результаті життєдіяльності мікроорганізмів, а також від впливом фізико-хімічних факторів, відбувається розпад органічних забруднювальних речовин. Дуже часто встановлюється рівновага між попаданням в ґрунт забруднювальних речовин та їх розпадом у ґрунті (наприклад, при забрудненні ґрунтів бенз(а)пиреном, пестицидами та іншими речовинами).

Необхідність техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу в Україні визначається чотирма основними факторами [В.В. Медведєв, 2002]:

- важливістю здатності ґрунтів зберігати здатність до регуляції циклів біофільних елементів, як основи життєдіяльності людини і біосфери в цілому;
- важливістю контролю і запобігання негативному розвитку процесів ґрунтоутворення, що має місце практично на всій території України під впливом безконтрольної діяльності людини і виявляються в дегуміфікації, ерозії, переущільненості, забрудненості, підкисленні, підтопленні, засоленні, надмірному виробленні торфу, тощо;
- важливістю істотного підвищення родючості ґрунтів, збільшення віддачі від меліорації та хімізації, подолання застою в урожайності і відставання в цьому відношенні від більшості розвинених країн, поліпшення якості сільськогосподарської продукції;
- неможливості вироблення адекватної оцінки сучасного стану ґрунтового покриву за наявною інформацією через застарілі дані ґрунтового обстеження, «усіченості», орієнтованості лише на вузького споживача, незвідності матеріалів й різноманітності методик УкрНДІземлепроекту, Сільгоспхімії, гідрогеологічної служби та інших, а також неможливістю раціонального використання з цієї причини інвестицій для його виправлення.

Елементи системи моніторингу ґрунтів виконуються відповідними службами Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів (моніторинг ґрунтів меліоративного фону, іригаційної ерозії), гідрометеостанціями (забезпечення кліматичною інформацією, оцінка післядії злив, пилових буранів), Укргеологією, а нині Держгеослужбою (контроль геологічної і техногенної ерозії, забруднення геологічних порід і природних вод),

установами НАНУ виконується дистанційне зондування стану ґрунтового покриву.

В Україні служба ґрунтового моніторингу функціонує в рамках державної системи моніторингу довкілля. Ця служба забезпечує періодичні спостереження за динамікою основних ґрунтоутворювальних процесів (фізичних, хімічних, біологічних та інших) як у природних умовах, так і при виконанні сільськогосподарських робіт та іншого антропогенного впливу.

Об'єкти ґрунтового моніторингу – це основні типи, підтипи, фони, види і різновиди ґрунтів у межах ґрунтової провінції, які максимально відображають стан і особливості ґрунтового покриву з врахуванням різноманітних рівнів і видів антропогенного навантаження.

Постійними пунктами контролю в системі ґрунтового моніторингу розглядаються:

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

Вважається, що для достовірного діагностування стану ґрунтів необхідно мати інформацію про:

- зміни структури ґрунтового покриву, т
- трансформацію земельних угідь,
- оцінки темпів зміни основних показників (гумусу, рН, ємності катіонного обміну, фізичного, водного, повітряного та поживного режимів, забрудненості, біологічної активності),
- оцінки інтенсивності ерозії та показників меліоративного стану (якості зрошувальних вод, рівня мінералізації підґрунтових вод, засоленості ґрунтів зони аерації, вторинного осолонцювання, оцінки темпів спрацювання осушених торфовищ, трансформації органічної речовини, вторинного озалізнення)
- оцінки ефективності родючості ґрунтів.

На даний час загальна кількість контрольованих показників, при реалізації ґрунтового моніторингу, становить близько 115, а повний тур моніторингу ґрунтів має вкладатись у 5-річний термін. Для гостро динамічних індикаторів, які вказують на можливі кризові ситуації (ерозія й інші види деградаційних процесів), необхідно встановлювати спеціальні види оперативного контролю.

Відповідно до програми спеціальних досліджень, спрямованих на методичне забезпечення дистанційного ґрунтового моніторингу, розробленої в УНДІГА спільно з іншими академічними інститутами, створюються новітні методи дистанційного визначення ґрунтових характеристик і параметрів землекористування, а також розроблена відповідна знімальна апаратура і засоби оперативного дешифрування інформації.

В техніко-економічному обґрунтуванні ґрунтового моніторингу передбачається сучасне математичне і програмне забезпечення (принципи

створення банку даних, автоматизовані системи обробки і відображення інформації, методи розробки поточних і довгострокових прогнозів).

Під впливом природних і антропогенних факторів відбувається постійне зменшення площі педосфери. Головними антропогенними факторами забруднення і втрати ґрунтів є:

- техногенне перетворення територій (підземне будівництво, видобуток корисних копалин);
- штучна ерозія (осушування боліт, оголення землі та ін.);
- погане господарювання (втручання в гідрологічний режим, неефективне сільськогосподарське виробництво, випалювання стерні і сухостою, знищення лісів);
- забруднення (теплоенергетичне, транспортне, сільськогосподарське, комунально-побутове, промислове);
- відвід під будівництво (гідротехнічне, транспортне, промислове, житлове).

Природні фактори, як правило, не порушують рівновагу й хід звичних геологічних процесів, а антропогенні фактори провокують деградацію та виснаження ґрунтів, що приводить до виключення їх з сільськогосподарського користування.

Деградація ґрунтів – це сукупність процесів, що зменшують їх родючість. Види деградації: фізична (зміна агрофізичних показників), хімічна (зміна вмісту хімічних речовин) та біологічна (наявність у ґрунті хвороботворних мікроорганізмів). До головних причин деградації ґрунтового покриву відносять: різні види ерозії, недотримання агротехнічних вимог, вирубка лісів, надмірне використання засобів захисту рослин і мінеральних добрив тощо.

Найбільшу шкоду ґрунтам наносять *ерозійні процеси*, які супроводжуються руйнування ґрунтів з порушенням їх цілісності і зміною їх фізико-хімічних властивостей (*вітрова та водна ерозія*).

До головних причин втрати ґрунтів відносять:

- неправильну оранку,
- надмірну експлуатація пасовищ (без урахування ємності середовища),
- знищення рослинного покриву (передусім лісів),
- надмірне зрошування, засолення тощо.

Деградаційні процеси в ґрунтовому покриві призводять до *опустелювання* – процеси погіршення і зниження продуктивності територій, що відбуваються в будь-яких кліматичних умовах, а їх інтенсивність залежить від зниження водного і підвищення теплового режиму. В сучасних умовах причиною опустелювання є антропогенний вплив на земельний покрив.

На Землі пустелі займають більше 900 млн. га, зобов'язані своїм походженням людині, а близько 5-7 млн. га щорічно вилучається з сільськогосподарського використання внаслідок процесів опустелювання.

Засолення спричиняє повне або часткове виключення ґрунтів з активного господарського використання через надмірний і безсистемний полив при

відсутності дренажу. Засолення ґрунтів характерне для країн Близького і Середнього Сходу, Австралії, США, Мексики, Аргентини, повторне Індія, Китай, США (25-27% всіх зрошуваних площ). За даними ФАО, засоленими є половина всіх зрошувальних земель у світі. Найбільш важливі питання охорони ґрунтів від засолення; відновлення і підвищення родючості зрошуваних ґрунтів; вдосконалення існуючих і розробка нових методів прогнозу водно-сольового режиму зрошуваних районів; вирівнювання родючості зрошуваних територій напівпустельної і сухостепової зон, надання ґрунтам однорідних водно-фізичних і агротехнічних якостей.

Для зменшення вилучення сільськогосподарських земель під забудову та інші цілі необхідно розробити науково-обґрунтовані норми для:

- земельних площ для будівництва і встановлення суворого контролю за їх дотриманням;
- використання земель, непридатних для сільського господарства;
- підвищення кількості поверхів забудови міст;
- прокладки комунікацій під землею;
- розрахунків при створенні водосховищ.

В наш час до 15% поверхні суші вже деградовано – доведено, що 55,7% порушень викликано водною ерозією, 28% - вітровою ерозією, 12,1% - хімічним впливом, 4,2% - фізичним впливом. При загальній площі України 60,4 млн. га на ріллю (станом на 1 січня 2003 р.) припадає 33,1 млн. га (54,8%), а на пасовища, сіножаті і багаторічні насадження – 8,8 млн. га (14,6%). В окремих степових і лісостепових районах розорані землі складають до 80-90%, що є небезпечним як в економічному, так і екологічному плані, оскільки різко зменшується загальний природний потенціал території (для порівняння: Франція і Туреччина, які мають приблизно таку ж чисельність населення, характеризуються набагато меншими площами розораних земель - відповідно 17 і 19 млн. га). Через водну ерозію втрачається значна кількість ґрунту. Так, за 25 років (1966-1991 рр.) вміст гумусу зменшився в середньому з 3,5 до 3,2%.

Щорічно у ґрунтах України знижується вміст гумусу (в середньому на 1,5-1,8 т/га в рік), що сприяє ущільненню ґрунтів і знижує їх водомісткість в 15-20 разів. Дегуміфікація пов'язана із зменшенням кількості і погіршенням якості органіки, що поступає в ґрунт; для запобігання цьому процесу необхідно внесення гною в кількості 8-12 т/га в рік, заорювання пожнивних залишків в ґрунт, застосування мульчування поверхні соломною і ін., використання мінеральних добрив тощо. Оптимальним вважається вміст гумусу у верхніх горизонтах чорноземів 5-7%. Ущільнення ґрунту і погіршення його фізичних властивостей відбувається через навантаження сільськогосподарської техніки. Так, трактори здатні ущільняти чорноземи до 1,5 г/см³ в шарі 0-20 см і сприяти ущільненню до глибини 60-70 см.

До головних задач ґрунтового моніторингу відносять:

- виявлення несприятливих змін ґрунтового покриву при різних видах його використання;
- контроль стану ґрунтового покриву (динаміка змін) під сільськогосподарськими культурами для видачі своєчасних рекомендацій;

- оцінювання середньорічних втрат ґрунтів (швидкості втрат ґрунтового покриву в результаті дощової, вітрової й іригаційної ерозії);
- виявлення районів з дефіцитним балансом біогенних елементів,
- виявлення й оцінка швидкості втрат гумусу, азоту і фосфору;
- спостереження за зміною рН ґрунтів;
- спостереження за сольовим режимом зрошування ґрунтів;
- спостереження за вмістом у ґрунті важких металів;
- спостереження за вмістом ґрунтів ВМ і пестицидів в районах їх постійного використання;
- довгостроковий і сезонний контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно-фізичними властивостями ґрунтів і вмістом у них елементів живлення рослин;
- оцінювання ймовірної зміни властивостей ґрунтів під час меліоративних робіт, упровадженні нових систем землеробства, тощо;
- спостереження за розмірами і правильністю відчуження оранко-придатних земель для промислових і комунальних цілей [26].

Задачі моніторингових спостережень за станом ґрунтів включають:

- 1) реєстрацію рівнів хімічного забруднення ґрунту, виявлення динаміки тимчасових змін в залежності від розташування і технологічних параметрів джерел забруднення;
- 2) оцінку можливих наслідків забруднення ґрунту і прогноз тенденцій змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів;
- 3) обґрунтування заходів щодо зменшення негативних наслідків забруднення ґрунту, зокрема, рекультивації, біоремедіації та інших способів відновлення ґрунтів;
- 4) зробити інформацію про рівень забруднення ґрунтів доступною для громадськості та зацікавлених організацій.

Для досягнення поставлених задач моніторингу ґрунтів використовують такі види спостережень:

- *режимні або систематичні* спостереження;
- *комплексні* спостереження (аналіз міграційних процесів забруднюючих речовин в системах: атмосферне повітря-ґрунт, ґрунт-рослина, ґрунт-вода, тощо);
- *дослідження вертикальної міграції* забруднюючих речовин у ґрунті та підземні води;
- *спостереження за вмістом забруднюючих речовин* в певних пунктах відповідно до запитів організацій.

Наприклад, райони сільськогосподарського використання і меліоративного освоєння характеризуються специфічним набором техногенних впливів на ГС. У залежності від виду впливів території сільськогосподарського і гідромеліоративного освоєння відчувають різне техногенне навантаження.

Із сільськогосподарською діяльністю в основному пов'язані такі техногенні впливи на ГС:

- 1) хімічне забруднення ґрунтів, гірських порід, підземних вод, що виникає через надлишкове внесення мінеральних добрив, використання отрутохімікатів;

- 2) біохімічне і мікробіологічне забруднення ґрунтів і ПВ за рахунок складування кормів, силосних ям, надлишкового внесення гною, неправильного його збереження, витоків стічних вод на тваринницьких фермах, землеробських ділянках і т.д.;
- 3) штучні поливи, що викликають підтоплення територій чи вторинне засолення ґрунтів, що порушують гідрогеологічний режим;
- 4) деградація ґрунтів, що провокується як неправильними агротехнічними прийомами, так і іншими антропогенними факторами (надмірним випасом худоби і т.д.).

Практично весь техногенний вплив у районах сільськогосподарської діяльності в першу чергу негативно діє на ґрунтовий покрив. Саме ґрунт є основним індикатором стійкості ГС стосовно антропогенних навантажень, чутливості і стійкості ГС до антропогенних змін. Ґрунт є природним утворенням, де проходять активні процеси як тепло- і масопереносу, так і акумуляції і деструкції більшості ЗР антропогенного походження. Однак, буферна здатність ґрунтів обмежена. Тому, в районах сільськогосподарської діяльності і меліоративного освоєння, особливо важливо правильно організувати інформаційну систему ґрунтового моніторингу як підсистему геомоніторингу.

При організації системи моніторингу ґрунтів необхідно враховувати особливості виконання гідромеліоративних робіт, до яких відносять:

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

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

Необхідно провести порівняння змін рівня забруднення і викликаних цими змінами закономірних змін міри забруднення ґрунтів важкими металами в просторі і часі. Такі закономірності найбільш повно виявляють на ґрунтово-геоморфологічних профілях, що перетинають територію досліджень вздовж переважаючих потоків.

Ґрунтово-геоморфологічний профіль це заздалегідь вибрана вузька, смуга земної поверхні, на якій встановлюється кореляція між рівнем забруднення ґрунтів з одним або декількома екологічними факторами. Ґрунтово-геоморфологічні профілі закладаються з врахуванням векторів рози вітрів і не замінюють ключові ділянки, а доповнюють одна одну.

Техногенні викиди, що надходять в ґрунт через атмосферу, зосереджуються в основному у верхніх шарах (2-5 см), а нижні горизонти забруднюються у процесі оранки, культивування і боронування, а також через процеси перенесення забруднень через ґрунтові тріщини, ходи тварин і рослин.

На територіях, зайнятих ріллею, ґрунтові проби відбирають в шарах 0-10 см, 10-20 см і 20-40 см. Об'єднана проба складається методом конверта. Відбір і складення проби аналогічні операціям відбору проб ґрунту на пестициди. Проби і супровідні талони в лабораторії зберігаються протягом 1,5-2 років.

Для встановлення інтенсивності надходження важких металів в ґрунти щорічно проводять відбір проб снігу. Об'єднаний зразок снігу з площі 1 га складається з 20-40 точкових проб. Проби беруться раною весною до початку підсніжного стоку талої води.

Погіршення властивостей ґрунтів є одним з найбільш важливих факторів формування зон (класів) екологічного стану ґрунтів *H, P, K* и *L* (табл. 6.1.) і характеризується *ґрунтовими критеріями*. Найбільш інформативними є *ґрунтово-ерозійні критерії*, які прямо пов'язані як із природними геологічними процесами, так і з антропогенними факторами. Ці критерії дають найбільш повне уявлення про динаміку процесів деградації ґрунтового покриву.

За ступенем небезпеки хімічні речовини, які забруднюють ґрунтовий покрив, підрозділяються на 3 класи (ГОСТ 17.4.1.02-83): 1 – високо небезпечні, 2 – задовільно небезпечні, 3 – мало небезпечні.

Таблиця 6.1. Критерії оцінки ступеню забрудненості ґрунтів

Вміст в ґрунті, мг/кг	Клас небезпеки сполук		
	1	2	3
Неорганічні речовини			
> K_{max}	дуже сильний	дуже сильний	сильний
1 ГДК - K_{max}	дуже сильний	сильний	середній
2 фона - ГДК	слабий	слабий	слабий
Органічні речовини			
> ГДК	дуже сильний	сильний	середній
2 ГДК - 5 ГДК	сильний	середній	слабий
1 ГДК – 2 ГДК	середній	слабий	слабий

Показники шкідливості, що обов'язково враховуються при санітарно-гігієнічному нормуванні якості ґрунтового покриву:

- транслокаційний (K_1), характеризує обмеження переходу нормованої ЗР у рослину;
- міграційний водний (K_2), характеризує обмеження переходу нормованої ЗР у водне середовище;
- міграційний повітряний (K_3), характеризує обмеження переходу нормованої ЗР у повітряне середовище;
- загальносанітарний (K_4), дозволяє оцінювати здатність ґрунту до самоочищення і стан ґрунтового мікробоценозу.

Відзначені показники розглядаються як критерії оцінки забруднення ґрунтів і гірських порід неорганічними й органічними речовинами. На підставі даних показників розроблено чотири критерії ступеня забруднення ґрунтів і вод органічними і неорганічними речовинами: слабкий, середній, сильний і дуже

сильний, що може бути використана для картографування еколого-геологічних умов.

Загальну оцінку ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за відповідними критеріями або виділяти слабо-, середньо- і сильно забруднені ґрунти. У слабо забруднених ґрунтах вміст ЗР не перевищує ГДК або фонове значення. У середньо забруднених – перевищення ГДК (фону) незначне і не приводить до значних змін властивостей ґрунтів. У сильно забруднених ґрунтах вміст забруднювальних речовин у декілька раз перевищує фонові значення або ГДК, що суттєво позначається не тільки на властивостях ґрунтів, але і на якості сільськогосподарської продукції.

Часто виникає необхідність проводити оцінювання ступеню забруднення окремими забруднювальними речовинами (важкими металами, нафтою і нафтопродуктами, бенз(а)піреном тощо). Для виключення техногенної складової використовуються дані по незабруднених територіях, або територіях з викопними ґрунтами, що не зазнали антропогенного впливу.

Як приклад, можна розглянути критерії оцінки забруднення ґрунтів нафтопродуктами (НП). Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація нафтопродуктів досягає такої величини, при якій починаються негативні екологічні зміни в навколишньому природному середовищі:

- порушується екологічна рівновага в ґрунті,
 - гине ґрунтова біота,
 - падає продуктивність чи настає загибель рослин,
 - відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, падає їх родючість,
 - створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод.
- Небезпечним рівнем забруднення ґрунту вважається рівень, що перевищує межу потенціалу самоочищення.

Деякі країни встановлюють верхній безпечний значення (Н) вмісту нафтопродуктів у ґрунті на рівні 1 – 3 г/кг; а початок серйозної екологічної шкоди (К) – при вмісті нафтопродуктів на рівні 20 г/кг і вище.

З огляду на фізико-географічні умови і характер землекористування в Україні, що впливають на процеси самоочищення при забрудненні природного середовища нафтопродуктами, для проведення детоксикації доцільно прийняти наступні ступені градації забруднення ґрунтів НП (з урахуванням кларку):

- незабруднені ґрунти – до 1,5 г/кг;
- слабо забруднені – від 1,5 до 5 г/кг;
- середньо забруднені – від 5 до 13 г/кг;
- сильно забруднені – від 13 до 25 г/кг;
- дуже сильно забруднені – більше 25 г/кг.

Слабке забруднення ліквідується через самоочищення ґрунту (поверхневий стік) через 2 – 3 роки, середнє – через 4-5 років. Значну екологічну шкоду чинить вміст забруднюючих речовин вище 13 г/, оскільки такі високі концентрації спричиняють міграційні процеси та порушують екологічну рівновагу в ґрунтовій екосистемі. Концентрації менше 5 г/кг

відповідають зоні екологічної норми (Н), 5-13 г/кг – зоні екологічного ризику (Р), 13-15 г/кг – зоні екологічної кризи (К), в більше 25 г/кг – зоні екологічного лиха (Л).

За ступенем шкідливості хімічні речовини, на які розроблено ГДК складають наступний умовний ряд (по зменшенню негативного впливу): пестициди і їх метаболіти (ДДТ і ДДЕ) - важкі метали - НП - сіркоорганічні сполуки. Як уже відзначалося, крім ГДК використовуються ОДК, що визначаються розрахунковим шляхом. Багато які хімічно небезпечні ЗР (бенз(а)пірен, *Pb* і ін.) можуть фіксуватися в ґрунтах на значному віддаленні від джерел викиду.

При оцінці стійкості ґрунтів до ЗР використовуються короткочасні і довгострокові зміни ґрунтів і показники ранньої діагностики змін у ґрунтового покриві. Довгострокові зміни ґрунтів (5-10 років) діагностуються за вмістом гумусу, відношенню вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот, вмісту солей, загальній лужності і кислотності, а також по втратах ґрунтів через ерозію. Короткочасні зміни ґрунтів (2-5 років) діагностуються по динаміці вологості, складу ґрунтових розчинів, вмісту живильних речовин, величині *pH* і т.д.

Основним параметром, що характеризує здатність ґрунтів до самоочищення, є час самоочищення, тобто інтервал, протягом якого вміст ЗР зменшується на 95% від початкового значення. Якщо час самоочищення може складати від декількох днів до декількох років, то відновлення ґрунтового покриву набагато триваліший процес (сотні років).

Санітарно-гігієнічна оцінка ґрунтів дається по наявності патогенних мікроорганізмів, що є збудниками сибірської виразки, холери, тифу, дизентерії й ін. Особливу групу паразитарних захворювань, що поширюються через ґрунти, складають гельмінти. Необхідно диференціювати ЗР ґрунтів за класом небезпеки згідно ДСТ 17.4.1.02-83 (табл. 6.2.)

Таблиця 6.2. Загальна оцінка ступеня забруднення компонентів літосфери з виділенням класів екологічного стану

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

Суб'єкти державної системи ґрунтового моніторингу.

Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження за рівнем забруднення ґрунтів пестицидами та важкими металами. Проби потрібно відбирати один раз у 5 років.

Державна екологічна інспекція (Міндовкілля) здійснює відбір проб на промислових майданчиках в межах всієї країни. Загальна кількість параметрів, що вимірюються 27.

Міністерство охорони здоров'я здійснює моніторинг стану ґрунтів на територіях їх можливого негативного впливу на здоров'я населення. Найбільш повно охоплені території, де вирощують сільськогосподарську продукцію, ґрунти на територіях житлових масивів, дитячих майданчиків та закладів освіти. Відбираються проби ґрунту в місцях зберігання токсичних відходів на територіях та поза територією підприємств у місцях їх складування або захоронення.

Мінагрополітики здійснює спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання за радіологічними, агрохімічними та токсикологічними показниками (залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів).

6.3. Особливості ґрунтового моніторингу в системі розумного землеробства

Точне (розумне) землеробство ²⁶(ТЗ) – це комплексна високотехнологічна система сільськогосподарського менеджменту, що включає в себе технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності (Yield Monitor Technologies), технологію змінного нормування (Variable Rate Technology), технологію дистанційного зондування землі (ДЗЗ – використання супутникових знімків) і рішення технології "інтернету речей" (рис. 6.1).

Система ТЗ включає унікальний метод використання аеро-супутникових знімків для розпізнавання мінливості життєдіяльності рослинності на основі моніторингу ріллі на всіх етапах зростання та аналізу розвитку рослинності.



Рис. 6.1. Використання дронів у технології змінного нормування

²⁶ Точне землеробство – інноваційний метод рільництва: <https://eos.com/uk/blog/tochne-zemlerobstvo>

Точне землеробство передбачає використання новітніх технологій для зменшення витрат на вирощування і покращення якості врожаю. Технології точного землеробства передбачають використання даних дистанційного зондування у вигляді знімків або відеозображень з дронів чи супутників. Спеціальні алгоритми обробки зображень дозволяють ефективно спостерігати за станом ґрунтів і якістю врожайів. Точне землеробство привертає все більше уваги з боку фермерів, оскільки ці технології забезпечують скорочення витрат на вирощування сільськогосподарської продукції та зменшення деградаційних впливів на довкілля.

Концепції точного землеробства враховують існування неоднорідностей в межах кожної агроєкосистеми. Для оцінювання і детектування таких неоднорідностей використовуються такі новітні технології, як системи глобального позиціонування (GPS, Galileo), спеціальні сенсори, аерофотознімки і знімки з супутників, а також спеціальні програми агроменеджмента на основі геоінформаційних систем (ГІС). Зібрані дані використовуються для планування норм висіву, розрахунку норм внесення добрив і використання засобів захисту рослин (ЗЗР), більш точного планування врожайності і фінансових витрат. Концепція ТЗ вимагає обов'язково враховувати локальні особливості ґрунту і кліматичні умови, що окремих випадках спрощує встановлення локальних причини хвороб або ущільнень.

У США точне землеробство дозволяє максимізувати прибуток, вносячи добрива тільки на тих ділянках поля, де добрива дійсно необхідні. Фермери застосовують технології змінного або диференційованого внесення добрив лише на тих ділянках поля, які ідентифіковані за допомогою GPS-приймачів і де потреба в певній нормі добрив виявлена за допомогою карт агрохімобстеження і врожайності (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Планшет з картою агрохімобстеження

Завдяки таким технологіям на деяких ділянках поля норма внесення або внесення засобів захисту рослин стає менше середньої, відбувається перерозподіл добрив на користь ділянок, де норма повинна бути вище і, тим самим, оптимізується кількість внесення добрив.

Точне землеробство застосовується для поліпшення стану полів і управління агрокосистемам за кількома напрямками:

- агрономічний: визначення реальних потреб сільськогосподарських рослин у добривах чи засобах захисту, що дозволяє виключити зайві витрати;
- технічний: вдосконалення функціонування господарства шляхом автоматизації певних операцій;
- екологічний: зменшення антропогенного впливу агровиробництва на природні екосистеми;
- економічний: підвищення рівня продуктивності та зменшення енергозатрат агропідприємства.

До базових технологій, що використовуються у точному землеробстві, відносять:

1. Технологія змінних нормативи (англ. Variable rate technology) – технологія чи метод, що дозволяє контролювати кількість вкладених ресурсів, що застосовуються в межах визначених сфер господарства. Ця технологія використовує спеціалізоване програмне забезпечення, контролери та систему диференціального глобального позиціонування (DGPS), що дозволяє враховувати різні параметри на різних територіях. Існують три підходи до використання технологій змінних норм – ручний, з використанням карт поля або даних сенсорів.

2. Відбір проб ґрунту з використанням даних GPS – ця технологія точного землеробства заснована на відборі ґрунтових проб для перевірки складу поживних речовин, рівня рН й інших даних для прийняття оптимальних рішень у виконанні сільськогосподарських операцій. Отримані дані застосовуються для розрахунку змінних норм внесення добрив посівного матеріалу для оптимізації витрат.

3. Комп'ютерні програми ТЗ – це використання програм для створення точних планів фермерських господарств, карт-схем полів, аналізу врожаїв, карт врожайності і визначення точної кількості ресурсів, необхідних для виконання сільськогосподарських операцій (рис. 6.3.).

Серед переваг цього методу точного землеробства – можливість створювати екологічно безпечні плани виконання сільськогосподарських операцій, що допомагає знижувати вартість і підвищувати врожайність..

Технологія дистанційного зондування – це метод точного землеробства встановлює наявність у рослин стресу шляхом визначення в ґрунті певних параметрів, з використанням дронів і супутників.



Рис. 6.3. Створення точних планів фермерських господарств і карт полів

Точне землеробство дозволяє здійснювати віддалений контроль і управління польовими роботами з використанням датчиків, розташованих на територіях самих полів, а також з використанням інформації з дронів і супутників для спостереження з неба. Усі ці технології досягають конкретних цілей.

Супутникові зображення є найбільш прибутковим результатом дистанційного зондування. Онлайн-програмне забезпечення (зокрема, EOS Crop Monitoring) дозволяє збирати, обробляти і аналізувати дані онлайн в реальному масштабі часу.

Сучасна ІТ-продукція, що розроблена для точного землеробства дозволяє зберігати повну інформацію в одному місці, отримувати ретроспективні дані та проводити їх порівняльний аналіз, складати звіти й ділитися будь-якої необхідної інформацією з усіма учасниками процесу управління сільськогосподарськими операціями (фермерами, агрономами, аграріями, страховими компаніями, тощо).

До головних аналітичних інструментів для точного землеробства відносять такі **вегетаційні індекси**:

- **NDVI** – Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (англ. Normalized Difference Vegetation Index) використовують для оцінювання стану здоров'я рослин за допомогою відбитого спектру ближнього інфрачервоного світла.
- **ReCI** – Хлорофільний Red Edge індекс – дозволяє виявляти хлорофіл і, таким чином, здатність рослин до фотосинтезу.

- **NDRE** – Нормалізований диференційний RedEdge індекс створений для визначення вмісту хлорофілу та застосовується у моніторингу стану посівів в середині і наприкінці сезону вегетації.
- **MSAVI** – Модифікований корегований ґрунтовий індекс оцінює стадії розвитку рослин для контролю за станом посівів та прогнозу врожаю.
- **NDMI** – Нормалізований диференційний індекс вологи – визначає забезпеченість рослин водою та водний стрес.

Етапи росту. Інформація про вегетаційний цикл росту рослин дозволяє агрономам, що використовують технологію точного землеробства, вибрати найбільш сприятливий час для таких польових робіт як внесення добрив, інсектицидів, фунгіцидів та розподіл іригаційних або дренажних систем.

Зонування полів за рівнем продуктивності. Оскільки поля в межах кожного господарства, як правило, відрізняються за типом, гранулометричним складом, фізико-хімічними показниками, вмістом поживних речовин, тощо, то широко застосовуються техніки зонування поля (рис. 6.4). Технологія точного господарства пропагує застосування диференційованого підходу до способу обробітку ґрунту, застосування добрив та засобів захисту рослин. Одержання інформації у режимі реального часу можлива через застосування супутників та її аналіз у динаміці. Застосування цих технологій дозволяє усунути всі невідповідності та забезпечити раціональне та стале землекористування.



Рис.6.4 Процес зонування поля

Інтернет Речей (англ. Internet of Things). Інтернет речей і робототехніка створюють додаткові можливості для автоматизації промислового виробництва та сільського господарства. Розроблені декілька програм, які можуть автоматично розрахувати кількість посадкового матеріалу або кількості добрив на сільськогосподарські поля швидко та надзвичайно точно. Використовуючи

технології точного землеробства можна одержувати інформацію про стан посівів та прогноз погоди на мобільний пристрій (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Використання гаджетів для оцінки дозрівання с.-г. культур (<https://www.smartfarming.ua/>)

Геоінформаційна система (ГІС). При використанні с.-г. техніки дозволяє визначати точне місцезнаходження техніки та його додаткового обладнання шляхом використання спеціальних датчиків. У точному землеробстві геоінформаційні системи покращують якість виконання сільськогосподарських операції і загальну продуктивність. Сівалки і дощувальні машини, які керуються автоматично виконують завдання чітко без непотрібних чи повторних операцій (рис. 6.6.). Ця інноваційна технологія точного землеробства знижує витрати на енергоресурси, зменшує рівень застосування агрохімікатів, контролює удобрення та полив сільськогосподарських культур.

EOS Crop Monitoring – система, яка дозволяє закласти основу точного землеробства на підприємстві. Точне землеробство дозволяє отримувати і обробляти інформацію для ведення рослинництва в реальному часі за допомогою комп'ютерних програм та мобільних додатків. Найважливішим при цьому є одержання оперативної інформації про стан посівів з метою застосування ефективних та своєчасних рішень для одержання максимальної урожайності.

EOS Crop Monitoring допомагає зберігати та обробляти величезні масиви інформації, зокрема, аналіз погодних умов, стадій розвитку рослин, оптимальної кількості і часу внесення добрив, зонування полів за допомогою ГІС, тощо. Програмне забезпечення налаштовується та автоматично повідомляє стан сільськогосподарських рослин, стан погодних умов та ін.



Рис. 6.6 Використання ГІС-технологій при виконанні с.-г. Операцій

Релевантна інформація і компетентні рекомендації щодо технологічних операцій, дають можливість максимально ефективно використовувати особливості волів господарства, зменшити кількість насіння і добрив та мінімізувати негативний вплив на природні екосистеми.

Нова технологія розумного зондування, яка проілюстрована в журналі Nature Food може допомогти фермерам визначити найкращий час для використання добрив для своїх посівів і як потрібно багато, враховуючи такі фактори, як стан ґрунту та погода²⁷. Це зменшить дорогий та екологічно руйнівний вплив надмірного удобрення ґрунту, який виділяє парниковий газ закису азоту і може забруднювати водні шляхи та ґрунт.

В усьому світі через надмірне внесення добрив майже 12% колись орних земель не втрачені, а використання азотних добрив за останні 50 років зросло на 600%. Однак с.-г. виробникам важко налаштувати оптимальне використання добрив: занадто великий вплив на навколишнє середовище і значні кошти витрачаються даремно (при зменшенні кількості добрив врожайність може бути під загрозою).

Запропонована технологія зондування може дати переваги як для навколишнього середовища, так і для фермерів. Датчик, який називається *хімічно функціоналізованим електричним газовим датчиком на паперовій основі* (chemPEGS), розраховує рівень амонію в ґрунті (амоній - це сполука, яка перетворюється на нітрити та нітрати ґрунтовими бактеріями). Використання штучного інтелекту (машинне навчання), забезпечує поєднання результатів вимірювань електропровідності ґрунту з даними про погоду, рН та часу з моменту внесення добрив (рис. 6.7).

²⁷ Розумні датчики ґрунту для більш ефективного використання добрив: doi.org/10.1038/s43016-021-00416-4

Ця технологія може миттєво знизити витрати фермерів та знизити екологічну шкоду від азотних добрив, оскільки надлишок азотних добрив призводить до викиду в повітря *закису азоту*, (парниковий газ у 300 разів шкідливіший за CO₂), який **сприяє зміні клімату**.

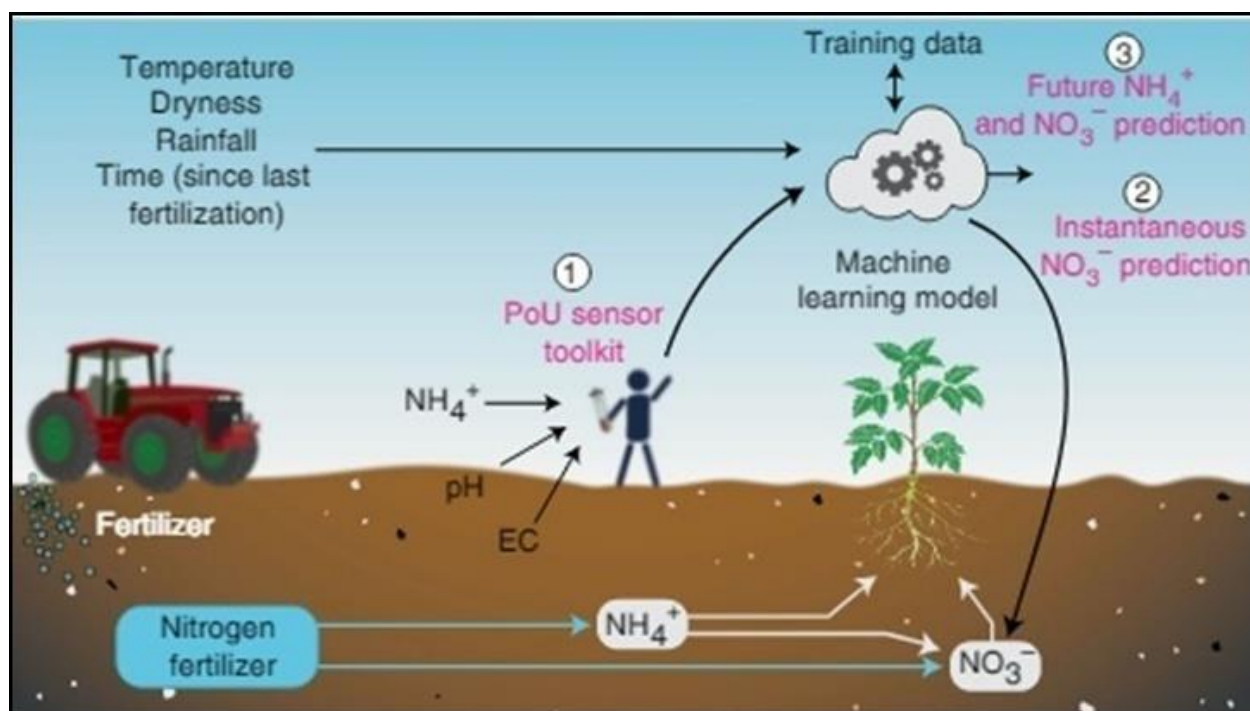


Рис. 6.7. Використання технології розумного зондування

Об'єднання електричних вимірювань PoU (включаючи новий датчик NH_4^+ у ґрунті) з моделлю ML, щоб кількісно визначити складні для вимірювання поживні речовини ґрунту (наприклад, NO_3^-) дає можливість спрогнозувати їх кількість у майбутньому.

Це надає інформацію про динаміку ґрунтового азоту миттєво і у майбутнє, щоб керувати внесенням добрив (зменшення надлишкового добрива, розуміння впливу погоди та забезпечення достатньої кількості доступного для рослин азоту для максимізації врожайності) без лабораторних вимірювань. У масштабі ця модель може використовувати мінімум доступних вхідних даних для кількісної оцінки та прогнозування важливих результатів (наприклад, макроелементів ґрунту) у дуже складних системах (наприклад, ґрунт).

Вчені очікують, що датчик *chemPEGS* і пов'язана з ним технологія AI, які в даний час є в експериментальному вигляді, будуть доступні для комерціалізації через три-п'ять років..

Розділ 7. Біотичний моніторинг

7.1. Поняття біотичного моніторингу та його особливостей

Біотичний моніторинг – це спостереження (аналіз, прогноз і т.д.) стану біологічної складової (біоти) екосистем.

Біотичний моніторинг передбачає:

- спостереження і реєстрацію реакції біоти на забруднення довкілля, вплив інших екологічних факторів, тощо;
- аналіз впливу живих організмів один на одного та на навколишнє природне середовище та його параметри.

Якщо розглядати історію формування біотичного моніторингу, то спостереження за реакцією живих організмів на різноманітні зміни у довкілля велися ще із стародавніх часів шляхом споглядання на них. Проте у 1870 році для оцінювання якості води почали використовувати діатомові водорості, що поклало початку біоіндикації як наукового напрямку оцінки якості довкілля.

Пізніше почали проявлятися ефекти забруднення навколишнього природного середовища, зокрема, у 1960 році вчені знайшли причину різкого зменшення популяції орлів – саморуйнування шкаралупи яєць через накопичення пестицидів в організмах цих птахів. Численні наукові дослідження виявляли негативну роль забруднюючих речовин на організм людини, тварин, що виявило глобальні наслідки нераціонального використання природних ресурсів, інтенсифікації промислового виробництва, тощо.

Це призвело до необхідності реалізації політичної волі держав для припинення антропогенного тиску на навколишнє природне середовище та консолідації зусиль світу у збереженні екологічного різноманіття, яке почало суттєво скорочуватись. Зокрема, шляхом прийняття Конвенції про біологічне різноманіття (відбулося на Саміті Землі у Ріо-де Жанейро у 1992 році) підписана 192 країнами (в тому числі Україною) та Європейським союзом.

Цілями Конвенції про біорізноманіття, визнано:

- 1) збереження біологічного різноманіття,
- 2) стале використання біорізноманіття та його компонентів (спільне одержання на справедливій і рівній основі вигод, пов'язаних з використанням генетичних ресурсів, у тому числі шляхом надання необхідного доступу до генетичних ресурсів шляхом належної передачі відповідних технологій з урахуванням усіх прав на такі ресурси і технології, а також шляхом належного фінансування).

Відповідно до Статуту Організації Об'єднаних Націй і принципів міжнародного права – кожна держава має право використовувати свої власні ресурси у відповідності до національної політики щодо охорони НПС і несе відповідальність за забезпечення своєї діяльності в рамках встановлених міжнародним законодавством.

Стан біосфери залежить від стану біоти, тобто всіх живих організмів, що її населяють. В залежності від особливостей реакції живих організмів на вплив

різноманітних факторів та можливості оперативного отримання інформації про стан довкілля, зокрема, за допомогою певних видів рослин, тобто використанням методів біоіндикації та біотестування.

Відомо, що вищі і нижчі рослини застосуються як біоіндикатори стану навколишнього природного середовища у таких випадках:

а) у разі можливості накопичувати забруднюючі речовини у високих концентраціях, що перевищують концентрації речовин у геологічному середовищі;

б) якщо вони володіють високою чутливістю до впливу визначених забруднюючих речовин, що різко відрізняється від показників, які фіксуються для інших рослин.

В результаті забруднення середовища хімічними речовинами може виникати у рослин токсичні ефекти, а саме, гостре та хронічне ушкодження. *Гостре* ушкодження рослин виникає при впливу високих концентрацій забруднюючої речовини протягом короткого періоду часу. Як наслідок, у рослин виникає відбувається відмирання тканин (некроз), зміна кольору, зазвичай, від металево-сірого до коричневого, що негативно впливає на процес фотосинтезу уповільнюючи його а з часом повністю блокуючи.

Хронічне ушкодження рослин фіксується при дії низьких концентрацій забруднюючих речовин протягом тривалого періоду часу. Результатом такого впливу є зміна кольору листків (бронзовий колір та його відтінки), хлороз та передчасне старіння.

Рослина-індикатор – це рослина, яка зазнає видимих ушкоджень при впливі на неї низьких концентрацій забруднюючої речовини або її суміші. З метою вибору рослин-індикаторів проводять дослідження ознаки ушкоджень у природних умовах після її на них відомими концентраціями забруднюючих речовин та фіксують реакції-відповіді на них рослини. Після цього проводять лабораторні дослідження, які підтверджують особливості реакції рослин на визначені концентрації тих самих забруднюючих речовин.

Для проведення біотичного моніторингу важливе проведення і якісної і кількісної оцінки реакції живих організмів на конкретні впливи. Це означає, що основним завданням біотичного моніторингу є перетворення рослини-індикатора в рослину-монітор. Рослина-монітор показує не лише на явність у середовищі конкретної забруднюючої речовини, а й її концентрацію.

Забруднюючі речовини можуть діяти на рослину через повітря, ґрунт або воду. До речовин, які мають фотосинтетичну дію відносяться: озон, пероксіацетилнітрат (ПАН) і оксиди азоту (NO_2 , NO , N_2O і т. ін.). Наприклад, озон потрапляє в рослини в результаті процесів дихання через продихи, а оскільки він чинить токсичну дію, то пошкодження добре помітні на листках вигляді плям.

Ушкодження рослин-індикаторів різними забруднюючими речовинами (ЗР) систематизовані в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Ушкодження рослин від різних шкідливих речовин

ЗР	Ушкодження	Рослина-індикатор
O_3	Плями металевого кольору; рудувато-білі плями; жовто-червоні кінчики голок; хлороз	Шпинат, картопля, тютюн, виноград, огірок, цибуля, хвойні, ясен, квасоля, іпомея
ПАН	Водянисті, потім глясові, сріблясті, бронзові плями; хлоротичні смуги на листах	Салат, квасоля, петунія, злакові, узколистні трави
NO_x	Уповільнення росту і нагромадження сухої речовини Знебарвлення країв листів	Молоді томати, барвінок
SO_2	Біфасціальне знебарвлення міжжилками, ефект «ялинки»	Ожина, малина, виноград, овес, береза вишнева, конюшина, ясен, ревінь, капуста, шпинат, тютюн, яблуна, персик
SO_4^{2-}	Червоно-бурий колір, хлороз	Сосна, ялина
$NO_2 + SO_2$	Зниження врожайності злаків і пасовищних трав	Овес, соєві боби, тютюн
$O_3 + SO_2$	Хлороз	Люцерна, капуста, квасоля, соя, шпинат, тютюн, томати
Фториди	Хлороз уздовж жилок або листів; гострий некроз по краях листів і деформація; обпалені верхівки	Гладіолус, тюльпан, ірис, лілія, хвойні
NH_3	Тьмяно-зелені, бурі, чорні листи, глянець на нижній стороні листа	Яблуна
В	Крайовий і міжжилавий некроз, плямистість листів, чашоподібна форма і деформація листів	Горіх сірий, жимолость, клен, шовковиця, дикий виноград
Cl_2	Знебарвлення листів по краях від чорного до білого, міжжилавий некроз (SO_2), цяточки (O_3)	Гірчиця, соняшник Хвойні
Етилен, пропилен	Сповільнює зростання; погіршення цвітіння, плодоносіння, «скручує» листи	Орхідеї, томати, хризантеми (у теплицях)
HCl	Міжжилавий і крайовий хлороз, некроз	Слива

ПАН потрапляє у листки і викликає водянисті плями, що потім змінюють свій колір та інгібує процеси фотосинтезу.

Оксиди азоту (NO_x). У разі впливу на рослину оксидів азоту для токсичного ефекту необхідний вплив високих концентрацій, які досить рідко зустрічаються у нормальних умовах в атмосфері. В свою чергу низькі концентрації NO_x володіють стимулюючими властивостями на ріст рослин,

також збільшує кількість хлоропластів (змінюється колір рослини на більш темний).

Діоксид сірки (SO_2) після надходження у рослину перетворюється на високотоксичний сульфат SO_3 , а потім у менш токсичний сульфат SO_4 . Як результат цього впливу у рослин листки знебарвлюються між жилками (ефект «ялинки»).

Інші забруднюючі речовини, зокрема, *фториди, аміак, бор, хлор* та ін. викликають хлороз, зміну кольору листків, некроз та деформацію листової пластини рослин. Звичайно, наслідком для рослин є також погіршення процесів росту і розвитку, зниження інтенсивності фотосинтезу, тощо.

Пил як токсичний так і нетоксичний може осідати на рослини, тим самим впливати на процеси транспірації та фотосинтезу, ускладнює перебіг процесів запилення квітів, може змінювати *pH* ґрунту, тощо.

Важкі метали можуть потрапляти у повітря у вигляді твердих часток, адсорбованих на поверхні інших часточок та солей, проте вони осідають на рослини або ґрунт. У разі потрапляння важких металів на поверхню ґрунту вони можуть накопичуватися у ґрунті або мігрувати по ґрунтовому профілю, що залежить від типу ґрунту та його фізико-хімічних властивостей, тощо.

Свинець часто зустрічається в у навколишньому середовищі, оскільки надходить як природним (вивітрювання гірських порід) та при антропогенним (викиди промисловості та транспорту). Органічні часточки ґрунту адсорбують свинець, що сприяє його накопиченню у ґрунті та подальшій міграції у рослини, зокрема, у клітинній оболонці.

Ртуть – найнебезпечніший канцероген, негативно впливає на більшість рослин, на листках з'являються бурі плями, листи жовтіють, а потім опадають. Природне джерело – вивітрювання гірських порід. Нормально розвинуті ґрунти мають високу сорбційну здатність, і вимивання ртуті з них незначне.

Миш'як надходить у довкілля від медичної і металургійної промисловості, виробництва добрив, згоряння вугілля. Міграція миш'яку в ґрунті інтенсифікується за рахунок високих концентрацій.

Кадмій – потрапляє у довкілля під час згоряння дизельного палива, плавленні руд і внесенні мінеральних добрив. Максимальна адсорбція кадмію відбувається в ґрунті з високою ємністю поглинання, яке характеризується підвищеним вмістом органічних речовин та високим *pH*.

Цинк – міститься у відходах металургійного виробництва, є найбільш рухомим важким металом. Володіє високою міграційною здатністю у ґрунтах в умовах підвищеної вологості. Цинк, кадмій викликають хлороз листків рослин із поступовою зміною кольору.

Для біоіндикації важких металів застосовуються мохи і лишайники, що мають здатність до їх накопичення з атмосфери. Деякі види лишайників є рослинами-моніторами для оксидів сірки. У ряді Європейських країн (Швеції, Фінляндії, Норвегії) створюються карти, що представляють накопичення ряду хімічних елементів з атмосфери, зокрема кадмію, купруму (сірки), феруму (заліза), ртуті, нікелю, свинцю і цинку, що отримується внаслідок досліджень мохів. Мохи по-різному реагують на вміст важких металів у ґрунті, так

сфагновий мох добре накопичує кадмій, свинець і цинк, бородатий мох акумулює свинець, інші види – накопичують ртуть.

Для проведення біоіндикації можна вибрати трав'янисті чи деревинні види рослин і висадити їх на потрібних для дослідження ділянках. Ці рослини не потребують спеціального догляду, тому будуть рости і довго визначати стан НПС.

Зазвичай, використовують три способи отримання кількісних значень, що свідчать про стан повітря за реакцією рослин:

1) ступінь викликаного забруднюючою речовиною ушкодження порівнюється із відомою концентрацією забруднюючої речовини у довкіллі;

2) рослини накопичують забруднюючі речовини, тому їх використовують як колектор (відбирають проби);

3) визначення кількості забруднюючої речовини або її похідних у рослинах та порівняти ці значення із концентрацією цієї забруднюючої речовини у повітрі або ґрунті.

У разі лабораторних або польових досліджень важливим є використання одного типу ґрунту та одного ж насіння. Обирати потрібно рослини, які є невибагливими до умов вирощування та є стійкими до хвороб і шкідників. Під час дослідження забруднюючих речовин будуються криві «доза-реакція» для рослин, які є найбільш чутливими до конкретної хімічної речовини, певний сорт моху реагує на важкі метали, а тютюн – на озон.

Реакцію рослин на вплив забруднюючих речовин визначається за показниками росту і продуктивності, такі як швидкість росту рослин, розмір та кількість листів, періоди та тривалість вегетаційних періодів (формування бруньок, кількість бруньок і квіток, кількість насінин на плід, розміри паростків і коренів, загальна біомаса, тощо). Наприклад, для хвойних рослин вимірюють довжину хвої, колір, форму, вік хвої, кількість ушкоджених хвоїнок. Для дерев визначають кількість, довжину, діаметр гілок, діаметр стовбура, біопродуктивністю, кількість плодів, тощо.

Рослини здатні акумулювати важкі метали та інші забруднюючі речовини, тому лабораторні аналізи із визначення їх вмісту дозволить встановити рівень забруднення НПС. І своєю чергу, необхідно зібрати рослини, висушити, провести хімічний аналіз, який покаже кількість поглиненого важкого металу. Це можуть бути різні види мохів та лишайників, зокрема, збір матеріалу для дослідження важливий для визначення співвідношення між вмістом забруднюючої речовини у тканинах рослин та її концентрацією у навколишньому природному середовищі.

7.2. Біоіндикація за допомогою тварин

Найчастіше метод біоіндикації за допомогою тварин застосовуються для оцінки стану та встановлення рівнів забруднення водного середовища. Показниками, які свідчать про низьку якість води є загальна біомаса, чисельність та стан популяції тварин, яка відрізняється чутливістю до певного

забруднення. Кількісні характеристики популяцій, а також наявність чи зникнення з водою свідчить про забруднення води певними токсичними для них речовинами.

Біотичний моніторинг передбачає застосування методів пасивної та активної біоіндикації, що дозволяє одержати комплексну характеристику стану НПС.

Метод пасивної біоіндикації полягає у використанні індикаторних організмів, які є найчутливішими для даного забруднення, та самі організми можна візуально спостерігати та обстежувати (риби для водних середовищ і великі безхребетні (жужелиці, дощові черв'яки) – для ґрунтів). Індикаторні організми потрібно вивчати комплексно на всіх стадіях прояву токсичного впливу забруднювача, що зумовлений фізико-хімічними властивостями токсиканту та його концентрації.

Наприклад, забруднюючі речовини локальної токсичної дії пошкоджують покрив зябр риб та викликають кровотечі, а зовнішні покриви вкриваються слизом, що призводить до порушення газообміну та гибель риби від задухи.

Методи активної біоіндикації призначені для визначення вмісту та впливу токсикантів із використанням тест-об'єктів (гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда[1] (*Bombyx mori* L.), ракоподібних (*Daphnia magna* L.))[2]. Оскільки саме тест-об'єкти володіють високою чутливістю до дії токсичних речовин, що дозволяє встановити який саме токсикант чинить найбільшу згубну дію на довкілля.

Наприклад, дослід із застосуванням гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда передбачає такі операції: відібрані проби води або ґрунтового розчину переливають у літрові колби (по 3 колби на варіант, контроль – питна вода), у які поміщають по 3 пагони шовковиці з листям на дві доби. Гусениці-мураші шовковичного шовкопряда протягом трьох наступних днів харчуються пагонами шовковиці, при цьому щоденно підраховують загиблих гусениць. В разі забруднення води залишками пестицидів – гусінь гине в першу добу лабораторного дослідження, а у разі забруднення іншими токсичними речовинами – через 48 годин.

7.3. Моніторинг лісових екосистем

Україна не належить до найбільш залісених країн Європи – вкриті лісом території займають біля 15% загальної площі. Ліси відіграють суттєву роль в економіці держави як джерело деревини та недеревних продуктів (грибів, ягід, живиці, сіна, мисливської фауни тощо), рекреаційних послуг. Крім того вони мають важливе природоохоронне (водорегулююче, стокоочищуюче, ґрунтозахисне) і кліматотворче значення.

[1] Пат. 31429 UA. Спосіб біологічної оцінки забруднення води солями важких металів. Декларативний патент на корисну модель. – Злотін А. З., Беспалова С. В., Єгорова О. А. та ін. - Бюл. № 7. – 2008.

[2] ДСТУ 4173-2003 (**Якість води**. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996))

Ліс є складною системою, де взаємодіють найрізноманітніші рослинні і тваринні угруповання. Проте найістотнішою його ознакою є деревостан, від характеристик і стану якого в значній мірі залежить функціонування всіх інших складових частин лісової екосистеми.

Як своєрідні території, які різко відрізняються від непокритих деревною рослинністю земель, ліси вимагають своєрідного підходу до моніторингових робіт в них.

Перш за все ліси є відновним природним ресурсом, тому слід відслідковувати, аналізувати і прогнозувати напрямки змін в запасі деревини, її прирості, чисельності лісових звірів чи інших об'єктів заготівлі, в лісових рекреаційних ресурсах і в природоохоронних функціях лісу. Важливе значення також має стан та якість продуктів лісу, зокрема забрудненість радіонуклідами, пестицидами, пошкодження деревини хворобами і шкідниками.

З іншого боку біота лісової екосистеми є чутливим індикатором наявності забруднень і за її реакцією можна судити про стан навколишнього середовища регіону. Так вічнозелені хвойні ліси, накопичуючи за кілька років полютати в асиміляційному апараті, змінюють густоту та колір крони. В забруднених районах відсутні багато видів лишайників. Лісова фауна, розташована на вершині піраміди трофності, накопичує в собі важкі метали, пестициди, радіонукліди. Тому в лісовому моніторингу поєднуються завдання і методи біологічного моніторингу, одночасно є широкі можливості для біоіндикаційних досліджень.

Екологічний моніторинг лісів в Україні здійснюється в рамках міжнародної програми моніторингу лісів *ICP Forests* (з 1986 року) та у відповідності до „Положення про державну систему моніторингу довкілля”, починаючи з 1993 року. Україна використовує також модифіковану програму моніторингу здоров'я лісу (**Forest Health Monitoring – FHM**), розроблену Службою охорони лісів США у 1990 році.

Узагальнюючим показником, за яким оцінюється стан лісів у програмі моніторингу *ICP Forests*, є дефоліація крони, яка інтегрально характеризує негативний вплив на ліси різноманітних чинників. Крона дерева є найважливішою його частиною, від її розвитку, розташування у наметі, інтенсивності та продуктивності залежить життєдіяльність дерева, його ріст, продуктивність, стійкість та довговічність. Окрім того, дефоліація офіційно визнана як загальноєвропейський показник сталого ведення лісового господарства.

За даними Державного агентства лісових ресурсів України загальна площа лісів України складає близько 10 млн. га., проте держава не володіє ресурсами, для забезпечення ефективної охорони та дослідження цих великих масивів. Саме тому необхідна розробка та організація ефективного дистанційного моніторингу, для виявлення незаконних рубок, контролю за використанням лісових ресурсів на місцях.

Згідно з нині діючим „Положенням про державну систему моніторингу довкілля”, який затверджено постановою Кабінету міністрів України 1998 року, Державному комітету України з лісового господарства доручено здійснювати

моніторинг ґрунтів земель лісового фонду (проведення визначення вмісту залишків пестицидів, важких металів та радіонуклідів); рослинності (ступінь пошкодження рослин, приріст біомаси, видове різноманіття, вміст забруднюючих речовин та радіонуклідів); тваринного світу лісу (якісні, кількісні та просторові характеристики стану популяцій тварин, вміст забруднюючих речовин та радіонуклідів).

Радіологічні спостереження ґрунтів, рослинності та мисливської фауни здійснюються в 30-кілометровій зоні навколо Чорнобильської АЕС, в лісах, що біли забруднені внаслідок аварії на цій станції, а також біля діючих атомних електростанцій. При цьому використовуються загальноприйняті методи визначення концентрації радіонуклідів в цих об'єктах. Працюють міжобласні радіологічні лабораторії, які оцінюють забруднення деревини, лікарської сировини та грибів, які є хорошими накопичувачами радіонуклідів (особливо польський гриб) і можуть застосовуватися як біоіндикатори.

Забруднення ґрунтів пестицидами може відбуватися при обробітку лісових масивів інсектицидами та фунгіцидами для боротьби з шкідниками та хворобами лісу. В останній час такі заходи проводяться все рідше через високу вартість авіаційного обробітку і ширше застосування біотехнічних засобів боротьби.

Оцінка біорізноманіття вимагає особливої кваліфікації спостерігачів і розроблення стандартних методик для різних лісорослинних зон і типів лісу.

При здійсненні моніторингу диких мисливських тварин в розрізі видів, їх чисельності та просторового розташування використовують прямі і опосередковані методи. Якщо обліковують самих звірів, облік називається прямим, якщо ж він проводиться за слідами життєдіяльності тварин (нора, лігво, лежанка, слід тварини), - непрямим.

Прямі обліки, в свою чергу, поділяють на повні (підраховуються всі особини даного виду на досліджуваній території) й вибіркові (підраховується тільки певна частина популяції, після чого проводяться відповідні розрахунки з метою встановлення загальної кількості тварин).

Для характеристики стану мисливської фауни визначаються показники чисельності, щільності або відносні показники населення тварин на час обліку. Показник чисельності тварин - це виявлена або розрахована кількість особин, які перебували на досліджуваній території під час обліку. Показник щільності населення - це виявлена чи розрахована кількість особин, що припадає на одиницю площі, як правило, - 100 га. Відносний показник щільності населення - це та кількість виявлених чи розрахованих голів тварин, що припадає на одиницю довжини маршруту, або часовий інтервал, або кількість слідів життєдіяльності тварин відносно одиниці площі.

Взимку, після пороші по неглибокому снігу звірів виявляють за їх слідами. Один з способів – маршрутний облік звірів. Показник обліку - число зустрінутих, перетнутих маршрутом слідів відповідного виду тварин на одиницю довжини маршруту, за яку беруть 10 км. Цьому облікові підлягають тільки сліди останньої доби. Найкращий засіб підрахунку добових слідів - це повторний обхід маршруту. У перший день проходять маршрут і затирають усі

сліди, які зустрілися, тобто відзначають, які сліди на завтра будуть старими. На другий день той самий маршрут проходять повторно і підраховують тільки свіжі сліди звірів.

Іншим способом є картування слідів. Він вважається найпростішим і при достатній кількості обліковців облік копитних можна провести протягом одного дня на всій території господарства. Картування проводиться на маршрутах, що прокладаються на межі поля й лісу, або вздовж кварталних просік, лісових доріг, які ділять масив на окремі площі. Найкраща для обліку глибина снігового вкриття до 5-10 см. Зручно вести облік під час відлиги, коли тварини активніші, а їхні сліди чітко відбиваються снігу.

Застосовують також метод подвійного картування слідів, при якому чисельність звірів визначають за кількістю вхідних і вихідних слідів, облік яких проводять два рази на заздалегідь вибраних площах. Тварин, у яких важко в польових умовах визначити вік і стать, відзначають у графі „Усього тварин”.

При методі шумового прогону вибирають одну чи кілька ділянок розміром від 30 до 1000 га (в залежності від конфігурації лісового масиву, людських ресурсів). Після затирання всіх слідів по периметру ділянки здійснюють шумове вигання дичини і за новими слідами визначають її кількість.

Всі методи зимового опосередкованого обліку за слідами мають свою специфіку виконання і вимагають кваліфікації обліковців.

Тварин також можна обліковувати на місцях зимових скупчень та місцях підгодівлі.

Досить точним є метод обліку на маршрутах за екскрементами (переважно копитних), добова кількість яких для виду є відносно постійною величиною. Обліковими маршрутами слід охопити 80 – 100% площі, придатної для і проживання звіра в господарстві із розрахунку 1 км на 100 га.

Перната дичина обліковується влітку чи восени на маршрутних смугах, водоплавна птиця - шляхом маршрутного обстеження території її можливого поширення.

Авіаційний метод застосовується у випадку, коли звір контрастує з середовищем і його можна зафіксувати з літака чи мотодельтаплана і найчастіше – в степовій, лісостеповій зонах.

Розділ 8. Моніторинг ґрунтів в органічному виробництві сільськогосподарської продукції

8.1. Основи органічного виробництва продукції рослинництва в Україні

Відповідного до закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції»²⁸ *органічне виробництво* – це вид сертифікованої діяльності, яка передбачає сільськогосподарське виробництво із дотриманням вимог законодавства у сфері органічного виробництва, на всіх стадіях технологічного процесу (вирощування продукції рослинництва, транспортування, пакування, переробка, тощо). У цьому законі також визначено права і обов'язки оператора (виробника) органічного виробництва та органу сертифікації.

У Державній цільовій програмі розвитку аграрного сектору економіки України на період до 2022 року²⁹ органічне виробництво визначається як пріоритетний напрям сільськогосподарського виробництва.

В Україні діє ряд нормативно-правових документів, що визначає та регламентує діяльності органічних виробництва, а також повноваження органів сертифікації (таблиця 8.1.).

Таблиця 8.1. Нормативні документи органічного виробництва в Україні

№ з/п	Назва нормативного документу	Сфера дії документу
1	2	3
1.	Проект Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2022 року	визначає пріоритетними напрямками розвитку органічного виробництва в Україні: 1) вдосконалення законодавства щодо розвитку органічного сектору сільськогосподарського виробництва, 2)сприяння створенню нових виробництв; 3)збільшення кількості підприємств з переробки органічної продукції.
2.	Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» (від 2018 року)	визначає процедуру проведення сертифікації, зокрема, права і обов'язки оператора (виробника) та органу сертифікації.
3.	Постанова Кабінету Міністрів України № 1032 від 21 жовтня 2020 р. «Про затвердження Порядку сертифікації органічного виробництва та/або обігу органічної продукції та внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 23 жовтня 2019 р. № 970»	визначає порядок сертифікації, встановлює ряд показників, які повинні враховуватись при проведенні сертифікації та подальших перевірок операторів органічного виробництва.

²⁸ Закон України "Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції" <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text>

²⁹ Закон України "[Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1437-2015-%D1%80#Text)" <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1437-2015-%D1%80#Text>

1	2	3
4.	Постанова Кабінету Міністрів України №87 від 12 лютого 2020 року «Про затвердження Порядку ведення Державного реєстру операторів, що здійснюють виробництво продукції відповідно до вимог законодавства у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції, Державного реєстру органів сертифікації у сфері органічного виробництва та обігу органічної продукції, Державного реєстру органічного насіння і садивного матеріалу»	передбачає ведення Реєстру виробників сільськогосподарської продукції, механізм ведення Державного реєстру операторів, що отримали відповідний статус виробника органічної продукції у відповідності до вимог існуючого законодавства
5.	Постанова Кабінету міністрів України №970 від 23.10.2019 р. «Про затвердження Порядку (детальних правил) органічного виробництва та обігу органічної продукції»	визначає вимоги до виробництва та реалізації органічної сільськогосподарської продукції: 1) органічне рослинництво (зокрема насінництво та розсадництво); 2) органічне тваринництво (зокрема птахівництво, бджільництво); 3) органічне грибівництво (зокрема вирощування органічних дріжджів); 4) органічна аквакультура; 5) виробництво органічних морських водоростей; 6) виробництво органічних харчових продуктів (зокрема органічне виноробство); 7) виробництво органічних кормів; 8) заготівля органічних об'єктів рослинного світу.
6.	Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України №143 від 19.03.2019 «Про затвердження Порядку підтвердження спеціальних знань інспектора з органічного виробництва та/або обігу органічної продукції у сфері органічного виробництв»	встановлює процедуру перевірки рівня знань інспекторів з органічного виробництва, що дозволяє контролювати якість роботи уповноважених органів сертифікації у галузі органічного виробництва, це проводиться складанням кваліфікаційного іспиту.
7.	Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України №67 від 22.02.2019 року «Про затвердження державного логотипа для органічної продукції»	описані вимоги до державного логотипу для органічної продукції
8.	Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України №2834 від 31.12.2020 року «Деякі питання звітності у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції»	описує процедуру проведення перевірок органічного виробництва, зокрема, форм звітності, строки подання органом сертифікації звіту про видані ним сертифікати до Держпродспоживслужби та Мінекономіки.

1	2	3
9.	Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України №2833 від 31.12.2020 року «Про затвердження Вимог до матеріально-технічної бази та інших об'єктів інфраструктури, необхідних для виконання функцій із сертифікації органічного виробництва та/або обігу органічної продукції»	встановлюються чіткі вимоги до матеріально-технічної бази та інших об'єктів інфраструктури, які потрібні органу сертифікації для проведення процедури сертифікації органічного виробництва
10.	Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України №1079 від 09.06.2020 року «Про затвердження Переліку речовин (інгредієнтів, компонентів), що дозволяється використовувати у процесі органічного виробництва та які дозволені до використання у гранично допустимих кількостях»	визначено речовини, які можуть використовуватись в органічному виробництві

Для ефективного ведення органічного виробництва основним фактором є визначення відповідності ґрунтів та ґрунтово-кліматичних умов, які можуть забезпечити отримання органічної сільськогосподарської продукції високої якості. Проте екологічний стан господарства та прилеглої до нього території є надзвичайно важливим, оскільки однією із задач органічного виробництва є покращення екологічної ситуації у регіонах.

Оцінювання виробників сільськогосподарської продукції рослинництва повинно здійснюватися на 3 рівнях:

I рівень – Оцінювання екологічного стану прилеглої до господарства території (аналіз наявних промислових підприємств, населених пунктів, доріг, визначення рівня антропогенного навантаження на ґрунти господарства, водні об'єкти, що знаходяться біля господарства).

II рівень – Оцінювання відповідності ґрунтів та рослинницької продукції вимогам органічного виробництва.

III рівень – Оцінювання технологій вирощування сільськогосподарської продукції рослинництва, зокрема, сівозміну, обробіток ґрунту, препарати для удобрення та захисту сільськогосподарських культур, методи утилізації відходів виробництва, тощо

При проведенні первинної сертифікації необхідно визначати рівень антропогенного навантаження на господарство та його ймовірний вплив на продукцію рослинництва, яка виробляється. При проведенні подальших перевірок господарств, що включені до Реєстру виробників сільськогосподарської продукції сертифікаційний орган повинен відбирати зразки продукції рослинництва. Якщо підтверджено факт забруднення продукції – призупиняти дію сертифікату органічного виробництва до

встановлення причин наявності забруднення, зокрема, потрібно повторно проаналізувати антропогенні фактори впливу на господарство.

8.2. Моніторинг ґрунтів при проведенні сертифікації виробників сільськогосподарської продукції рослинництва

Моніторинг ґрунтів сільськогосподарських підприємств, що бажають отримати статус органічного виробника продукції рослинництва необхідно здійснювати на декількох етапах сертифікації:

1. Початковому етапі проводиться самим підприємством для визначення придатності ґрунтів вимогам органічного виробництва та плануванню перехідного періоду.
2. Основному етапі – відбір проб проводиться сертифікаційним органом для контролю основних показників, зокрема, вміст забруднюючих речовин. Безпосередньо лабораторні дослідження проводяться сертифікованими лабораторіями за вибором сертифікаційного органу.
3. Контролюючий етап – характеризується контролем за діяльністю органічного виробництва після отримання статусу виробника органічної продукції, причому реалізується як сертифікаційним органом, так і самим господарством.

Згідно методики проф. Макаренко Н.А.³⁰ оцінювання відповідності ґрунтів вимогам органічного виробництва повинне проводитися за результатами аналізу трьох груп показників, а саме:

- агрофізичних: щільність; запаси продуктивної вологи тощо;
- агрохімічних: гідролітична кислотність; обмінна кислотність (рН сольове); сума ввібраних основ; вміст гумусу; доступні форми азоту; рухомі форми фосфору; обмінні форми калію; вміст рухомих форм мікроелементів (бор, марганець, кобальт, купрум, цинк) тощо;
- забруднення ґрунту: вміст рухомих форм важких металів (кадмій, свинець, хром, ртуть); залишків пестицидів (ДДТ і його метаболіти, гексахлоран); щільності радіоактивного забруднення (цезій-137, стронцій-90) тощо.

Розроблена методика визначила оптимальні параметри агрофізичних та агрохімічних показників для 15 типів ґрунтів, найпоширеніших в Україні: дернових опідзолених (автоморфних), дернових опідзолених глеюватих, дернових опідзолених глейових, дернових опідзолених неоглеєних, дернових – опідзолистих глеюватих, дерново – опідзолених глейових, ясно – сірих лісових, темно сірих лісових, чорноземів опідзолених, чорноземів типових, чорноземів звичайних, чорноземів південних, темно – каштанових, каштанових ґрунтів.

³⁰ Макаренко Н.А. Виробництво органічної сільськогосподарської продукції в Україні: наукові і практичні аспекти: монографія / Н.А. Макаренко, В.І. Бондарь, А.В. Сальнікова та ін. // К.: Компрінт, 2015, 269 с.

Сформовано відповідні табличні матеріали, які придатні до використання у практичній діяльності (Додаток 1, табл. 1 – 15).

Також дана методика передбачає оцінювання всього ґрунтового покритву господарства, яке потрібно здійснювати за наступним принципом:

$$П = \frac{S_n \times 100 \%}{S} \quad (3.1.)$$

де S_n – площа угідь з показником родючості відповідно до певної групи придатності, га; S – загальна обстежена площа угідь, га.

Для проведення оцінювання всього ґрунтового покритву сільськогосподарського виробництва прийнято наступне групування ґрунтів щодо їх придатності вимогам органічного виробництва сільськогосподарської продукції:

> 90% території господарства – відповідає вимогам органічного виробництва;

90 – 75% території господарства – необхідне розроблення заходів щодо досягнення оптимального стану;

< 75% території господарства – не рекомендується для ведення органічного виробництва.

Використання цього підходу до оцінювання ґрунтового покритву сільськогосподарського підприємства дозволить встановити частку ґрунтів, які відповідають і не відповідають вимогам органічного виробництва продукції та/або сировини. Це в свою чергу дозволить розробити заходи та визначити витрати на приведення у відповідність загальним та спеціальним вимогам визначених площ ґрунтового покритву господарства.

Щодо показників забруднення ґрунту, то у разі перевищення ГДК і МДР шкідливих речовин у ґрунті ведення органічного виробництва на даній території повинно бути забороненим.

До забруднювачів, які потребують контролю у ґрунтів відносяться залишки пестицидів, крім вищезазначених особливу увагу слід приділити забороненим до використання у Європі препаратам, а також з високим класом небезпечності.

Розділ 9. Моніторингові дослідження в контексті Національного реєстру викидів та перенесення забруднювачів

Закон України Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів³¹ (Реєстр) було прийнято ВРУ 20 жовтня 2022 року, набере чинності лише 08.10.2023 року.

Процедура проведення державного обліку викидів та перенесення забруднювачів і відходів у довкіллі, а також моніторинг забруднюючих речовин, розробка та вчасне представлення звітності та верифікації викидів парникових газів суб'єктом господарювання визначаються законами України "Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів" та "Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів"³²;

9.1. Функції суб'єктів правовідносин у сфері реєстрації викидів та перенесення забруднювачів і відходів

Організацію системи державного управління у сфері реєстрації викидів та перенесення забруднювачів і відходів здійснює Кабінет Міністрів України; уповноважений орган та контролюючий орган.

Кабінет Міністрів України у сфері реєстрації викидів та перенесення забруднювачів і відходів забезпечує:

- затвердження вимог до звіту і порядку складання та його оприлюднення;
- встановлення порядку ведення Реєстру.

Уповноважений орган зобов'язаний координувати:

- 1) формування державної політики у даній сфері;
- 2) розробку пропозицій і доопрацювання законодавчих актів у цій сфері, включно з вдосконаленням:
 - а) вимог до звіту і порядку складання та його оприлюднення;
 - б) процедури ведення всього Реєстру;
- 3) затвердження форм довідок про точкові та дифузні джерела, порядок складання та подання довідок до уповноваженого органу;
- 4) затвердження форм протоколів про порушення вимог законодавства у сфері дії Реєстру;
- 5) приймання заяв і звітів операторів;
- 6) оцінювання отриманих даних у звітах операторів та довідках про дифузні джерела, щодо їх повноти та достовірності;
- 7) реєстрація об'єктів, звітів операторів та внесення їх до Реєстру шляхом подання заяв;
- 8) проведення попереднього оцінювання, що внесені до звітів, довідок, тощо, перевірка достовірності наведеної інформації;

³¹ Закон України "Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2614-20#top>

³² Закон України "[Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text)" <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text>

9) реагування на звернення до операторів про уточнення даних, що містяться у звітах операторів, довідках про джерела;

10) підготовку і оприлюднення звіту з подання його у відповідні служби ЄС чи іншим країнам - учасникам Протоколу про Реєстри, а також іншим зацікавленим міжнародним організаціям;

11) ведення Реєстру і здійснення функцій згідно з вимогами цього Закону;

12) управління процесом формування цього Реєстру відповідно до Протоколу про реєстри викидів та перенесення забруднювачів;

13) інформування та роз'яснення процедур реалізації державної політики у сфері дії цього Реєстру;

14) організаційне і методичне керівництво та координація діяльності, пов'язаної з веденням Реєстру, затвердження методик у сфері дії цього Реєстру згідно зі статтею 23 цього Закону;

15) обмін інформацією та координація дій з державними контролюючими органами, а також зі спеціально уповноваженими центральними органами виконавчої влади у сфері статистики, податкової політики та соціального страхування;

16) участь у вивченні та поширенні міжнародного досвіду у цій сфері;

17) сприяння участі громадськості у формуванні державної політики у сфері дії цього Реєстру;

18) формування запитів до органів державної влади і місцевого самоврядування, а також юридичних осіб про надання інформації, необхідної для визначення розмірів викидів забруднювальних речовин, необхідних та для ведення цього Реєстру;

19) призначення технічного адміністратора Реєстру викидів та перенесення забруднювачів і відходів та укладення з ним відповідного договору;

20) встановлення обмежень до інформації з можливістю доступу на підставах, визначених у статті 14 цього Закону;

Суб'єкти правовідносин у сфері дії цього Реєстру:

1) *органи державного управління* у сфері реєстрації викидів та перенесення забруднювачів;

2) *оператори*, які надають уповноваженому органу інформацію про викиди та перенесення забруднювальних речовин і захоронення відходів щодо кожного об'єкта, експлуатацію якого він здійснює.

3) *залучені органи* – подають довідки уповноваженого органу про джерела викидів, яка необхідна уповноваженому органу для ведення Реєстру в частині таких викидів.

4) *громадськість* – органи державної влади повинні надавати громадськості можливість вільного доступу до інформації про заплановані заходи та зміни, а також можливість участі в обговореннях щодо таких заходів та змін.

Права та обов'язки оператора наступні:

1) подання заяв та відомостей, необхідних для державної реєстрації, скасування державної реєстрації своїх об'єктів та внесення записів і змін до цього Реєстру;

- 2) збирання інформації, яка необхідна для формування звітів;
- 3) забезпечення якості інформації про викиди та перенесення забруднювальних речовин і захоронення відходів (щодо їх повноти, узгодженості та достовірності);
- 4) складення та своєчасне подання до уповноваженого органу звітів;
- 5) надання відповідей на запит уповноваженого органу до звітів оператора щодо уточнення інформації та документації, що підтверджує її достовірність;
- 6) облік та зберігання документації, підтверджує достовірність наданої інформації з наведенням методик, які використані для збору даних;
- 7) ведення Реєстру на своєму веб-сайті оператора, а також надання інформації про викиди та перенесення забруднюючих речовин і захоронення відходів на запит будь-якої особи;
- 8) подання уповноваженому органу уточненого звіту, якщо контролюючим органом під час здійснення заходу державного нагляду виявленні неузгодженості чи недостовірність інформації у поданому звіті.

Залучені органи:

- 1) центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони прав і свобод людини та підтримання безпеки і порядку, а також надання поліцейських послуг – щодо пересувних джерел (автомобільних транспортних засобів);
- 2) центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сферах транспорту, а також у сфері використання повітряного простору – щодо пересувних джерел;
- 3) центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сферах промислової безпеки, охорони праці, гігієни праці, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, - щодо пересувних джерел (великотоннажних транспортних засобів та інших технологічних транспортних засобів);
- 4) центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну аграрну політику, державну політику у сферах сільського господарства та з питань продовольчої безпеки держави, - щодо дифузних джерел у сфері сільського господарства;
- 5) центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері благоустрою населених пунктів, житлово-комунального господарства, надання послуг з поводження ТПВ – щодо полігонів та сміттєзвалищ, зокрема, несанкціонованих, а також щодо кількості приватних та одноквартирних будинків, обладнаних газом;
- 6) центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну енергетичну політику – щодо обсягів енергетичних ресурсів, зокрема, органічних, реалізованого для інших споживачів.

Права громадськості у сфері Реєстру викидів та перенесення забруднювальних речовин і поводження з відходами:

1) вільний і необмежений у часі доступ (загальний доступ) до інформації, що містяться звітах операторів, довідках про джерела впливу, окрім інформації, що має статус "з обмеженим доступом";

2) використання інформації, яка міститься в Реєстрі та звітах і довідках операторів, які опубліковані на офіційних веб-сайтах, для різноманітних досліджень динаміки змін стану довкілля, а також дифузних джерел викидів та захоронення відходів, впливу таких факторів на здоров'я людей, а також для інших цілей;

3) формування запитів та одержання даних, що є в Реєстрі та звітах операторів, довідках про джерела викидів, в установленому законодавством порядку;

4) оскарження бездіяльності, а також дій та/чи рішень уповноваженого органу (інших суб'єктів у сфері дії цього Реєстру) у порядку, встановленому законодавством;

5) брати участь у формуванні державної політики у сфері дії Реєстру викидів та перенесення забруднювальних речовин і захоронення відходів у порядку, встановленому законодавством;

б) сприяти відкритості, прозорості, ефективному функціонуванню та постійному вдосконаленню Реєстру, а також розвитку взаємовідносин у сфері дії цього Реєстру.

9.2. Формування бази моніторингових даних для звіту оператора про викиди та перенесення забруднювачів і відходів

Оскільки реєстр повинен зберігати інформацію про викиди та перенесення забруднювачів і відходів протягом 10 останніх звітних років, ми можемо використовувати його дані для формування моніторингових баз даних.

Дані, які заносяться у Реєстр:

1) обсяги викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, скидів у поверхневі води та ґрунти в обсягах, які перевищують порогові значення, визначені базовим переліком забруднювальних речовин;

2) небезпечні відходи, винесенні за межі промислового майданчика, в обсягах понад 2 т на рік або інших відходів в обсягах понад 2000 т на рік для проведення операцій з відновлення або видалення відходів;

3) забруднювальні речовини у зворотних (стічних) водах, винесених за межі промислового майданчика, які призначені для очищення, в обсягах що перевищують порогові значення обсягів викидів, визначені базовим переліком забруднювальних речовин;

4) обсяги викидів забруднювальних речовин дифузними джерелами;

5) перелік об'єктів та дифузних джерел викидів.

Реєстр повинен відображати інформацію про викиди та перенесення забруднювальних речовин і захоронення відходів (в узагальненій та деталізованій формах), щоб викиди та перенесення забруднювальних речовин і захоронення відходів можна було ідентифікувати за допомогою одного або кількох параметрів:

- 1) місце розташування об'єкта (промислового майданчика, річковий басейн тощо), зокрема, його географічні координати,;
- 2) вид діяльності згідно із класифікацією і переліком видів діяльності;
- 3) вид забруднень згідно з переліком забруднювальних речовин та класифікацією відходів;
- 5) складова довкілля (атмосферне повітря, вода, ґрунти), в яку здійснюється викид і перенесення забруднень;
- 6) винесення за межі об'єкта відходів та їх подальше захоронення (у разі видалення відходів);
- 7) винесення за межі промислового майданчика забруднень у скидах зворотних або стічних вод для очищення в очисних спорудах;
- 8) дифузні джерела викидів;
- 9) ідентифікатор оператора відповідного об'єкта.

Також позитивом є те, що згідно інших Законів України³³ цей Реєстр є у безоплатному загальному доступі громадськості та інших користувачів на платформі Єдиного державного веб-порталу відкритих даних та на офіційних веб-сайтах операторів. Це забезпечує можливість перегляду, копіювання та збереження інформації, а також регулярне її висвітлення у вигляді електронних документів у форматі, який забезпечує автоматизовану обробку з можливістю їх повторного використання.

До головних принципів формування системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів з установок, які розташовані на території України, відносять:

- 1) законність, повнота, прозорість і точність результатів моніторингу та об'єктивність звітності;
- 2) порівнюваність та цілісність моніторингових даних;
- 3) достовірність та незалежність верифікації.

Уповноважений орган, який забезпечує моніторинг, звітність та верифікацію викидів парникових газів на території України повинен:

1) розробляти та надавати пропозиції щодо вдосконалення законодавчих актів у сфері моніторингу, звітності та верифікації, зокрема, шляхом узагальнення практик застосування законодавства щодо:

- а) розробки процедури і програми моніторингових досліджень та формування звітів про викиди парникових газів;
- б) верифікації звітів операторів;
- в) визначення переліку видів діяльності, з викидами парникових газів;

2) інформує та роз'яснює умови реалізації державної політики у сфері моніторингу викидів парникових газів, звітності та верифікації;

3) здійснює організаційне і методичне керівництво та координує роботи, пов'язані з моніторингом викидів, звітністю та верифікацією;

4) затверджує плани і програми моніторингу парникових газів;

³³ Закон України "Про публічні електронні реєстри" та Закон України "Про доступ до публічної інформації"

5) визначає обсяги допустимих викидів у випадках, які передбачені порядком здійснення моніторингу парникових газів та звітності щодо цих викидів, затверджених КМУ, та має право робити письмові запити до операторів про надання необхідної інформації щодо обсягів викидів парникових газів;

6) затверджувати плани щодо вдосконалення системи моніторингу парникових газів;

7) погоджувати і приймати звіти операторів;

8) вести Єдиний реєстр викидів парникових газів, а також здійснювати технічне, технологічне та програмне забезпечення для збереження та захисту інформації у Єдиному реєстрі;

10) обмінюватись інформацією та координувати взаємодії з національними органами України з акредитації та державного нагляду (контролю) у сфері охорони довкілля, збалансованого природокористування і охорони природних ресурсів.

9.3. Особливості проведення моніторингових досліджень під час сворення Реєстру викидів та перенесення забруднень

Оператор в контексті формування Реєстру повинен включати до звіту інформацію про викиди та перенесення забруднень і захоронення відходів, що здійснюються оператором на об'єкті за звітний період в результаті задекларованих видів діяльності, які визначені офіційним переліком видів економічної діяльності:

1) викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, скиди у водні об'єкти або ґрунтове середовище в обсягах, що перевищують встановлені порогові значення, визначені переліком базових забруднювальних речовин;

2) винесення небезпечних відходів за межі промислового майданчика в обсягах, що перевищують 2 т/рік, або інших відходів у таких же обсягах, для виконання процедур з утилізації або захоронення відходів, окрім операцій з обробки ґрунту (зокрема, біологічного розкладу рідких чи мулових відходів у ґрунтах) та вприскування відходів у свердловини або соляні куполи природних резервуарів;

3) винесення за межі промислового майданчика забруднень у зворотних або стічних водах, які направляються на очисні споруди, в обсягах, що перевищують встановлені порогові значення, визначені переліком базових забруднювальних речовин.

Інформація про попадання забруднень у ґрунтове середовище включається до звіту оператора, якщо такі викиди здійснюються під час обробки ґрунтів (зокрема, біологічний розклад рідких відходів у ґрунті тощо) та закачування на глибину (зокрема вприскування відходів у свердловини або соляні куполи природних резервуарів).

Інформація про відходи, щодо яких здійснюються такі операції як обробка ґрунтів (зокрема біологічний і хімічний розклад рідких/мулових відходів у ґрунті) та закачування на глибину (вприскування відходів у

свердловини або соляні куполи природних резервуарів), які включаються до звіту оператора окрім об'єктів, на яких утворюються такі відходи.

Оператор складає та подає до уповноваженого органу звіт за відповідний період щодо кожного об'єкта, який здійснював викиди та перенесення забруднювальних речовин або захоронення відходів.

Звіт оператора включає таку інформацію:

1) найменування оператора, юридичну адресу місця знаходження об'єкта, включно з географічними координатами промислового майданчика. Доступ і обробка персональних даних здійснюються відповідно до Закону України "Про захист персональних даних";

2) назву материнської компанії оператора (за наявності такої);

3) види діяльності, що провадяться на об'єкті;

4) найменування та код кожної забруднювальної речовини, відповідно до переліку базових забруднювальних речовин;

5) обсяг кожної забруднювальної речовини, щодо якої подається звіт відповідно до переліку базових забруднювальних речовин, що містяться у викидах, здійснених на об'єкті у підзвітному році;

6) обсяги відходів, що винесені за межі промислового майданчика для операцій з відновлення або видалення відходів. Окремо зазначаються обсяги небезпечних відходів та інших відходів з відповідними позначками ("R" – якщо відходи призначені для відновлення або "D" – якщо відходи призначені для видалення). Додатково зазначаються найменування та адреса особи, яка здійснює відновлення або видалення відходів, а також фактичне місце здійснення відновлення або видалення таких відходів при організації транскордонного переміщення небезпечних відходів.

7) обсяг кожної забруднювальної речовини, щодо якої необхідно подавати звіт оператора відповідно до переліку базових забруднювальних речовин, що містяться у зворотних або стічних водах, призначених для очищення і винесених за межі промислового майданчика;

9) назва методу, який використовувався для отримання інформації, що включаються до звіту оператора (у разі використання оператором вимірювань у звіті оператора зазначаються тільки дозволені методики).

Для забезпечення якості і достовірності інформації про викиди та перенесення забруднень і відходів дотримуються таких вимог:

1. Оператор кожного звітного року здійснює збір та аналіз необхідних даних, для визначення кількості викидів та оцінки ймовірності перенесення забруднюючих речовин, масштаби виробництва відходів, тощо.

2. Оператор зобов'язаний забезпечити відповідну якість даних моніторингу, що включається до звіту (методики проведення досліджень, достовірність та правильність проведених розрахунків).

3. Під час складення звіту оператор має використовувати інформацію, яка забезпечує повноту, точність, порівнюваність, узгодженість та достовірність даних, зокрема:

1) база даних моніторингу;

2) матеріали дослідження джерел викидів забруднюючих речовин;

- 3) інструментально-лабораторні вимірювання параметрів викидів в атмосферне повітря;
- 4) надання первинної документацію про облік відходів (картки, журнали, тощо);
- 5) документація щодо первинного обліку водокористування (відповідність вимогам технічних регламентів);
- 6) результати фактичних вимірювань параметрів якості води, атмосферного повітря, тощо;
- 7) дані державної системи моніторингу стану НПС;
- 8) матеріали технологічного параметрів виробництва та проектних значень;
- 9) інженерні оцінки параметрів довкілля, які допомагають у дотриманні вимог законодавства у сфері охорони НПС.

РОЗДІЛ 10. НАУКОВА ПІДТРИМКА УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

10.1. Математичні методи аналізу екологічної інформації

Здійснення спостережень за станом навколишнього середовища не є самоціллю – важливим є також її обробка та використання для прийняття управлінських рішень, спрямованих на покращення стану довкілля або підтримці його на заданому рівні, зокрема, відповідно до концепції сталого розвитку. За таких умов, значна роль відводиться різноманітному та всебічному аналізу і коректній обробці екологічної інформації. Для використання методів математичної обробки даних існують спеціальні математичні пакети, зокрема, безкоштовні: MS Excel, Matlab, Mathcad, Statistica, SPSS та інші.

Інформація про стан навколишнього середовища є класичним прикладом просторово-розподіленої або просторово-орієнтованої інформації. Екологічна інформація характеризує об'єкти, які, як правило, розподілені у просторі: річки, атмосферне повітря, ліси, ґрунти, моря тощо. Ця властивість екологічної інформації ускладнює проведення її аналізу та обробки.

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

Порівняння даних та визначення їх максимуму і мінімуму:

- порівняння показників стану довкілля з їх гранично допустимими значеннями або з отриманими раніше (місяць, рік або декілька років назад).
- визначення максимального значення;
- визначення мінімального значення.

Порівняння показників стану довкілля можна здійснювати як звичайними алгебраїчними операціями, так і з використанням систем управління базами даних (СУБД), а також використовуючи методи ПС/ДЗЗ-аналізу;

Статистична обробка даних:

- побудова варіаційного ряду,
- побудова гістограм і графіків,
- ідентифікація закону розподілу,
- визначення основних статистичних характеристик: математичного очікування (середнього арифметичного), середньоквадратичного відхилення, дисперсії, медіани, моди, ексцесу, коефіцієнту асиметрії тощо.

Апроксимація даних:

- апроксимація, це наближений опис однією функцією (апроксимувальною) заданого вигляду іншої функції (апроксимованої) або ідентифікація структури (формули, рівняння) та параметрів математичної залежності, яка описує заданий набір даних;

- звичайна інтерполяція, тобто знаходження значення функції між декількома заданими або відомими; інтерполяція – це окремий випадок апроксимації.

- екстраполяція, тобто проведення визначення прогнозних значень функції за межами відомого нам інтервалу з використанням спеціальних статистичних розрахунків.

Згладжування даних – побудова кривої, яка має найменшу кривизну і відтворює тренд функції, тобто, шляхом згладжування здійснюється зменшення "піків" та "провалів" заданого випадкового процесу.

Охарактеризуємо ці методи аналізу даних та наведемо приклади їх реалізації.

Порівняння даних – це досить прості, але найбільш поширені операції обробки даних спостережень.

Виконання таких операцій для заданого показника якості тієї чи іншої складової довкілля є рутинною роботою, оскільки до уваги береться багато факторів та критеріїв:

- аналіз проводиться для значень заданих показників для заданого об'єкту за певний період;

- під час порівняння з гранично допустимими значеннями концентрацій (ГДК) слід враховувати тип ГДК, наприклад, для води – “господарсько-питне”, “комунально-побутове”, “рибогосподарське”;

- для знайденого значення показника визначити час відбору проб, місце, яка установа проводила відбір;

- для значень, що вимірюються, часто треба ще й обчислювати похибку вимірювання.

При організації системи моніторингу навколишнього середовища на рівні району чи області такий обсяг різноманітних вибірок та обробки даних доцільно автоматизувати з використанням системи управління базами даних (СУБД).

Статистична обробка даних забезпечує формування варіаційного ряду, після чого будується гістограма, яка відображає емпіричний закон розподілу значень показника. По ній формуються гіпотези про закон розподілу, який має місце. За критеріями згоди (Пірсона, Колмогорова та ін.) визначається, яка з цих гіпотез є правильною. Для визначеного закону розподілу обчислюються параметри функції розподілу та основні статистичні характеристики – допускається визначити тільки середнє арифметичне значення (математичне очікування) та середньоквадратичне відхилення.

Особливості середніх величин, загальна формула середніх. Однією з найбільш важливих варіюючих ознак є *середня величина* їх значень, яка характеризує не окремих представників сукупності, а всю сукупність в цілому, тобто групові властивості.

Середня величина відображає внутрішній зв'язок, який існує між окремими варіантами і всією їх сукупністю, вона є центром розподілу варіант (*їх окремих значень*).

В залежності від характеру екологічних об'єктів дослідження або їх окремих ознак для характеристики варіаційних рядів застосовують різні види

середніх – середню арифметичну, середню квадратичну, середню кубічну, середню геометричну.

Загальна формула для визначення середніх має такий вигляд:

$$\bar{x} = \sqrt[k]{\frac{\sum x^k}{n}} \quad (1)$$

де \bar{x} – середня величина; x – значення окремої варіанти; n – об'єм сукупності, для якої вираховується середня; k – степінь, що визначає вид середньої величини. Наприклад,

- при $k = 1$ одержуємо середню арифметичну;
- при $k = -1$ – середню гармонійну;
- при $k = 2$ – середню квадратичну;
- при $k = 3$ – середня кубічна.

Середня геометрична величина визначається як корінь n -го ступеню із добутку членів ряду:

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n} \quad (2)$$

Середня арифметична - це частка від ділення суми всіх варіант сукупності на їх загальну кількість:

$$\bar{x} = \sqrt[1]{\frac{\sum x_i}{n}} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

Середня арифметична може бути *простою і зваженою*.

Проста одержується за формулою (3) - така середня не завжди об'єктивно характеризує об'єкт дослідження, а особливо групу об'єктів.

Зважена середня арифметична визначається як сума добутків всіх варіант в групі на розмір групи поділена на суму розмірів цих груп:

$$\bar{x} = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_n n}{\sum x_n} \quad (4)$$

При аналізі середніх арифметичних вирішуються такі завдання:

- ✓ встановлення різниці між двома або декількома спорідненими об'єктами;
- ✓ визначення інтенсивності впливу на екологічні об'єкти відповідних факторів навколишнього середовища;
- ✓ виявлення ступеню антропогенного впливу на екологічні об'єкти;
- ✓ виявлення змін відповідних параметрів екологічних об'єктів в часі.

Інтерполяція даних може розглядатись як порівняно простий спосіб розв'язання задач моделювання та прогнозування даних без урахування фізико-хімічної та біологічної природи процесів, характеристики яких розглядаються. Звичайна інтерполяція використовується, коли є набір значень показника, визначених у певних точках, а треба знайти його значення в інших точках. Найбільш поширені два типи інтерполяції у просторі – одно- та двовимірні, які дозволяють по багатьох точках побудувати криву або поверхню, що може

наближено описати залежність певного параметру від однієї чи двох змінних (як правило це час t і одна з координат x , y або z).

Інтерполяція може проводитись багатьма методами. Найбільш поширені такі:

1) *лінійна інтерполяція* (інтерполяція прямою) – для одновимірного випадку: $y(x) = ax + b$ – найбільше поширення отримала в різного роду калібрувальних графіках вимірювальних приладів – забезпечує простий математичний опис, але невелику точність для більшості реальних природних процесів;

2) *поліноміальна інтерполяція* – інтерполяція шляхом апроксимації заданої залежності поліномом n -го порядку забезпечує високу точність апроксимації — для одновимірного випадку:

$$y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0, \quad (5)$$

3) *сплайн-інтерполяція* – це процес інтерполяції, який проводиться із використанням сплайнів (поліноміальних кривих 1-3 порядку з мінімальною кривизною), які зшиваються між собою шляхом узгодження усіх можливих похідних;

Апроксимація – це процес ідентифікації параметрів із застосуванням математичної залежності, що описує заданий діапазон даних та проводиться у такій послідовності:

- 1) побудова графіку (гістограма – рис. 8.1, крива 1) залежності y від x ().
- 2) визначення типу математичної залежності $y(x)$, якою можна описати лінію на графіку — найбільше поширення в екології отримали такі залежності:
 - лінійна залежність типу $y(x) = ax + b$;
 - нелінійна поліноміальна залежність
 - $y(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$;
 - експоненціальна залежність, яка є розв'язком звичайного диференціального рівняння першого порядку $y(x) = ae^{-bx+c}$, $b > 0$;
 - нелінійна залежність типу $y(x) = \frac{a}{1 + bx}$;
 - логарифмічна залежність $y(x) = a \ln(bx + c)$, $bx + c > 0$;
 - тригонометрична залежність $y(x) = a + b \sin(ct + d)$.

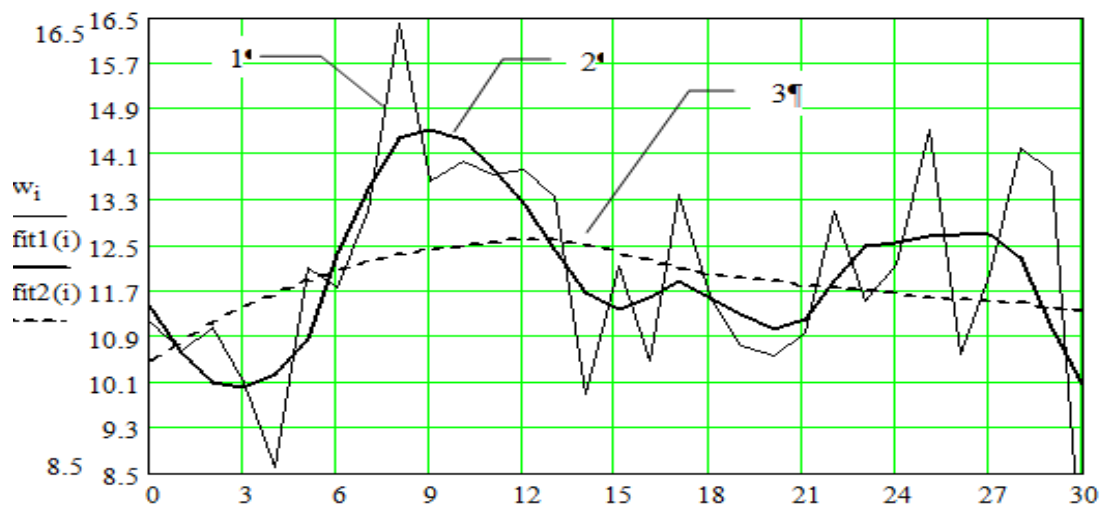


Рис. 8.1. Приклад згладжування значень спостережень в пакеті Mathcad Professional функцією **loess** (1 – гістограма; 2 – $\beta = 0,1$; 3 – $\beta = 0,35$)

- 3) заданий набір M точок y_i від x_i ($i = \overline{1, M}$) розбивається на дві частини: N точок, може бути використане для ідентифікації параметрів вибраних на другому етапі математичних залежностей, а решта $P = M - N$ точок – для незалежної перевірки правильності ідентифікації та виявлення більш точної лінії на всіх значеннях масиву точок M .
- 4) набір N точок y_i від x_i ($i = \overline{1, N}$) застосовується для визначення параметрів математичних залежностей обраних на другому етапі дослідження. Найбільш поширеним методом ідентифікації є метод найменших квадратів – в пакеті Mathcad Professional для ідентифікації параметрів поліному (5) порядку n для даних точок, положення яких задаються векторами y та x , є функція **regress(x,y,n)**.
- 5) у масиві з P точок y_j від x_j ($j = \overline{1, P}$) визначаються відносні похибки δ для математичних залежностей визначених на попередніх етапах за формулою

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

При цьому знаходиться відношення суми модулів різниць між значеннями кожної залежності, які були розраховані раніше із заданим набором значень до суми модулів значень цієї ідентифікованої залежності.

- б) проводиться визначення структури математичної залежності — передбачається застосування знайдених на четвертому етапі залежностей, враховується найменша похибка δ , знайдена на п'ятому етапі.

10.2. Методи ГІС/ДЗЗ-технологій

Методи обробки даних на основі геоінформаційних технологій (ГІС-технології) мають велике значення для обробки даних отриманих методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Можна виділити такі методи та можливості обробки даних ДЗЗ:

- 1) актуалізація та обробка отриманих цифрових даних, наприклад, оновлення даних про транспортну мережу, виявлення змін гідрографічної мережі, виявлення незаконних вирубок лісу та видобутку корисних копалин, надмірного збільшення золівдвалів тощо;
- 2) аналіз даних дистанційного зондування стану нафтових і газових родовищ, наприклад за допомогою програмного комплексу ArcGIS та Finder;
- 3) своєчасна інвентаризація природних ресурсів на основі спектрального аналізу знімків дозволяє виявляти та оцінювати зони забруднення поверхневих вод, родовища корисних копалин, запаси підземних вод та інше;
- 4) автоматизоване формування цифрового рельєфу місцевості на основі суміщення зображення, отриманого з декількох зондувальних пристроїв;
- 5) оцінювання фізико-хімічних показників якості довкілля (вміст О₃ чи СО, концентрація нафтопродуктів у воді тощо) на основі зйомки місцевості в багатоспектральному діапазоні та її комплексній обробці;
- 6) оцінювання фізичних показників стану довкілля (температура води, прозорість повітря, вологість та розораність ґрунту, вмісту хлорофілу у рослинах тощо) на основі зондування в інфрачервоному спектрі або в багатоспектральному діапазоні;
- 7) виявлення та оцінювання стану і динаміки зон стихійних лих, техногенних аварій та інших екологічних проблем (підтоплення територій, лісових пожеж, цунамі, ураганів, розливу нафти тощо).

Потужні можливості ГІС-аналізу проявляються і під час аналізу процесів та явищ, які змінюються в усіх трьох координатах, головним чином, під землею та у повітрі. Наприклад, залягання підземних вод або розподіл родовищ під землею. У цьому разі формуються карти зрізів по вертикалі, на основі яких можна прослідкувати ті чи інші процеси та їх наслідки.

Використання ГІС-технологій в задачах математичного моделювання та прогнозування здійснюється двома способами:

1. Використання *стандартного інструментарію* ГІС-пакетів для подання вхідних для моделювання даних, їх всебічної обробки та візуалізації результатів моделювання;

2. Використання так званих середовищ розробника та інструментарію ГІС-пакетів (ArcGIS Engine, ArcGIS Server, MapBasic, MapInfo, MapXtreme Java, Panorama GIS WebServer, Panorama, GISToolKit, тощо) для створення *спеціалізованих пакетів програм*, призначених для розв'язання окремих задач та проблем з використанням ГІС-технологій.

Перший метод є більш масовим, має широкі можливості і не вимагає спеціалізованих знань та навичок для створення нових об'єктно-орієнтованих пакетів програм. Недолік — обмеженість тими можливостями та функціями, які заклали для розв'язання задач розробники ГІС-пакетів.

Другий метод, навпаки, має практично необмежені можливості у розв'язанні задач. Крім того, спеціалізовані пакети програм не мають багатьох зайвих для розв'язання поставлених задач функцій, які часто ускладнюють та затримують їх розв'язання в універсальних ГІС-пакетах. Недолік — необхідні спеціальні знання та чималий досвід у написанні складних об'єктно-орієнтованих пакетів програм з використанням ГІС-інструментарію.

У Вінницькому національному технічному університеті створено АСУ «ЕкоІнспектор», яка має три основні підсистеми (рис. 10.1):

«Вода та скиди»,

«Ґрунти та відходи» та

« Викиди».

Запропонований підхід використано у ній для візуального представлення результатів контролю та моніторингу стану довкілля. Кожна з підсистем дозволяє автоматизувати оброблення результатів відбору проб, вимірювань, аналізу і формування їх протоколу, ведення реєстраційних журналів, створення звітів про екоінспекційну діяльність і стан довкілля на основі затверджених форм вхідних і вихідних даних, а також зберігати зображення вибраного фрагмента карти у вигляді bmp-файлу (картинки) (Мокін, 2013).

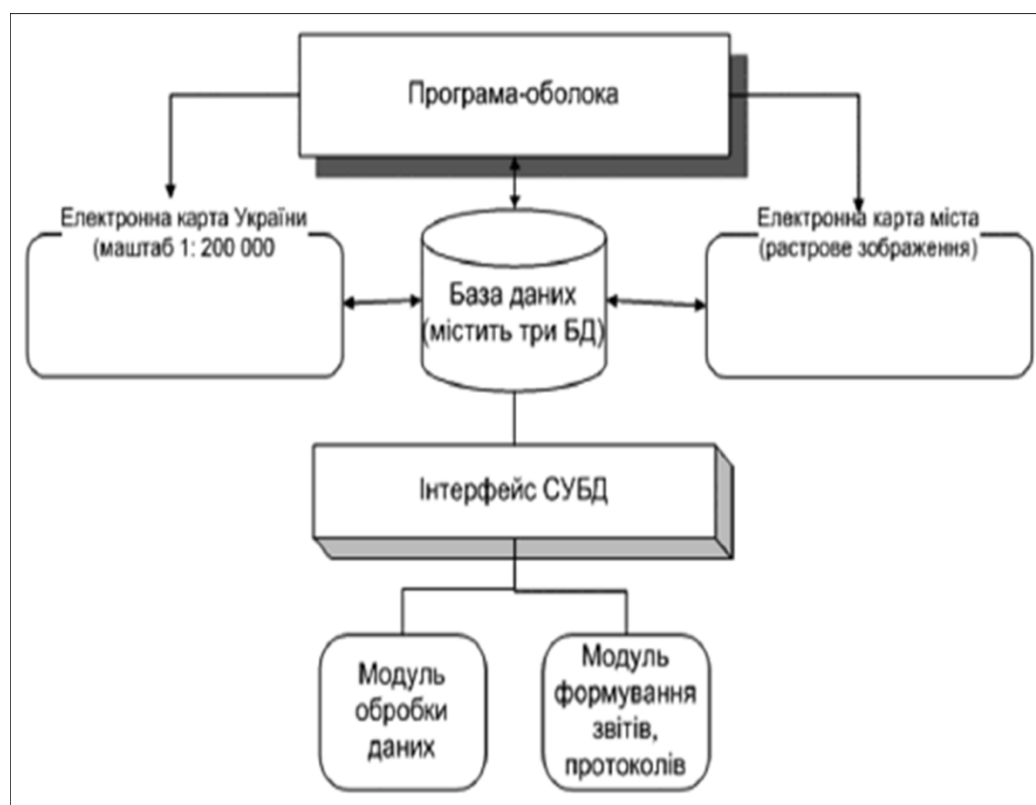


Рис. 10.1. Структура геоінформаційної системи комплексного екологічного управління

10.3. Методи прогнозування змін стану довкілля

Для здійснення прогнозування змін стану навколишнього природного середовища необхідно мати дані як про сучасний його стан і можливі реакції природних екосистем на техногенні впливи, так і плани господарської діяльності (майбутні техногенні впливи) на даній території в майбутньому.

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

Серед великої кількості методів прогнозування варто відзначити три найбільш поширених:

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

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

Найпростішим у застосуванні є метод графічної екстраполяції, який для підвищення точності прогнозування може поєднуватись з методом найменших квадратів та регресійним аналізом. Суть графічного методу екстраполяції полягає у зображенні на графіку даних, які характеризують процес у минулому (наприклад, про чисельність популяції), з наступним подовженням отриманої кривої на прогнозований період (рис. 10.2.).

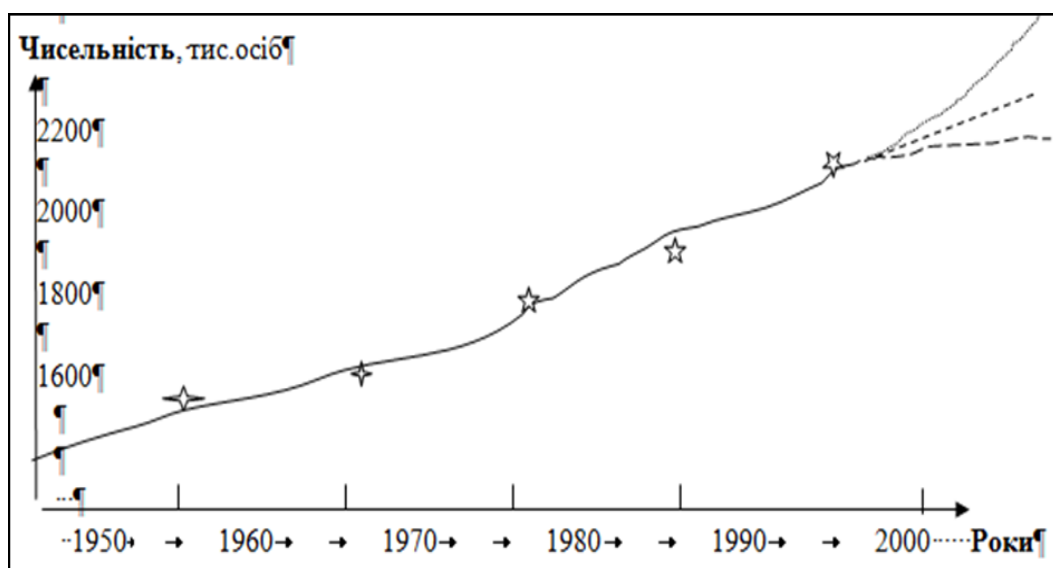


Рис. 10.2. – Динаміка змін чисельності населення м. Києва

Метод екстраполяції використовують вибірково для короткотермінових прогнозів у випадках рівномірного розвитку процесів протягом значного терміну.

Екстраполяція реалізується, як правило, у такій послідовності:

1) для заданого набору даних ставиться за мету розв'язати задачу апроксимації за математичною залежністю $y = f(x)$;

2) у математичну залежність підставляється значення аргументу $x_{\text{прогн}}$, яке слід спрогнозувати, і проводиться відповідний розрахунок $y_{\text{прогн}} = f(x_{\text{прогн}})$.

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

На практиці для забезпечення необхідної точності прогнозування, окрім описаного, слід застосовувати інший метод екстраполяції даних без використання аналітичної математичної залежності, наприклад ітеративні методи.

2. Метод експертних оцінок відноситься до евристичних методів прогнозування, серед яких найбільш розвиненим є метод Делфі[1]. Основними елементами методу Делфі є:

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

Аргументи на користь метода Делфі:

1. Це об'єктивний спосіб прогнозування дуже складних процесів, для яких не існує адекватних формалізованих моделей;
2. Іноді покладання на інтуїцію є не лише припустимим, але й необхідним, особливо у випадку складних і нібито непередбачуваних проблем.
3. Існує багато прикладів вдалого його використання.

До недоліків метода Делфі можна віднести такі:

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

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

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

Рекомендують такі покрокові етапи прогнозування методом Делфі:

1. Сформуувати команду для дослідження та знайти керівника вибірки на запропоновану тему;
2. Вибір однієї або декількох вибірок для участі в експерименті. Зазвичай, учасники вибірки – це експерти в даній галузі знання;
3. Проведення першого кола анкет;
4. Перевірка анкет на предмет невизначеностей, двозначностей, софізмів;
5. Доставка анкет першого кола до учасників вибірки;
6. Аналіз відповідей першого кола;
7. Підготовка анкет другого кола, зазвичай на основі ідей, поданих учасниками у відповідях на анкети першого кола, уточнення цих ідей, з'ясування думки інших щодо цих ідей;
8. Доставка анкет другого кола;
9. Аналіз відповідей другого кола (етапи 7-9 можуть повторюватись необхідну кількість разів);
10. Підготовка звіту про отримані результати.

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

3. Метод математичного моделювання. Моделювання взагалі – це теоретичне дослідження об'єкта, в якому вивчається не сам об'єкт пізнання безпосередньо, а допоміжна штучно створена або природна система, яка знаходиться в деякому об'єктивному відношенні із об'єктом пізнання. Така система має замінити досліджуваний об'єкт в певному відношенні і є при його дослідженні в кінцевому рахунку надає можливість отримати інформацію про сам модельований об'єкт. Моделювання, як правило, ґрунтується на методах *теорії подібності*. Згідно з цією теорією, **подібними** називаються явища, у яких **всі процеси** (це *повна подібність*) або **найбільш важливі** у даному дослідженні **процеси** (це *неповна* або *локальна подібність*) не відрізняються від відповідних процесів (параметрів) іншого явища.

Ознаками й умовами встановлення подібності при моделюванні обирають однакові критерії подібності. При цьому, подібність явищ може бути як *фізичною* (фізичне моделювання), так і *математичною* (математичне моделювання). У фізичних моделях всі процеси (основні для даного дослідження) мають однакоє фізичне походження. При математичному моделюванні всі процеси у подібних явищах мають різне фізичне походження,

але можуть описуватися однаковими математичними рівняннями. Методи математичного моделювання забезпечують можливості встановлення подібності за допомогою аналізу відповідних рівнянь з наступною експериментальною перевіркою.

Найістотніша функція моделі – виконання нею ролі засобу пізнання, який застосовують як для вивчення самого оригіналу, так і до подібних йому об'єктів. Можна виділити такі основні групи моделей:

- *математичні* – використовують, як правило, для дослідження математичних рівнянь за допомогою комп'ютерної техніки;
- *геометричні моделі* (або макети) – забезпечують тільки геометричну подібність без відображення фізичної суті явищ;
- *фізичні моделі* використовуються при дослідженні явищ на спеціально спроектованих установках, які забезпечують подібність основних фізичних процесів досліджуваного явища.

У наукових дослідженнях найбільше поширення отримали фізичні та математичні моделі. За допомогою математичного моделювання можна визначити головні властивості або поведінку досліджуваного об'єкта чи процесу ще до їх створення. Виділяють такі похибки при математичному моделюванні:

- *первинна* – через різницю між дійсним значенням фізичної величини та її розрахунковим значенням, прийнятим у математичній моделі;
- *вторинна* – через неточне відтворення в моделі модельованих величин (розрахункових значень) і похибками вимірювання;
- *принципова* – через неповне врахування у математичній моделі всіх факторів, які впливають на досліджувані процеси (наприклад, за рахунок спрощення дійсних процесів).

У загальному випадку прогнозуюча система може мати математичні, логічні й евристичні елементи. На вхід системи надходить наявна на даний час інформація про прогнозоване явище, процес чи об'єкт, а на виході системи отримують інформацію про параметри явища (процесу чи стану об'єкта) в майбутньому (рис. 10.3).

Наведена блок-схема ілюструє процес прогнозування для будь-якого виду антропогенного впливу. На основі цієї схеми окремо проводиться прогнозування кожного з видів антропогенного впливу, що мають місце. Сумарний вплив враховується при оцінці прогнозних результатів.

Відповідно до розглянутої блок-схеми *першим етапом при прогнозуванні* є збір і аналіз необхідної вихідної інформації, що стосується джерел, факторів і параметрів антропогенного впливу в ретроспективі і в даний час.

Значна частина зазначеної вихідної інформації може бути отримана в блоці екологічного моніторингу, де передбачається спостереження за джерелами, факторами антропогенного впливу і власне антропогенним впливом на навколишнє середовище. Частково вхідна інформація для прогнозування виробляється також блоком моніторингу, зв'язаним з оцінкою рівнів

антропогенного впливу. Необхідно відзначити, що до вхідної інформації можуть бути також віднесені деякі наукові положення і закономірності протікання процесів у даній предметній області.



Рис. 10.3. – Схема процедури прогнозування стану довкілля

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

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

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

Третім етапом прогнозування є проведення необхідних розрахунків і візуалізація їхніх результатів. Результати розрахунків повинні бути

представлені у вигляді, зручному для оцінки антропогенного впливу на об'єкти навколишнього середовища.

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

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

Широке застосування в задачах прогнозування знаходить і досить відомий метод найменших квадратів, що є частковим випадком методу максимальної правдоподібності, коли перешкоди і збурення, що накладаються на детерміновану частину прогнозованого процесу, адитивні і мають нормальний розподіл. Окрім згаданих вище, застосовуються й інші методи. Наприклад, метод, заснований на визначенні мінімуму максимального відхилення параметрів детермінованої частини моделі від їхніх експериментальних значень та інші.

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

До критеріїв оцінки рівнів антропогенного впливу можуть відноситись гранично допустимі концентрації тих чи інших шкідливих речовин, допустимі рівні забруднення територій, гранично допустимі рівні шумів, електромагнітних випромінювань, теплових потоків, температурного градієнта тощо. Критичні значення параметрів як правило відповідають науково обґрунтованим прийнятним рівням антропогенних впливів.

10.4. Основи теорії прийняття рішень

Теорія прийняття рішень є методологічним апаратом, покликаним виробити у відповідальних осіб системний стратегічний підхід до вирішення складних багаторівневих задач для прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень. Теорія оперує набором специфічних (оптимізація за критеріями, агрегація даних) і загально-математичних методів (теорія множин, матричне числення, інтегральне та диференціальне числення, теорія ймовірності тощо).

Застосування теорії прийняття рішень є життєво необхідним у декількох випадках:

1) коли застосовують системний підхід до здійснення екологічної політики;

2) коли перед особою, що приймає рішення, стоїть надзвичайно складна багаторівнева проблема з багато-альтернативним шляхом вирішення та вкрай важливими для суспільства чи особи наслідками;

3) коли йде мова про довгострокове планування певної діяльності.

В інших випадках метод прийняття рішень згідно з цією теорією можна замінити системним підходом до вирішення проблеми.

Парадигма аналізу рішень та їх прийняття. Аналіз, що має передувати прийняттю рішення можна поділити на 5 кроків:

1) *Попередній аналіз*, що має задаватись питаннями на зразок:

– чи вже виокремлено проблему, на вирішення якої має бути спрямовано рішення;

– чи вже відомі можливі альтернативи рішень;

– чи вже визначена одна особа, яка має приймати це рішення.

Якщо на ці питання вже є відповіді, тобто є проблема, особа та основні альтернативні варіанти, то можливо зробити наступний крок.

2) *Структурний аналіз проблеми*, на етапі якого треба визначити:

– які рішення необхідно прийняти зараз, а здійснення яких можна відкласти на майбутнє;

– як можна збудувати свій вибір на інформації, отриманій в процесі аналізу проблеми;

– які експерименти можна провести для моделювання з метою отримання інформації щодо проблеми та можливих альтернатив;

– що можна дізнатись за збереження звичайного перебігу подій, і для отримання якої інформації треба здійснювати додаткові кроки.

За результатами структурного аналізу можна вибудувати дерево рішень (рис. 10.4.), де будуть існувати два типи верхівок: верхівки-рішення (квадратики) та верхівки-випадковості (кружечки).

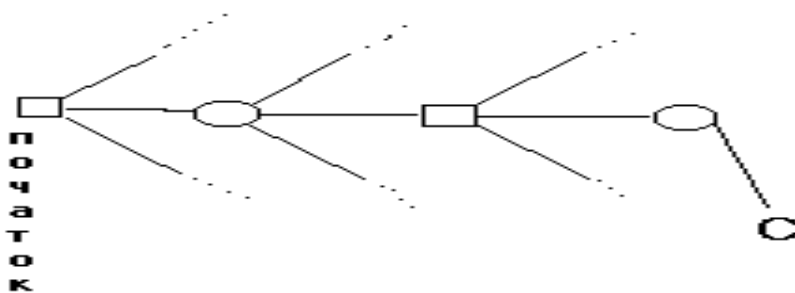


Рис. 10.4. Сценарій з двома вольовими та двома випадковими виборами.

3) *Аналіз невизначеності*, що полягає у встановленні вірогідності для тих гілок дерева, які починаються у верхівках-випадковостях. Основою для визначення цієї вірогідності може бути екстраполяція емпіричних даних з минулого, припущення, результати стохастичного чи динамічного моделювання, думка експертів (після відповідного калібрування для врахування

особистого характеру експертів та їх власних зацікавленостей), а також суб'єктивні судження особи, яка має приймати рішення.

4) *Аналіз корисності та цінності* (аналіз вартість-ефективність + аналіз витрати-прибуток), основою якого є надання певних цифрових значень корисності наслідків від різних рішень. Тобто на рис. 1 зображено лише один шлях з декількох можливих і на кожній ланці можливі різні “сукупності витрат та надбань” для суб'єкта прийняття рішення.

Ці “сукупності витрат і надбань” називаються наслідками реалізації певного рішення. Після присвоєння таких цифрових значень можна проранжувати за наслідками рішення у відповідності до прийнятності з точки зору суб'єкта, що так само буде описувати його прийнятність різних шляхів з верхівок-випадків (лотерей).

Для особи, яка має приймати рішення, максимізація очікуваної корисності має відповідати оптимальному рішенню.

Як присвоювати такі числа:

1. Зазвичай при виконання аналізу вартість ефективність витрати C (costs) вимірюються як правило тільки в грошових одиницях, а прибутки можуть бути різної природи, тому наслідки рішення (тобто сукупність витрат та прибутків) позначають $(C, b_1, b_2 \dots b_r)$, де b_1 можуть бути зекономлені людино-години, а прибуток b_m , наприклад, характеризувати архітектурна якість будівлі. В подібному випадку при прийнятті рішення з реалізації якогось проекту не робиться спроби привести весь прибуток b до однієї розмірності, а встановлюють оптимальні рівні по кожному виду прибутків. $b_{1onm}, b_{2onm} \dots b_{ronm}$. Найкращим буде той варіант, в якому всі відповідні показники b сягнуть своїх оптимальних рівнів. Якщо такий варіант є, то треба подивитись, чи можливо підняти рівні b_{onm} , а якщо немає, то, можливо, треба знизити деякі рівні b_{onm} . Власне кажучи, правильний вибір рівнів b_{onm} , яке вимагає власної компетенції особи, яка приймає рішення.

2. Якщо при аналізі витрати-прибуток треба об'єднати прибутки $b_1, b_2 \dots b_r$ в одну складову величину (наприклад, B_0), та вводиться ряд коефіцієнтів перерахунку $w_1, w_2 \dots w_r$ і прибуток B_0 буде дорівнювати: $B_0 = w_1 * b_1 + w_2 * b_2 \dots w_r * b_r$

Зазвичай, одиниці всіх коефіцієнтів w мають бути співрозмірні, щоб добуток $w_r * b_r$ мали однакову розмірність вимірювання. Для знаходження коефіцієнтів w може бути об'єктивний ринковий спосіб (500 доларів потрібно на кожну дитину, щоб захистити її від впливу вулиці в літні місяці), або суб'єктивний спосіб (опитування експертів, опитування громадськості або залучених осіб). В такому випадку можна оцінювати k -тий проект за парою $(C^{(k)}, B^{(k)}_0)$ – для цього треба проранжувати проекти за відношенням $C^{(k)}$ до $B^{(k)}_0$ при умові, що показник C не буде перевищувати встановлений ліміт витрат.

Тобто коли потрібна точна відповідь, краще застосовувати аналіз витрати-прибуток, якщо є впевненість у правильності коефіцієнтів, які дозволяють звести різні b до B_0 , хоча в окремих випадках можуть виникати сумніви щодо правомірності прямого лінійного підсумування

добутків $w_1 * b_1 + w_2 * b_2 \dots \dots w_r * b_r$, а іноді й лінійного підсумування нелінійних зважуваних функцій

$$B_0 = w_1 * g_1(b_1) + w_2 * g_2(b_2) \dots \dots w_r * g_r(b_r)$$

$g_i(b_i)$ – нелінійна функція трансформації.

3. *Процедури оптимізації* – пошук стратегії прийняття послідовних рішень для оптимізації функції корисності. Стратегія описує всі кроки та вибори на кожному вузлі. Для цього зазвичай використовують методи динамічного програмування (*динамічне програмування – математична теорія багатокрокового прийняття рішень*).

10.5. Особливості екологічного управління

Управління у галузі охорони навколишнього природного середовища визначається екологічним законодавством України як: "...здійснення функцій спостереження, дослідження, екологічної експертизи, контролю, прогнозування, програмування, інформування та іншої виконавчо-розпорядчої діяльності" [1].

Метою екологічного управління є контроль за дотриманням вимог законодавства щодо дотримання вимог екологічної безпеки, а також забезпечення ефективних і комплексних природоохоронних заходів при використанні природних ресурсів (раціональне або збалансоване природокористування), забезпечення узгодженості у діях державних органів і громадськості.

Ефективність прийняття управлінських рішень багато в чому визначається можливостями інформаційного забезпечення або інформаційної підтримки таких рішень. Організації інформаційного забезпечення екологічного управління на поточний момент притаманні такі особливості³⁴:

– *понятійно-термінологічний апарат* і основи національного нормативно-правового регулювання інформаційного забезпечення екологічного управління знаходяться на стадії формування;

– *невизначеність обсягу інформаційних ресурсів*, які відносяться до стану навколишнього природного середовища, рівня його забруднення, потенційних надзвичайних екологічних ситуацій природного та техногенного характеру і якими повинна оперувати відповідальна особа при прийнятті управлінських рішень;

– *складності взаємоузгодження* при прийнятті управлінських рішень з іншими галузями адміністративного управління територіями (економічного, соціального, демографічного, культурного тощо) в динамічному ринковому середовищі;

– *обмеження доступу до джерел інформації* внаслідок необхідності збереження державної, військової, службової, комерційної, податкової таємниць;

³⁴Закон України "Про охорону атмосферного повітря"

– *проблемність визначення і забезпечення відповідальності* за прийняті рішення, у т. ч. при можливих судових розглядах за позовами юридичних і фізичних осіб, держави.

Екологічне управління є специфічною галуззю державного управління і визначається як діяльністю державних органів, так і об'єктів економічної діяльності, що спрямована на розробку і реалізацію цілей, проектів та програм екологічної політики з метою дотримання обов'язкових вимог природоохоронного законодавства. Така діяльність полягає у здійсненні функцій управління об'єктами і процесами, які впливають як на об'єкти навколишнього природного середовища, так і на економічну діяльність суспільства.

Екологічне управління – це міждисциплінарна область, яка поєднує в собі сучасні науково-технічні досягнення, технології менеджменту, набутий людством позитивний та негативний досвід. Процес прийняття управлінських рішень відноситься до системно-орієнтованих процедур і може бути умовно зображений у вигляді багатокрокового алгоритму (рис. 6).

Аналіз функціональних задач щодо екологічного управління показує, що інформаційні ресурси можна розділити на три групи, які охоплюють відомості про:

I. Об'єкти економічної діяльності як джерела негативного впливу на стан довкілля;

II. Стаціонарні та пересувні джерела забруднення атмосфери;

III. Концентрації забруднювальних речовин, що створюються джерелами забруднень в атмосфері, гідросфері та літосфері (включаючи ґрунтове середовище).

Основними джерелами інформації можна вважати:

1. *Державну статистичну звітність*, форми (“Звіт про екологічні збори, плату за природні ресурси та поточні витрати на охорону природи”, /№1-екологічні витрати/; “Звіт про охорону атмосферного повітря”, № 2-тп (повітря, вода); “Звіт про автотранспорт”, №1-тр. тощо).

2. *Нормативно-технічні та проектні документи і матеріали* (звіти про проведення інвентаризації джерел викидів забруднювальних речовин на підприємстві згідно КНД 211.2.3.014-95 “Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднювальних речовин на підприємстві”; проект нормативів гранично допустимих викидів по підприємству.

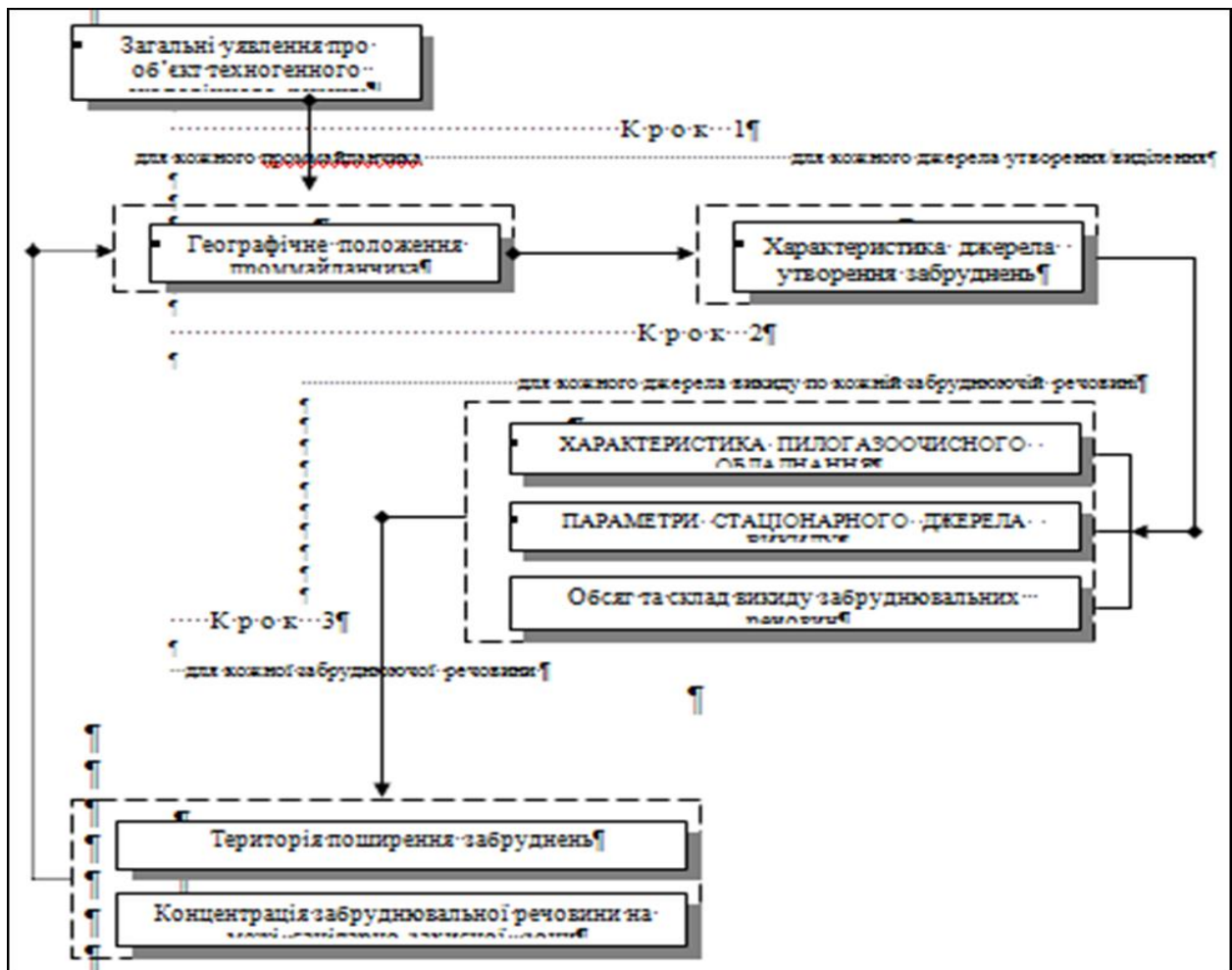


Рис. 8.5. Блок-схема алгоритму прийняття управлінських рішень.

Екологічне управління є системним як за своєю суттю, так і за об'єктами управління – природно-територіальними комплексами та екологічними системами. У практичній площині в системі екологічного управління можна виділити *ресурсні напрямки* або *предметні області* (ПО):

- вирішення еколого-економічних питань природокористування (ПО “ЕКОНОМІКА”);
- вирішення питань управління якістю повітряного басейну (ПО ВИКИДИ”);
- вирішення завдань управління охорони водних ресурсів та водокористуванням (ПО “СКИДИ”);
- вирішення завдань поводження з промисловими і побутовими відходами (ПО “ВІДХОДИ”);
- вирішення питань управління об'єктами природно-заповідного фонду, рослинного та тваринного світу (ПО “БІОРІЗНОМАНІТТЯ”);
- забезпечення екологічної безпеки від дії фізичних, хімічних, біологічних та ін. небезпечних для довкілля факторів (ПО “ЕКОБЕЗПЕКА”).

Ефективність прийняття управлінських рішень багато в чому визначається можливостями інформаційного забезпечення або інформаційної підтримки таких рішень. Організації інформаційного забезпечення екологічного управління на поточний момент притаманні такі особливості:

- понятійно-термінологічний апарат і основи національного нормативно-правового регулювання інформаційного забезпечення екологічного управління знаходяться на стадії формування;
- невизначеність обсягу інформаційних ресурсів, які відносяться до стану навколишнього природного середовища, рівня його забруднення, потенційних надзвичайних екологічних ситуацій природного та техногенного характеру і якими повинна оперувати відповідальна особа при прийнятті управлінських рішень;
- складності взаємоузгодження при прийнятті управлінських рішень з іншими галузями адміністративного управління територіями (економічного, соціального, демографічного, культурного тощо) в динамічному ринковому середовищі;
- обмеження доступу до джерел інформації через необхідність збереження державної, військової, службової, комерційної, податкової таємниць;
- проблемність визначення і забезпечення відповідальності за прийняті рішення, у т. ч. при можливих судових розглядах.

Визначення поняття “екологічної інформації” включає в себе не тільки будь-яку інформацію у письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій формі стосовно стану елементів довкілля (повітря, вода, ґрунти, ландшафти і т. ін.) та їх взаємодії, але й впливу фізичних факторів (енергія, шум, випромінювання) на стан здоров’я, безпеку та умови проживання людей, стан об’єктів культури, будівель і споруд та діяльність чи заходи, які впливають або можуть впливати на стан та об’єкти навколишнього природного середовища.

Аналіз функціональних задач щодо екологічного управління показує, що інформаційні ресурси *можна розділити на три групи:*

I. Об’єкти економічної діяльності як джерела негативного впливу на стан довкілля;

II. Стаціонарні та пересувні джерела забруднення атмосфери;

III. Перелік забруднювальних речовин, що створюється джерелами забруднень в атмосфері, гідросфері та літосфері (включаючи ґрунти).

Основними джерелами інформації можна вважати:

1. Державну статистичну звітність, форми (“Звіт про екологічні збори, плата за використані природні ресурси та поточні витрати на природоохоронну діяльність” /№1-екологічні витрати/. “Звіт про охорону атмосферного повітря”, № 2-тп (повітря, вода); “Звіт про автотранспорт”, №1-тр. тощо).

2. Нормативно-технічні та проектні документи і матеріали (звіти про проведення інвентаризації джерел викидів забруднювальних речовин на підприємстві згідно КНД 211.2.3.014-95 “Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві”; проект нормативів гранично допустимих викидів по підприємству відповідно до Наказів Мінекобезпеки № 75 та 76 від 18. 07. 1996 р. та відповідних “Інструкції щодо оформлення та змісту проекту нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел” і “Порядку розробки і затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря

стаціонарними джерелами”; матеріали розділу “Оцінка впливу діяльності на стан навколишнього природного середовища” проектної документації за ДБН А.2.2.-1-95; плани природоохоронних заходів тощо.

3. Експертна інформація (матеріали актів перевірок виконання природоохоронного законодавства).

Основними користувачами інформації та результатів її аналітичної обробки є органи місцевої державної влади, підрозділи органів центральної державної влади на місцях (Мінприроди – відділи екологічного моніторингу, охорони атмосферного повітря, екологічної експертизи; економіки природокористування; санітарно-епідеміологічного нагляду МОЗ – відділи комунальної та промислової гігієни; Держгідрометкому – відділи екологічного моніторингу та охорони атмосферного повітря) та громадськість.

Процес прийняття управлінських рішень в природоохоронній діяльності вимагає опрацювання значних масивів *еколого-технічних, соціально-демографічних, фінансово-економічних* та інших *інформаційних ресурсів*. Чим оперативніше і повніше будуть опрацьовані вказані інформаційні ресурси (за інших рівних умов), тим якісніше і ефективніше буде результат управління. Таким чином від ефективної інформаційної технології залежить правильність рішень та ефективність управлінських рішень.

Традиційні інформаційні технології зорієнтовані переважно ефективну обробку інформаційних ресурсів за логікою бізнес-процесів і дозволяють опрацьовувати тільки структуровані і формалізовані дані. Як правило, такі дані з метою технологічної зручності опрацювання організують в бази даних. На жаль, подібні інформаційні технології не відповідають всім вимогам щодо опрацювання інформаційних ресурсів екологічного управління. Так, наприклад, технології управління системами баз даних (СУБД) не задовольняють сучасним вимогам щодо обробки просторово-координованих даних - більшість екологічних даних за своїм походженням та властивостями є саме просторово-координованими.

Просторово-координовані дані – це вид інформаційних ресурсів, що містить у своєму складі визначник, який вказує відношення інформації до конкретної ділянки простору. Прикладом такого виду інформаційних ресурсів стосовно земної поверхні є:

- топографо-картографічні дані (карти, плани, схеми, кадастри);
- ресурси, отримані засобами ДЗЗ-технологій, зокрема. за допомогою штучних супутників Землі (аерофотознімки, ортофотоплани тощо);
- дані, отримані геодезичним обладнанням з використанням засобів глобальної системи позиціонування (GPS).

В останні роки просторово-координовані дані стали широко застосовуватись різними галузями народного господарства (використання природних ресурсів, землекористування, реагування при надзвичайних ситуаціях, комунальні послуги та транспорт, водне, лісове та сільське господарство і т.д.). Використання просторово-координованих даних дозволило значно збільшити ефективність систем прийняття рішень.

Інформаційні технології, які створені для обробки просторово-координованих даних, дозволяють створювати, модифікувати і відображати просторово-координовані і семантичні дані, моделювати і аналізувати просторові процеси та явища, об'єднують загальним терміном «геоінформаційні технології». Прикладні інформаційні системи побудовані з їх застосуванням називають геоінформаційними системами (ГІС).

Процесно-орієнтований підхід. Відповідно до процесно-орієнтованого підходу говорять про п'ять рівнів або підсистем, за допомогою яких можна автоматизувати основні процеси обробки просторово-координованих даних для організації системи екологічного управління.

Необхідними складовими структурними елементами ГІС для екологічного управління є такі:

1. Просторово-координовані дані:

1.1. Базова цифрова топографічна модель території:

- адміністративно-територіальний устрій;
- гідрографія та гідромережа;
- зелені насадження.

1.2. Цифрова модель рельєфу території;

1.3. Дані про розташування природно-територіальних комплексів:

- типи ландшафтів;
- об'єкти природно-заповідного фонду та пам'ятки природи;

1.4. Антропогенне навантаження:

- квартальна промислова та житлова забудови;
- транспортна інфраструктура;
- розташування об'єктів техногенного екологічного ризику;
- розташування об'єктів техногенного екологічного впливу;

2. Семантичні дані:

2.1. Статистичні соціально-демографічні та соціально-медичні дані;

2.2. Характеристики об'єктів та процесів техногенного екологічного ризику;

2.3. Характеристики та параметри джерел утворення та емісії забруднюючих речовин;

2.4. Токсико-гігієнічні та фізико-хімічні характеристики забруднюючих речовин.

3. Спеціальне програмне забезпечення:

3.1. базовий ГІС-пакет;

3.2. система управління базами даних;

3.3. програмно-розрахунковий комплекс моделювання поширення забруднення

5. Апаратно-технічне та системне програмне забезпечення:

4.1. комп'ютери;

4.2. мережеве обладнання;

4.3. периферійне допоміжне обладнання (сканери, плотери, принтери тощо).

Сучасні підходи та методи створення інформаційних систем, у т.ч. ГІС, розглядають їх проектування як поетапний і структурований процес, що визначається послідовністю вирішення взаємопов'язаних задач, які виконуються під час розробки, впровадження та супроводження інформаційної системи протягом її життєвого циклу. Накопичений досвід проектування ГІС показує, що це логічно складна, трудомістка та тривала за часом робота, яка вимагає високої кваліфікації задіяних в ній спеціалістів і часто та виконується, на інтуїтивному рівні із застосуванням неформалізованих евристичних прийомів, практичному досвіді, експертних оцінках і багато вартісних експериментальних перевірок якості функціонування ГІС.

Практика показує, що як в процесі проектування, так і при експлуатації, потреби користувачів уточнюються або, навіть, можуть змінюватись, що значно ускладнює розробку і супроводження таких систем. Для успішної реалізації проекту по створенню ГІС екологічного управління об'єкт проектування необхідно, перш за все, адекватно описати і побудувати повні та несуперечливі функціональні та інформаційні моделі ГІС.

У зв'язку з відсутністю типових проектних рішень для ГІС у галузі екологічного управління провідна роль належить формалізованому представленню відповідної предметної області (ПО). На цій стадії виконується повний об'єм науково-дослідних робіт, які направлені на вирішення наступних ключових задач:

- Аналіз існуючих інформаційних технологій та систем;
- Розробка концептуальної інформаційної моделі ПО;
- Створення інформаційно-логічної моделі ПО;
- Розробка геореляційної моделі ПО;

Як приклад ГІС екологічного управління програмної області «ВИКИДИ» може використовувати ряд програмних продуктів, рекомендованих до використання Мінприроди України (табл. 10.1)

Таблиця 10.1. Рекомендовані інформаційні системи і програмні продукти

Програмний продукт	Функція екологічного управління
«ARMECO»	інвентаризація джерел викидів
«EOL»	прогнозне моделювання впливу викидів на якість приземного шару
«NORMA»	формування проекту дозволу на викид забруднюючих речовин
«LIMIT»	формування проекту ліміту на викид забруднюючих речовин

Загалом всі рекомендовані програмні продукти призначені для використання в межах окремих автоматизованих робочих місць і забезпечення формування даних на об'єктному рівні. Вони мало придатні для використання в системі державного управління і застосовуються як комерційний програмний

продукт для полегшення формування звітів нормативно-технічної документації, інвентаризації викидів стаціонарних джерел («ARMECO»), проекту гранично-допустимих викидів («EOL»), дозволу та лімітів викидів забруднюючих речовин («NORMA», «LIMIT»).

ГІС підтримки прийняття рішень у галузі екологічного управління є складними інформаційними системами, життєвий цикл (ЖЦ) яких відповідає спіральній моделі. Ця модель робить наголос на початкових етапах ЖЦ – вони є найважливішими серед всіх етапів створення ГІС, істотно впливаючи на всі наступні.

Проблеми, з якими зіштовхуються розробники (експерти-екологи та експерти-програмісти) взаємозалежні, і це є однією з додаткових причин складності створення ГІС:

- *експерту-програмісту* складно детально опрацювати потік специфічної екологічної інформації в необхідному обсязі для оцінки вимог до системи з погляду експерта - еколога;
- *експерт-еколог*, у свою чергу, не має достатніх знань щодо технологій опрацювання даних, щоб судити про те, що є здійсненим, а що - ні;
- *експерт-програміст* зіштовхується з надмірною кількістю докладних відомостей про предметну область і про нову систему;
- специфікація системи через обсяг і технічні терміни часто незрозуміла для *експерта-еколога*.

Під концептуальною моделлю розуміють множину знань і уявлень про ПО, які зведено в єдину формалізовану систему. Властивості і взаємозв'язки елементів ПО, які виступають об'єктами екологічного управління відображаються семантично, утворюючи множину концептів (понять) та сукупності відношень, що визначаються на цій множині концептів. Концептуальна модель дозволяє оперувати також гіпотетичними поняттями, які потрібно деталізувати чи відкинути під час роботи над моделлю її уточнення та розвитку. Так, головним об'єктом екологічного управління в концептуальній інформаційній ПО «ВИКИДИ» є територія поширення забруднювальної речовини, джерело емісії та його власник.

Таке представлення дозволяє не тільки описати кількісні ресурсно-екологічні, економічні та соціально-демографічні дані, але і ввести до концептуальної якісну апріорну інформацію основу на знаннях фахівців, а також ту, що міститься в різноманітних науково-технічних джерелах та експертну інформацію, важливість якої зумовлена дефіцитом знань та кількісних даних про об'єкти екологічного управління. Побудова концептуальної моделі проблемного середовища екологічного управління передбачає розгляд двох сторін прояву цілісності природних систем як складних систем: внутрішньої та зовнішньої. Внутрішня - веде до членування системи на окремі компоненти (підсистеми), що виділяються природнім чином та утворюють закриті множини на кожному з розглянутих рівнів. Зовнішня, на протигагу внутрішній, розглядає прояв цілісності не через поділ на компоненти, а шляхом сполучення об'єктів в класи. Розглянуті внутрішні та зовнішні сторони прояву цілісності природних систем реалізуються в

процедурах відповідно системного та класифікаційного аналізу. При цьому системний аналіз, виступає як універсальний інструмент організації погано структурованих знань дозволяючи враховувати в моделі логічні відношення типу «ціле-частина», а засобами класифікаційного аналізу досліджуються родові відношення типу «рід-вид».

Як приклад можна розглянути регіональну інформаційно-аналітичну геоінформаційну систему попередження надзвичайних екологічних ситуацій техногенного походження – «екоГІС-КИЇВ». Ця система охоплює всі предметні області та напрямки екологічного управління та всі його рівні, від об'єктового до регіонального. Головне призначення системи – забезпечення державного управління екобезпеки в м. Києві достовірною і повною інформацією щодо джерел та обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Інформаційні ресурси «екоГІС-КИЇВ» використовуються при формуванні регіональної міської та місцевих (районних) екологічних програм щодо оздоровлення повітряного басейну та соціально-економічного розвитку територій. Користувачами вихідних даних та їх аналітичної обробки є також органи санітарно-епідеміологічного нагляду, державні комунальні підприємства («Київзеленбуд», «Київспецтранс», «Плесо»), а також інші зацікавлені державні, наукові, комерційні, установи та організації міста. Передбачається доступ громадських організацій до даних, які знаходяться в системі, про стан навколишнього природного середовища м. Києва в межах їхньої компетенції (рис. 10.5.).

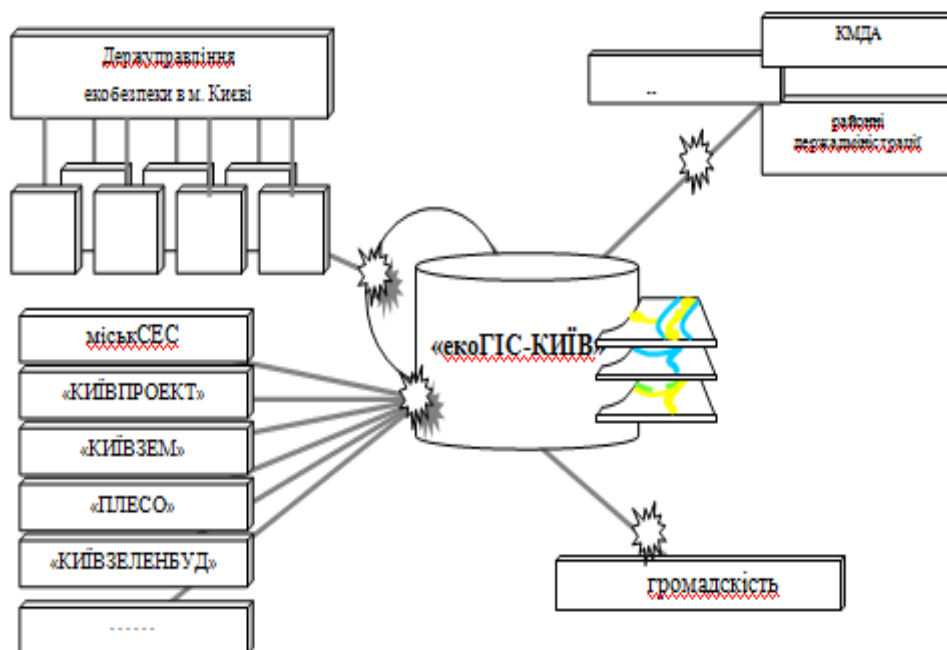


Рис. 10.5. Структура інформаційно-аналітичної системи «екоГІС-КИЇВ»

Технічними умовами передбачено, що система «екоГІС-КИЇВ» буде складатися з шести підсистем:

1. «Економіка природокористування» – охоплює дані щодо екологічних зборів;
2. «Атмосфера» – охоплює дані щодо викидів забруднюючих речовин;

3. «Водні ресурси» – дані щодо водокористування і скиду забруднюючих речовин;
5. «Тверді відходи» – дані щодо місць утворення, розміщення та видалення твердих побутових та промислових відходів;
5. «Об’єкти природно-заповідного фонду» – дані кадастр об’єктів природно-заповідного фонду та пам’яток природи;
6. «Екологічний моніторинг» – дані спостережень за об’єктами навколишнього природного середовища.

Кожна із вказаних підсистем забезпечує відповідний профільний відділ Держуправління екобезпеки в м. Києві, відділи екологічної експертизи та екологічного моніторингу використовують дані перших п’яти підсистем «екоГІС-КІІВ». На даний момент в інформаційно-аналітичній системі «екоГІС-КІІВ» вже розроблено і експлуатуються перші три підсистеми: «Економіка природокористування», «Атмосфера», «Водні ресурси». Розробляються – «Тверді відходи» та «Об’єкти природно-заповідного фонду». Підсистема «Екологічний моніторинг» знаходиться на стадії розробки технічних вимог.

Підсистема «АТМОСФЕРА» інформаційно-аналітичної системи «екоГІС-КІІВ» охоплює функціональні задачі предметної області екологічного управління «ВИКИДИ», описаних в першому розділі. Вона складається з двох основних блоків. Блок забезпечення управління викидами від стаціонарних джерел та блок забезпечення управління викидами від пересувних джерел викидів. Передбачається також, що структурні блоки цієї підсистеми будуть інтегровані з блоком моніторингу стану забруднення атмосферного повітря підсистеми «ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ».

На даний момент до просторових баз даних уведено дані щодо розміщення на території міста більше ніж 700 промислових майданчиків. З них інформацією щодо розміщення джерел, складів та обсягів викидів охоплено приблизно 200, що в загальній сумі складає записів щодо більше ніж 5000 джерел та 16000/ викидів відповідно.

Як ще один приклад можна навести "Інформаційно-управлінську систему підтримки прийняття рішень для сільського господарства[1]", створену для оперативного вироблення оптимальних, ефективних, скоординованих планів і дій в період ядерних і будь-яких інших радіаційних аварій, спрямованих на мінімізацію їх наслідків, зокрема на мінімізацію доз опромінення представницької людини до референтних рівнів, забезпечення життєдіяльності населення, в довгостроковій перспективі - повернення до звичного способу життя, повернення земель у сільськогосподарське виробництво.

[1] Інформаційно-управлінську систему підтримки прийняття рішень для сільського господарства: <http://www.uia.org.ua/support/Product.pdf>

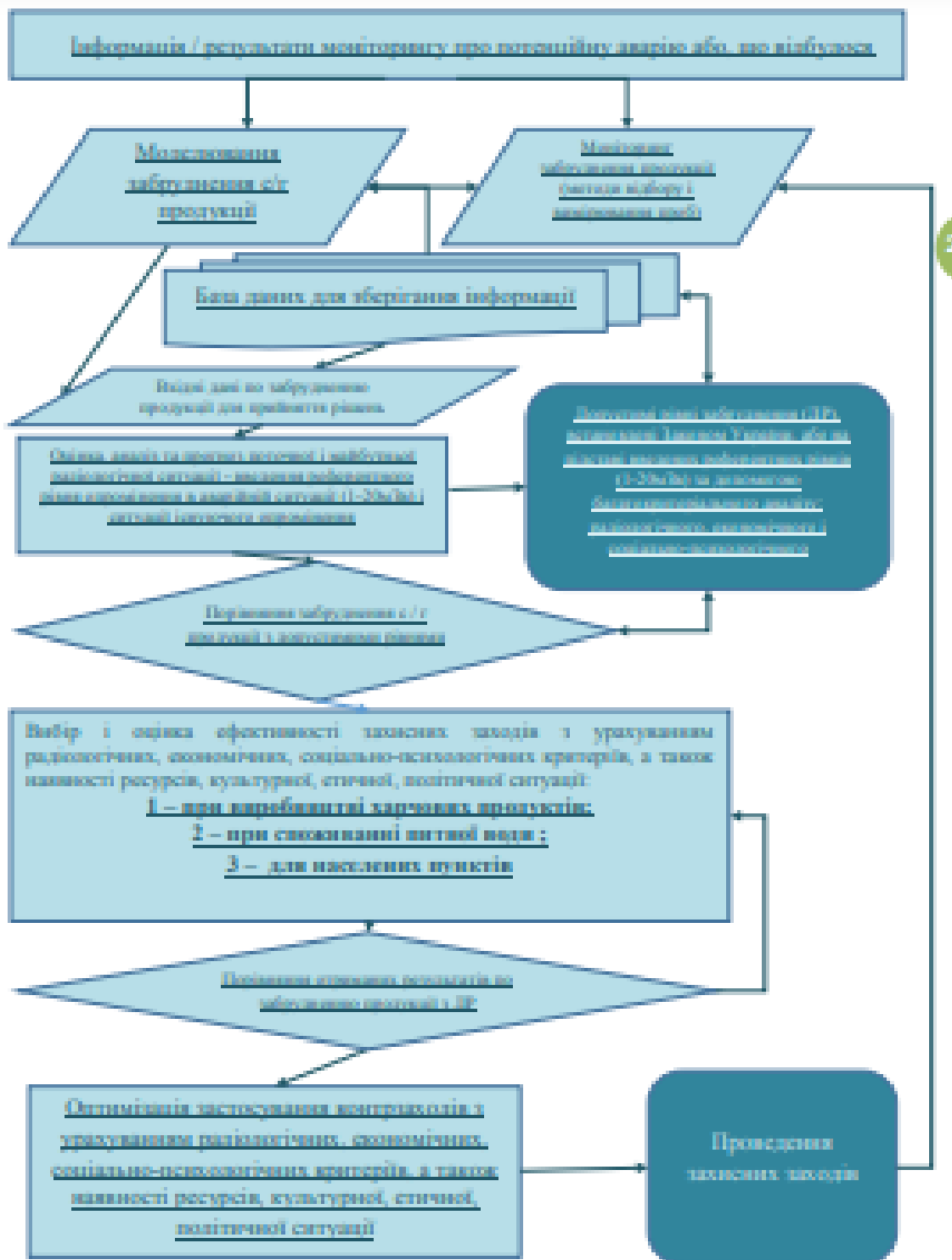


Рис. 10.6. Блок-схема Інформаційно-управлінської системи підтримки прийняття рішень

Розділ 11. Моніторинг наслідків воєнних дій

Воєнні дії, які тривають від початку вторгнення РФ в Україну, призводять не тільки до погіршення економічного стану держави та соціальних умов життя населення, але й загрожують довкіллю України. Це створює серйозні соціально-економічні ускладнення і проблеми розвитку територіальних громад, а також руйнування природних і агроecosystem практично по всій території України.

Серед першочергових кроків з відновлення та поліпшення стану екосистем, у тому числі, агроecosystem, слід назвати роботи по відновленню і розбудові сучасної і більш ефективної системи екологічного моніторингу. Така система моніторингу повинна не тільки зафіксувати реальний об'єм завданої шкоди природі України, а й сприяти прийняттю більш ефективних управлінських рішень і виконанню практичних дій, щоб уникнути подальшого погіршення екологічної ситуації та відновити функціонування екосистем.

11.1 Екологічні наслідки воєнних дій

З 24 лютого 2022 року перед нашою державою постали нові виклики. Воєнні дії, які тривають від початку вторгнення РФ в Україну, призводять не тільки до погіршення економічного стану країни та соціальних умов життя населення, але й загрожують довкіллю України. Російське вторгнення спричинило екологічну катастрофу величезного масштабу, над подоланням наслідків якої доведеться працювати впродовж багатьох років після перемоги.

Так, за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, мінімальний розмір збитків, нанесений довкіллю за 8 місяців війни, становить 441 млрд. грн.

Однією з мішеней агресора у цій війні стала агропродовольча система країни, і, зокрема, агроecosystem. Серед наслідків воєнних дій, які найбільше впливають на екологічний стан агроecosystem, слід виділити хімічне забруднення ґрунтів та вод, руйнування ландшафтів та знищення родючих ґрунтів, зменшення біорізноманіття.

Зокрема, масштабні пожежі на промислових об'єктах можуть призвести до отруєння населення через потрапляння у повітря особливо небезпечних речовин, а забруднюючі речовини можуть переноситися вітрами на великі відстані. З початку повномасштабного вторгнення у лютому через російські атаки сталися сотні потенційно небезпечних для довкілля інцидентів на понад 200 промислових підприємствах України. Про це йдеться у детальному огляді, опублікованому міжнародними громадськими організаціями Conflict and Environment Observatory та Zoë Environment Network³⁵ (рис. 11.1).

Рух важкої техніки, будівництво фортифікаційних споруд та бойові дії безпосередньо ушкоджують ґрунтовий покрив, що призводить до посилення

³⁵ Ukraine conflict environmental briefing/ Conflict and Environment Observatory and Zoë Environment Network, Oct, 2022. URL: <https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-industry/>

деградаційних процесів, пошкодження або знищення рослинного покриву, тощо.



Рис.11.1. Забруднення, безпосередньо спричинене бойовими діями (Conflict and Environment Observatory та Zoë Environment Network)

Внаслідок цілеспрямованих ударів по інфраструктурі країни пошкоджуються системи забору, очищення та постачання води для населення, а також каналізаційних очисних споруд.

Забруднення ґрунтів відбувається різноманітними забруднюючими речовинами, однією з яких є паливно-мастильні матеріали та нафтопродукти, це відбувається через рух та пошкодження військової техніки. У ґрунтах, які забруднені паливно-мастильними матеріалами, погіршуються фізико-хімічні властивості, а саме: погіршується водопроникність, механічний склад, повітряний режим, біохімічні та мікробіологічні параметри. Це негативно впливає на кругообіг поживних речовин у ґрунтовій системі, та негативно впливає на ріст і розвиток рослин через порушення кореневого живлення.

Знищення військової техніки та вибухи боєприпасів, ракет та авіабомб привносять у ґрунт велику кількість забруднюючих речовин у ґрунт, підземні та ґрунтові води. Це також призводить до окислення ґрунтів, при цьому утворюється велика кількість хімічних сполук, які мають токсичний вплив на живі організми (чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO_2), водяна пара (H_2O), бурий газ (NO), закис азоту (N_2O), діоксид азоту (NO_2), формальдегід (CH_2O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N_2)).

Довкілля забруднюється металевими уламками від вибухів, що є безпечними та включаються у валові кількості забруднюючих речовин, зокрема, чавун із домішками сталі містить у своєму складі сірку та мідь. Хімічні речовини від воєнних дій, які потрапили до ґрунту можуть мігрувати у ґрунтові води, системі ґрунт-рослина та включатись до біологічного кругообігу (по трофічних ланцюгах) та здійснювати негативний вплив на населення та біорізноманіття.

Мінування значних територій викликає виключення земель із складу сільськогосподарських угідь і лісових масивів, зниження рекреаційної значущості ландшафтів, руйнування ґрунтового покриву, загибель рослин і тварин. Створення систем оборонних споруд призводить до зміни структури ґрунту, підвищення ерозії, порушення шляхів міграції деяких видів тварин. Дії артилерії та авіації спричиняють значні видозміни ландшафтів, включаючи їх літогенну основу та рослинність³⁶.

Саме тому одним з першочергових кроків з відновлення та поліпшення стану екосистем, у тому числі, агроекосистем, є обґрунтування системи екологічного моніторингу, яка б дозволила не тільки зафіксувати реальний об'єм завданої шкоди, а й обрати найефективніші заходи для зупинки негативного впливу на довкілля та відновлення порушених природних та природно-техногенних екосистем до безпечного стану.

11.2. Державна політика в сфері забезпечення сталого управління природними ресурсами

Важливим напрямом державної політики в сфері забезпечення сталого управління природними ресурсами, відновлення екологічного стану територій, що прямо або опосередковано постраждали від наслідків воєнних дій, є відновлення моніторингу стану навколишнього природного середовища, адже через бойові дії частина станцій моніторингу стану водних ресурсів, ґрунтів та повітря була знищена або розкрадена окупантами³⁷.

Державна система моніторингу довкілля в Україні організована відповідно до Положення, затвердженого Постановою КМУ № 391 від 30 березня 1998 року і забезпечує спостереження за всіма компонентами навколишнього природного середовища.

Проектом Плану відновлення України³⁸ передбачено до кінця 2022 року розробити та затвердити ряд методик визначення шкоди довкіллю внаслідок російської агресії.

³⁶ . Н. Макаренко, В.Строкаль, Є.Бережняк, В. Бондарь, С.Павлюк Л.Вагалюк, О.Наумовська, М.Ладика, А.Ковпак Вплив російської воєнної агресії на природні ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання // Наукові доповіді НУБіП України. – № 4(98) (2022). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/16137>

³⁷ Одним із важливих питань сьогодні в Україні залишається відновлення моніторингу стану навколишнього природного середовища URL: <https://mepr.gov.ua/news/40115.html>

³⁸ Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Екологічна безпека», Липень 2022. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/environmental-safety-assembly.pdf>

³⁹ Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Постанова КМУ від 20 березня 2022 р. № 326 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 22 липня 2022 р. № 951) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>

Порядок визначення шкоди та збитків завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації був затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326³⁹.

Зокрема, шкода, завдана земельним ресурсам, визначена як напрям, що включає шкоду від пошкодження і знищення родючого шару ґрунту та шкоду, зумовлену забрудненням і засміченням земельних ресурсів. До оціночних показників включено:

- витрати на рекультивацію земель, які були порушені внаслідок бойових дій, будівництво, облаштування та утримання інженерно-технічних і фортифікаційних споруд, огорож, прикордонних знаків, прикордонних просік, комунікацій для облаштування державного кордону;

- збитки, завдані власникам (землекористувачам) земельних ділянок сільськогосподарського призначення;

- витрати на відновлення меліоративних систем;

- шкода, завдана ґрунтам та земельним ділянкам внаслідок забруднення ґрунтів речовинами, які негативно впливають на їх родючість та інші корисні властивості;

- шкода, завдана ґрунтам та земельним ділянкам внаслідок засмічення земельних ділянок сторонніми предметами, матеріалами, відходами та/або іншими речовинами.

Згідно з Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 18 травня 2022 року № 29⁴⁰ затверджена методика, що визначає процедуру визначення шкоди та збитків, завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації, що включає втрати земельного фонду, а також пов'язану з ними упущену вигоду. Інформаційною базою для визначення шкоди та збитків завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації є акти обстеження земельних ділянок, акти комісій із визначення збитків власників землі та землекористувачів, звіти про експертну грошову оцінку земельних ділянок, первинні документи, облікові реєстри, бухгалтерська та інша звітність, що ґрунтується на даних бухгалтерського обліку підприємств, установ та організацій, проектно-кошторисна документація, відомості Державного земельного кадастру, документація із землеустрою, дані дистанційного зондування Землі та інші документально підтвержені відомості. Збитки, завдані водним ресурсам, – напрям, що включає забруднення, засмічення, вичерпання та інші дії щодо водних ресурсів, які можуть погіршити умови водопостачання, завдати шкоди здоров'ю людей, спричинити зменшення рибних запасів та інших об'єктів водного промислу, погіршення умов існування диких тварин, зниження

⁴⁰ Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 18 травня 2022 року № 29 URL: <https://minagro.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennya-metodiki-viznachennya-shkodi-ta-zbitkiv-zavdanih-zemelnomu-fondu-ukrayini-vnaslidok-zbrojnoyi-agresiyi-rosijskoyi-federaciyi>

родючості ґрунтів та інші несприятливі явища внаслідок зміни фізичних і хімічних властивостей вод, зниження їх здатності до природного очищення, порушення гідрологічного і гідрогеологічного режиму вод.

До основних показників, які оцінюються, віднесено:

- збитки, заподіяні внаслідок забруднення та засмічення вод;
- збитки, заподіяні внаслідок самовільного, зокрема незаконного, користування водними ресурсами;
- збитки, заподіяні докільню в межах акваторії морів, виключної у межах морської економічної зони та внутрішніх морських вод України в Азовському та Чорному морях.

Наказом Міндовкілля⁴¹ розроблено та затверджено Методику, відповідно до якої здійснюється визначення шкоди та збитків для водних ресурсів. Визначення розміру збитків, які були заподіяні внаслідок збройної агресії Російської Федерації проти України, зокрема, забруднення та/або засмічення водного та ґрунтового середовища, користування природними ресурсами, відбувається шляхом документування злочинів, на підставі матеріалів огляду місця події, інструментально-лабораторних вимірювань, даних візуальних спостережень, аерофотозйомки, дистанційного зондування Землі, тощо. Необхідне проведення державного моніторингу стану НПС у районах безпосереднього впливу воєнних дій, проведення первинного обліку негативного впливу на об'єкти НПС. Проведення розрахунків та моделювання щодо визначення майбутніх наслідків теперішнього впливу війни на НПС різнорічними методами, а саме методом експертних оцінок, дослідження еколого-гідрологічних параметрів середовища, дозвільних документів, проектною документації, паспортів, технологічних регламентів, індивідуальних норм водоспоживання та водовідведення, звітів за відповідними державними формами (формою № 2ТП-водгосп (річна), звітності за формою № 7-гр (підземні води) (річна), податкової декларації екологічного податку, податкової декларації з рентної плати за спеціальне використання води, тощо).

Шкода, завдана атмосферному повітрю, Порядком¹⁷ визначена як напрям, що включає шкоду, завдану викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Основним показником, який оцінюється, є обсяг неорганізованих викидів.

Відповідну Методику⁴² було розроблено та затверджено Міндовкілля та погоджено з Державною екологічною інспекцією України. Факти викиду забруднюючих речовин або їх суміші в атмосферне повітря, а також їх масштаби встановлюються уповноваженими органами чи особами, які здійснюють контроль у якості навколишнього природного середовища. Це відбувається шляхом огляду місця події, із застосуванням дистанційного

⁴¹ Про затвердження Методики визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 21 липня 2022 року № 252 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text>

⁴² Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13 квітня 2022 року № 175 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text>

зондування землі, лабораторних досліджень, опрацювань висновків проведених на цій території експертиз, тощо.

Втрати лісового фонду - напрям, що включає втрати і пошкодження лісів і лісових ділянок, та пов'язані із ними витрати.

Основні показники, які оцінюються:

- втрати лісового виробництва, які викликані обмеженням прав землекористувачів на ділянках ведення активних бойових дій;

- втрати лісокористувачів, які спричинені тимчасовим зайняттям земельних ділянок, воєнними обмеженнями щодо їх використання, тощо.

Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації⁴³ полягає у визначенні наступних параметрів:

- 1) відомості про господарство його розміри та місце розташування із Державного лісового кадастру;
- 2) матеріали господарства та його внутрішня документація, дистанційне зондування землі, тощо;
- 3) опрацювань висновків експертиз, довідок, пред'явлених документів, матеріалів, щодо діяльності господарства усіма зацікавленими фізичними та юридичними особами;
- 4) звітні документи виробничої та фінансової діяльності підприємств лісового господарства;
- 5) відомості щодо структури насаджень та його територіального розміщення;
- 6) реалізаційні ціни на деревину лісових порід лісового господарства;
- 7) дані отримані про стан звірів мисливського фонду господарства.

Збитки, завдані природно-заповідному фонду, вищезазначеним Порядком визначені як напрям, що включає збитки, завдані територіям та об'єктам природно-заповідного фонду, та пов'язані із ними витрати. Основним показником, який оцінюється, є збитки, завдані природним територіям та об'єктам внаслідок їх пошкодження чи знищення.

Відповідна Методика⁴⁴ передбачає, що факти заподіяння шкоди та збитків ПЗФ та їх масштаби встановлюються комісіями, створеними місцевими державними адміністраціями (на період воєнного стану - військовими адміністраціями) шляхом огляду територій ПЗФ, даних дистанційного зондування землі, опрацювань висновків експертиз, експертів, пояснень, довідок, документів, матеріалів, відомостей, отриманих, з офіційних джерел інформації, повідомлень фізичних та юридичних осіб.

⁴³ Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації від 5 Жовтня 2022 року № 414 URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3820.html>

⁴⁴ Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації від 13 Жовтня 2022 року № 424 URL: <https://mepr.gov.ua/documents/3829.html>

ГЛОСАРІЙ

Абсорбція (лат. *absorbeo* – поглинаю) – поглинання речовини або енергії всією масою (об'ємом) тіла іншої речовини: газу – рідкою або твердою речовиною, будь-якої забруднювальної речовини – ними ж; поглинання звуку тілами; послаблення світла при проходженні через речовину тощо.

Абсорбент – рідина або тіло, яке поглинає газ, розчинену речовину або енергію всім своїм об'ємом або масою.

Абразія(лат. *abrasio* – зіскоблювання) – це природний процес руйнування хвилями берегів водних об'єктів (океанів, морів, озер річок і водосховищ).

Адаптація (лат. *adaptatio* – пристосування) – в біології та екології – сукупність морфологічних, популяційних та ін. особливостей біологічного виду, що забезпечує можливість специфічного способу життя особин в певних умовах зовнішнього середовища; процес формування пристосувань у організмів, що забезпечують їх існування в умовах змін того чи іншого середовища.

Адсорбція – поглинання речовини з довкілля поверхнею іншої речовини або тіла під впливом молекулярних сил. Розрізняють фізичну адсорбцію, коли молекули поглиненої речовини (адсорбата) зберігають свою ідентичність, і хемосорбцію, коли поглинання речовини іншою речовиною або тілом (сорбентами) супроводжується утворенням на поверхні поділу нової фази або компонента.

Аерація – природне або штучне надходження повітря в якесь середовище (воду, ґрунт тощо); може проводитися за допомогою технічних засобів або шляхом ліквідації перепони (льоду, мастильної плівки тощо), яка перешкоджає природному доступу повітря.

Акумуляція (лат. *accumulatio* – накопичення) – процес накопичення снігу або льоду в сніговому покриві чи льодовику; процес накопичення у пониженнях місцевості, природних чи штучних водоймах, відстійниках інженерних споруд мінеральних та органічних речовин (води, солі, біомаси гідробіонтів, продуктів їх життєдіяльності та розпаду, продуктів ерозії і абразії тощо) в результаті геологічних, фізичних, хімічних, біологічних процесів і господарської діяльності людини.

Альbedo (лат. *albus* – білий) – відношення кількості радіації, яка відбивається від будь-якої поверхні, до кількості радіації, яка падає на цю поверхню; величина, що характеризує здатність межі розділу двох середовищ відбивати або розсіювати падаючі на неї потоки електромагнітного випромінювання чи часток.

Альbedo Землі – відношення сонячної радіації, відбитої Землею, до всієї енергії Сонця, яка надходить до земної поверхні ($A_3 \approx 0,36$).

Аналіз (грец. *analysis* – розкладання) – синонім наукового дослідження взагалі; метод дослідження, при якому об'єкт дослідження розглядається як

система; дослідження складу, структури і фізико-хімічних властивостей речовини; дослідження параметрів процесів.

Аналіз кількісний – аналіз речовин, метою якого є виявлення у пробі кількості тих чи інших хімічних елементів, іонів, структур та ін.

Аналіз якісний – аналіз речовини, метою якого є визначення наявності у пробі тих чи інших хімічних елементів, структур шляхом ідентифікації атомів, іонів, молекул, радикалів та ін.

Аналізатор – прилад для визначення фізико-хімічних властивостей, вмісту і структури твердих, рідких та газоподібних речовин.

Анемометр (грец. anemos – вітер і metron – міра) – прилад для визначення швидкості чи сили вітру, газових і рідинних потоків за тиском на рухому частину приладу (анемометричну вертушку) або манометричним способом (за різницею динамічного й статичного тиску вітрового потоку).

Антициклон (грец. anti і syklon – той, що обертається) – область відносно високого тиску, яка оточена зближеними ізобарами.

Антропічнез (грец. antropos – людина і genesis – походження) – зміна природних ландшафтів під впливом діяльності людини (антропічних факторів), що супроводжується появою на їх місці антропічних ландшафтів.

Антропічні фактори – форми господарської діяльності людини, які негативно впливають на живі організми, природні екосистеми або на довкілля вцілому.

Ареал (лат. area – площа, простір) – територія або акваторія, в межах якої поширений вид або інша таксономічна група рослин чи тварин.

Аридність (лат. aridus – сухий) – термін, що характеризує територію або кліматичні умови з дефіцитом опадів для вирощування сільськогосподарських культур без зрошення.

Асиміляційна ємність (лат. assimilatio – уподібнення) – максимальна динамічна місткість такої кількості забруднювальної речовини, яка може бути за одиницю часу зруйнована, накопичена, трансформована та виведена за рахунок процесів седиментації, дифузії або інших за межі екосистеми без порушення нормального функціонування.

Асиміляція (лат. assimilatio – уподібнення) – процес вбирання і засвоєння організмом речовин із довкілля та утворення з них більш складних органічних речовин.

Атмосфера (грец. atmos – пара і sphaeria – куля) – газова оболонка Землі; позасистемна одиниця тиску; шар повітря в ґрунті і над його поверхнею, в межах якого спостерігається взаємний вплив компонентів біогеоценозу, зокрема повітря (як компонента біогеоценозу).

База даних електронна – сукупність систематизованих та упорядкованих даних, збережених в пам'яті комп'ютера, які виступають як вихідні для вирішення проблемних задач засобами комп'ютерних програм. Існують реляційні, ієрархічні, об'єктно-орієнтовані та інші види баз даних.

Бактерії – мікроскопічні найпростіші одноклітинні організми, безхлорофільні, належать до “без'ядерних” форм – прокаріотів. Вважається, що **Б.** – перші живі організми на Землі.

Баланс водний – співвідношення між кількістю води, яка надходить, і тією, що витрачається, на будь-якому етапі кругообігу води на планеті; кількісна характеристика всіх форм надходження і витрат води в межах країни чи окремих її ділянок.

Баланс зволоження – різниця між опадами і випаровуванням за визначений період у певній місцевості (в міліметрах водяного стовпчика).

Барометр (грец. baros – тягар і tetrop – міра) – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Басейн водозбірний (водозбірна площа) – територія, обмежена вододілом, з якої в певну річку або водойму стікають поверхневі й підземні води.

Батометр (грец. bathos – глибина і metron – міра) – пристрій для взяття проб води з водного об'єкту для визначення фізико-хімічних параметрів та стану гідробіонтів.

Безпека екологічна: 1) така сукупність дій, станів і процесів, що не веде до життєво важливих збитків (або загроз таких збитків), які завдаються природному середовищу, окремим людям і людству; 2) комплекс станів, явищ і дій, який забезпечує екологічний баланс на Землі і в будь-яких її регіонах, на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технологічно і політично готово (може без серйозних збитків адаптуватися) людство. Безпека екологічна може бути розглянута в глобальних, регіональних, локальних і умовно-обмежених рамках, у тому числі в межах держав і їхніх будь-яких підрозділів.

Бекерель – одиниця активності радіоактивних ізотопів в системі СІ, названа в честь Антуана Анрі Беккереля. 1 Бк дорівнює одному розпаду на секунду.

Бентос (грец. benthos – глибина) – сукупність організмів, середовищем існування яких є донні відкладення водних об'єктів.

Бер – біологічний еквівалент рада. Позасистемна одиниця виміру дози будь-якого виду іонізуючого випромінювання, його біологічна дія така ж, як і дія поглинутої дози рентгенівського або гамма-випромінювання в 1 рад (1 бер = 0,01 Зіверта).

Бета-випромінювання – електронне або позитронне іонізуюче випромінювання, що виникає при перетворенні атомів.

Біоіндикатори (грец. bios – життя і лат. indico – показую) – група особин одного виду, що показують наявність, кількість або інтенсивність антропогенних змін НПС. Наприклад, зміна кольору квітів з рожевого на синій свідчить на великий вміст міді у ґрунті.

Біоіндикація – визначення стану компонентів довкілля за станом і поведінкою живих організмів (рослин, тварин та ін.).

Біомаса (лат. massa – шматок) – виражена в одиницях маси або енергії кількість речовини живих організмів (популяцій, видів, окремих живих компонентів екосистем), що припадає на одиницю площі або об'єму.

Біомоніторинг (лат. topitor – той, що спостерігає, контролює) – біотичний моніторинг, моніторинг за станом біотичної складової середовища та її реакцією на антропогенні впливи.

Біосфера (грец. spharìa – куля) – оболонка Землі (геосфери), сформована із заселених живими організмами частин земної кори, гідросфери та нижнього шару атмосфери.

Біосферний заповідник – територія природно-заповідного об'єкту міжнародного значення, яка створена для збереження різноманітності природно-територіальних комплексів, генетичних біоресурсів, проведення наукових досліджень, фонового моніторингу та вивчення стану довкілля.

Біота – історично сформована сукупність рослин, тварин і мікроорганізмів, об'єднаних загальною областю поширення. На відміну від біоценозу може не мати екологічних зв'язків між видами.

Біотестування – метод оцінювання рівня забруднення довкілля за допомогою тест-організмів (біотестів).

Біохімічне споживання кисню (БСК) – показник інтенсивності аеробної деструкції (розкладання) органічних речовин мікроорганізмами протягом певного часу (1 доби, 5 діб, 10 діб, відповідно позначають **БСК1**, **БСК5**, **БСК10**, **БСКповне**). Одиниця вимірювання – мг O_2 /л. Якщо співвідношення **БСК5** і біхроматної окислюваності води дорівнює 0,02 – 0,03, то у водоймі превалює гумус ґрунтів; 0,3 – 0,5 – органічна речовина, що утворюється в процесі самоочищення та з залишків померлих організмів; 0,8 – 1,2 – органічна речовина фітопланктону; понад 1,2 – органічна речовина побутових та промислових забруднень, яка біохімічно нестійка.

Біоценоз – сукупність популяцій, пристосованих до спільного існування на даній території (напр., біоценоз поля, озера тощо).

Вегетація (лат. vegetatio – проростання) – стан активної життєдіяльності рослин, який проявляється у їхньому живленні, рості й розвитку.

Вертикаль (лат. verticalis – прямовисний) гідрологічна – прямовисна лінія від поверхні до дна водойми, на якій проводяться гідрологічні спостереження.

Вертикаль створу – умовна вертикальна лінія від поверхні води до дна водного об'єкту, на якій проводиться моніторингові спостереження за якістю води.

Викид (в атмосферу) – речовини, що надходять в атмосферу із джерел забруднення.

Викид гранично допустимий – об'єм (кількість) забруднювальної речовини за одиницю часу, перевищення якого призводить до погіршення якості довкілля або загрожує здоров'ю людини.

Використання ядерної енергії – це сукупність видів діяльності, пов'язаних з використанням ядерних технологій, ядерних матеріалів, джерел іонізуючого випромінювання в науці, виробництві, медицині та інших галузях, а також з видобуванням уранових руд та поводженням з радіоактивними відходами.

Випромінювання – поширення енергії у просторі або речовині.

Випромінювання електромагнітне – електромагнітні коливання хвиль, що поширюються зі швидкістю світла. У відповідності до зростання енергії коливань визначають радіохвилі, інфрачервоне світло, видиме світло,

рентгенівське та гамма-випромінювання. Рентгенівське та гамма-випромінювання мають іонізуючу дію. Електромагнітне випромінювання шкідливе для здоров'я людини, призводить до негативних соматичних ефектів.

Випромінювання іонізуюче – випромінювання, що призводить до іонізації середовища. До нього відносять випромінювання рентгенівське, корпускулярне та гамма-випромінювання.

Випромінювання космічне – потік стабільних частинок високих енергій (від 1 до 10^{12} GeV) зі Всесвіту. Розрізняють космічне випромінювання первинне (високоенергетичне, обумовлене спалахами на Сонці; галактичне випромінювання) та вторинне (результат взаємодії первинного з атмосферою).

Випромінювання рентгенівське – короткохвильове випромінювання електромагнітне, довжина хвиль якого становить приблизно від 10^{-10} м. Рентгенівське випромінювання виникає від різкого гальмування руху електронів у речовині.

Виснаження водних ресурсів – кількісне зменшення ресурсів поверхневих або підземних вод, а також їхнє якісне погіршення в розмірах, що обумовлюють порушення екологічного стану водних об'єктів і доцільних умов водокористування.

Витрата води – об'єм води, що протікає через живий переріз потоку за одиницю часу.

Води зворотна – води, яка повертається до водного об'єкту (річок, озер, тощо) через технічні споруди у вигляді стічних, скидних або дренажних очищених вод.

Води скидні – води, що утворюються на зрошуваних сільськогосподарських угіддях, присадибних ділянках, на назад подаються у водні об'єкти.

Води стічна – води, що утворюється рід час господарсько-побутової і виробничої діяльності, колекторно-дренажних вод із забудованої території, та повертаються у водні об'єкти.

Води ґрунтові – підземні води першого від поверхні землі постійного водоносного горизонту.

Водна екосистема – екологічна система водного об'єкта, в якій нерозривно поєднуються неживе середовище та біота (складний комплекс угруповань і популяцій рослин, тварин, мікроорганізмів).

Водні ресурси – води, придатні для використання (практично всі води Землі: річкові, озерні, морські, підземні, водяні пари атмосфери та ін.).

Вододіл – лінія водного об'єкту, яка розмежовує стік атмосферних опадів по схилах.

Водозабезпеченість – ступінь відповідності фактичного забезпечення водоспоживача потреби у воді.

Водозбір – частина території суші, з якої водний об'єкт бере своє безпосереднє водне живлення (вода поверхневим чи підземним шляхом стікає в певний водний об'єкт).

Водойма – природне або штучне місце збору води на території (озеро, річка, водосховище).

Водотік – рух води у напрямку нахилу земної поверхні, як правило це водойма.

Вологість ґрунту – вміст вологи у ґрунті.

Вплив антропогенний – вплив людства на природні екосистеми, процеси, явища тощо.

Газоаналізатор – прилад для визначення якісного та кількісного складу газової суміші.

Газо-аерозольний викид – викид атмосфери з систем вентиляції підприємства у вигляді газоповітряної суміші та аерозолів, тощо.

Гамма-випромінювання – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі менше 0,1 нм.

Геоекологія – розділ екології, що досліджує геосистеми різних ієрархічних рівнів.

Географічна інформаційна система (геоінформаційна система ГІС) – це програмне забезпечення, яке містить сукупність електронних карт з точками, що позначають територію, умовними позначеннями, базою даних про ці об'єкти.

Геоінформаційна технологія (ГІС-технологія) — це основа створення геоінформаційних систем, які дозволяють практично застосувати можливості ГІС систем.

Геологічне середовище (грец. geo – Земля, logos – вчення, наука) – це верхня частина літосфери, яка перебуває під впливом діяльності людини. Природними компонентами геологічного середовища є гірські породи, а додатковими супровідними компонентами є ґрунт, донні відкладення, підземні води, тощо.

Геосистема (географічна система) – особливого роду матеріальна система, що складається із взаємопов'язаних у своєму розміщенні природних компонентів. Геосистема включає такі компоненти: поверхневі і підземні води, гірські породи, ґрунти, рослинний і тваринний світ та антропогенні чинники.

Гігрометр (грец. metron – міра) – прилад для вимірювання вологості речовин у газоподібному стані.

Гідробіологічні (грец. bios – життя) показники – кількісні та якісні характеристики гідробіонтів для оцінювання еколого-санітарного стану водних екосистем.

Гідробіонти – всі живі організми, які існують у воді та донних відкладеннях водойм і водотоків.

Горизонт створу – умовна лінія, перпендикулярна вертикалі створу (в глибину), де виконують відбір проб води для отримання інформації про її якість.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – санітарно-гігієнічний норматив кількості шкідливої речовини в середовищі, яка практично не впливає на організм людини та не викликає несприятливих наслідків у нащадків.

Гранично допустима концентрація максимальна разова (ГДК_{мр}) – санітарно-гігієнічний норматив кількості шкідливої речовини в середовищі, яка встановлюється для попередження негативних реакцій у людини при короткотривалому впливі атмосферних домішок.

Гранично допустима концентрація середньодобова (ГДК_{сд}) – характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження токсичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини протягом доби.

Гранично допустиме надходження (ГДН) – кількість забруднюючої речовини, що надходить до середовища в одиницю часу в кількості, яка утворює концентрації, не перевищують встановлені ГДК.

Гранично допустимий викид (ГДВ) – кількість забруднюючої речовини в одиницю часу, перевищення якої призводить до несприятливих наслідків в природному середовищі або є небезпечним для здоров'я людини (тобто веде до перевищення ГДК).

Гранично допустимий скид (ГДС) – маса речовини в стічних водах, яка максимально допустима до відведення на даній ділянці водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення ліміту витрачання стічних вод і концентрації домішок, що в них містяться.

Грунтова ерозія (лат. erosio – роз'їдання) – руйнування і підстеляючих материнських порід під дією вітру, атмосферних опадів або спричинених ними схилових стоків, деградації ґрунтів, забруднення водних об'єктів і атмосферного повітря.

Дампінг – захоронення відходів на дні морів або океанів.

Деградовані ґрунти – ґрунти, що втратили свою родючість чи відчутно погіршили окремі властивості під впливом несприятливих природних або антропогенних чинників.

Державний моніторинг довкілля (навколишнього середовища) – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього середовища, прогнозування його можливих змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень про дотримання вимог екологічної безпеки.

Достовірність прогнозування – оцінка ймовірності досягнення прогнозованих результатів для певного часового інтервалу.

Евтрофікація (грец. eu – добре і trophe – живлення) – активний розвиток синьо-зелених водоростей у результаті забруднення поверхневих вод органічними речовинами (як правило, залишками добрив) внаслідок потрапляння сільськогосподарських чи комунальних стоків у поверхневі водні об'єкти, яке призводить до зниження вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах води.

Екологічне обмеження – умови екологічної стійкості природного об'єкта, зміна яких в результаті економічної діяльності призводить до порушення функціональних характеристик об'єкта і незворотних екологічних наслідків.

Екологічні дослідження – дослідження, що проводяться для вивчення біологічних, геологічних, біогеохімічних та інших умов і динаміки їх змін, що виникають у результаті техногенного впливу, а також прогнозування з урахуванням можливості збільшення антропогенного тиску на природне середовище.

Забруднення довкілля – надходження в об'єкти довкілля або утворення в них різноманітних механічних, хімічних, біологічних агентів, що призводить до того, що ці об'єкти стають реальною загрозою для життя людини чи інших живих організмів, або стають частково чи цілком непридатними для їхнього використання за цільовим призначенням. Забруднення довкілля може бути природним і антропогенним, пов'язаним із діяльністю людини.

Забруднювач – джерело забруднення природного середовища, що вносить забруднювальні речовини фізичної, хімічної або біологічної природи.

Забруднювальна речовина – будь-який природний чи антропогенний фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид, що потрапив у навколишнє середовище або виник у ньому в кількостях, які перевищують його звичайний вміст. Особливе місце займають хімічні елементи та речовини, що входять у природні утворення, але переміщуються людиною з одних геосфер в інші або ж штучно концентруються нею.

Заплава – частина басейну річки, що періодично затоплюється водою при повені або дощових паводках, після яких залишається алювій (пісок, пилуваті органічні й мінеральні частки тощо).

Заповідник (заповідна територія) – ділянка території (землі або водного простору), в межах якої на законних підставах весь природний комплекс повністю і назавжди вилучено із господарського використання, яка зберігається в незайманому стані і знаходиться під охороною держави.

Заповідник біосферний – територія, що знаходиться під охороною держави, на якій захист природних комплексів поєднується з науковими дослідженнями, моніторингом довкілля і освітою в галузі охорони навколишнього природного середовища. На території України 4 біосферних заповідники – Асканія-Нова, Чорноморський, Карпатський і Дунайський.

Засолення ґрунтів – процес накопичення розчинних солей (переважно хлористих та сірчаноокислих сполук натрію і магнію) у ґрунті, який спричиняє формування солончакуватих (глибинне засолення) і солончакових (поверхнєве засолення) ґрунтів.

Зона водоохоронна – природоохоронна територія вздовж річок, водосховищ та інших водойм, на якій обмежується і регулюється господарська діяльність.

Зона впливу забруднення – частина території, в яку надходять забруднювальні речовини із зони забруднення (або безпосередньо зі скиду чи викиду), але внаслідок невисокої концентрації або короткотривалого їх впливу в ній зберігається природний перебіг біологічних та біохімічних процесів.

Зона забруднення – територія, на якій при надходженні забруднювальних речовин порушуються природні біологічні і біохімічні процеси, а концентрація забруднювальних речовин перевищує прийняті норми за санітарними, рибогосподарськими чи іншими показниками.

Зообентос (грец. zoon – тварина і benthos – глибина) – сукупність донних тварин, які оселились на дні або у донних відкладах морських або прісних водойм.

Зоопланктон (грец. zoon – тварина і plankton – блукаюче) – сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями.

Жива речовина (за В. І. Вернадським) – сукупність живих організмів Землі, виражена кількісно в елементарному хімічному складі, масі чи енергії..

Ізотерми (грец. isos – однаковий, рівний і therme – тепло) – лінії, що з'єднують на карті місцевості з однаковими температурами повітря, води або ґрунту.

Індикатор (лат. indicator – показчик) – показник або пристрій, що відображає зміни будь-яких параметрів контрольованого процесу або об'єкта у формі, яка найбільш зручна для безпосереднього сприйняття людиною. Використовують візуальні, акустичні, тактильні та інші І.

Індикатор забруднення – індикатор, що сигналізує про наявність, накопичення або зміну кількісного чи якісного складу забруднювальних речовин у навколишньому природному середовищі.

Індикаторні рослини (тварини) – див. **Біоіндикатори**.

Каламутність води – маса завислих речовин в одиниці об'єму води водного об'єкта, в мг/л або мг/м³.

Канцерогени (лат. cancer – рак і лат. genus – рід, походження) – речовини або фізичні агенти, здатні викликати утворення злоякісних пухлин або сприяти їх розвитку.

Карта забруднення ґрунту – топографічне зменшене зображення узагальненого математично визначеного розподілення забруднених ґрунтів на певній території.

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

Ключова ділянка – ділянка (площа 1-10 га), яка характеризує типові поєднання ґрунтових умов і умов рельєфу, рослинності та інших компонентів фізико-географічного середовища.

Колориметр – прилад для вимірювання кольору.

Контроль – перевірка відповідності контролюваного об'єкта встановленим вимогам.

Критичне навантаження на навколишнє середовище – рівень навантаження, перевищення якого обумовлює руйнування або порушення структури, зв'язків, функцій і процесів саморегулювання, що призводить до необоротних наслідків і відповідних змін усієї екосистеми.

Кумуляція – збільшення, збирання, накопичення діючих елементів у навколишньому середовищі.

Ландшафт (географічний) – територіально обмежена система взаємозалежних і взаємообумовлених географічних компонентів, що розвиваються як єдине ціле. Географічні компоненти – це маси верхньої частини земної кори (умовно до глибини залягання першого від поверхні землі водотривкого горизонту), підземні і поверхневі води, атмосферне повітря, ґрунт, рельєф, клімат, біота – співтовариство рослин, тварин, мікроорганізмів. Синонімом терміна "ландшафт" є природний територіальний комплекс.

Ландшафт антропічний – створений або перетворений господарською діяльністю людини природний ландшафт. Розвивається при значній ролі людської діяльності. Якщо для процесів розвитку природного ландшафту характерна властивість саморегуляції, то розвиток антропічного ландшафту відбувається в умовах порушення природної саморегуляції.

Ландшафт природний – ландшафт, що природно саморозвивається і саморегулюється, та в якому відсутній значний вплив людської діяльності.

Ландшафтно-геохімічна зональність – закономірна зміна розподілу й особливостей міграції хімічних елементів і сполук у ґрунтах, зоні аерації і ґрунтових водах у залежності від особливостей природного чи антропічного ландшафту або окремих його характеристик.

Ландшафтно-геохімічна зона – територія з відносно однорідними але специфічними причинними взаємозв'язками, особливостями розподілу та міграції елементів і сполук, з особливостями природного й антропічного ландшафту.

Лімітувальна ознака шкідливості (ЛОШ) – ознака шкідливості, яка проявляється при найменшій концентрації речовини.

Лісистість – відношення вкритої лісом площі до загальної площі району, області, краю, виражене у відсотках.

Літосфера – верхня тверда оболонка Землі – в глибину до 70 км.

Льодостав – фаза льодового режиму, що характеризується наявністю льодового покриву.

Межа екосистеми – перехідна смуга, в межах якої змінюється співвідношення екологічних компонентів, факторів середовища та видовий склад біоти.

Метод польовий – метод, що передбачає вивчення природно-техногенних об'єктів у дослідках, здійснюваних безпосередньо в польових умовах.

Методи досліджень дистанційні – система вивчення природно-територіальних комплексів, їхніх компонентів, факторів, що на них впливають, за допомогою чутливих елементів і приладів, які розташовані на відстані від досліджуваного об'єкта. Наприклад, **дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)**.

Міграція (лат. migratio – переселення) – переміщення тварин і рослин у просторі; переселення чи переміщення населення як усередині країни, так і з однієї країни в іншу.

Міграція хімічних елементів – процес перенесення і зміни розташування хімічних елементів у екосистемі. Особливості цього процесу залежать від властивостей елемента, властивостей і умов середовища (температури, тиску, лужно-кислотних і окисно-відновних умов та ін.)

Мікроорганізми (грец. mikros – малий і лат. organismus – організми) – тваринні і рослинні організми, які можна побачити лише під мікроскопом.

Мінералізація – процес перетворення органічних речовин (решток рослин і тварин) у мінеральні, що відбувається за допомогою мікроорганізмів; концентрація солей у водах.

Моніторинг довкілля або екологічний моніторинг – комплексна система моніторингу біосфери, яка охоплює спостереження, оцінювання і прогнозування антропогенних змін стану біосфери та її окремих екосистем всіх рівнів, а також забезпечення наукової підтримки (обґрунтування) управлінських рішень.

Моніторинг довкілля оперативний (кризовий) – спостереження за спеціальними показниками у реальному масштабі часу на мережі пунктів за окремими об'єктами і джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначають зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій з метою оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації і створення безпечних умов для населення.

Моніторинг імпактний – моніторинг за джерелами значного екологічного впливу на локальному рівні.

Моніторинг кліматичний – система спостережень, оцінювання й прогнозування можливих змін клімату на глобальному рівні.

Моніторинг радіоекологічний – система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану територій, як правило, поблизу АЕС або потерпілих від радіаційних аварій.

Моніторинг фоновий – комплексні спостереження для оцінювання і прогнозування змін стану природних екосистем, віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності.

Навантаження антропічне – ступінь прямого і непрямого впливу діяльності людини на природне середовище в цілому або на його окремі компоненти.

Навколишнє середовище (довкілля) – оточуючий людину природний і створений нею матеріальний світ. Навколишнє середовище включає природне і штучне (техногенне) середовище, тобто сукупність елементів середовища, створених працею людини і які не мають аналогів у природі (будинки, споруди тощо).

Навколишнє природне середовище (природне середовище) (НПС) – природна складова частина довкілля.

Ніша екологічна – місце організму чи виду в природі, яке включає не лише положення його в просторі, а й функціональну роль у біоценозі та ставлення до абіотичних факторів середовища існування; фізичний простір з властивими йому екологічними умовами, що визначають існування будь-якого організму.

Норма санітарно-гігієнічна – якісно-кількісний показник стану довкілля, дотримання якого гарантує безпечні або оптимальні умови існування живих організмів.

Об'єм стоку – кількість води, що протікає через розрахунковий створ водотоку за певний період часу.

Оптимізація довкілля – система заходів з приведення довкілля у компромісний стан, який найбільш близький до природного і відповідає потребам життя та діяльності людини згідно з концепцією сталого розвитку.

Опустелювання – виснаження ґрунтових екосистем під впливом діяльності людини, посух та змін клімату.

Охорона вод – заходи, спрямовані на збереження кількості і якості підземних та поверхневих вод в інтересах держави, зокрема роботи зі збереження лісів, водоохоронних зон і прибережних захисних смуг, запобігання ерозії, очищення вод, які скидаються промисловими підприємствами, тощо.

Охорона навколишнього природного середовища – комплексна система заходів, спрямована на збереження, раціональне використання та відтворення природних ресурсів, в тому числі на збереження біологічного різноманіття, земних надр, водних ресурсів, атмосферного повітря.

Оцінювання стану природного середовища – співвіднесення реальної ситуації з ідеальною та тимчасовою нормою згідно зі стандартизованими параметрами.

Оцінювання соціо-еколого-економічне – підхід до оцінювання подій, явищ, ресурсів території і об'єктів, який виходить з визнання однакової важливості екологічної, соціальної та економічної складових. Складається з екологічного оцінювання з урахуванням динаміки впливу, з визначення соціальної значимості подій, явищ, ресурсів і об'єктів та їх економічного оцінювання.

Паводок – швидке, порівняно короткочасне підвищення рівня води у будь-якому фіксованому створі річки, яке завершується таким же швидким спадом.

Параметр – це величина, що характеризує будь-яку властивість процесу або явища, що відбувається у навколишньому середовищі.

Період вегетації – час, необхідний для проходження повного циклу розвитку рослин.

Пестициди – загальна назва хімічних речовин, що використовуються для знищення або зменшення чисельності патогенних бактерій (бактерициди), грибів (фунгіциди), шкідливих комах (інсектициди), хребетних тварин (зооциди), бур'янів (гербіциди).

Площа водозбору діюча – частина площі водозбору, з якої здійснюється стік при даному шарі опадів, що надходять на всю поверхню водозбору.

Показники якості води гідробіологічні – показники якості води, що їх визначають при гідробіологічному аналізі: біомаса живих рослинних і тваринних організмів, чисельність популяцій, колі-індекс, сапрофіти та ін.

Пост гідрологічний – пункт на водному об'єкті, обладнаний приладами і пристроями для проведення систематичних гідрологічних спостережень.

Природні ресурси – конкретні види матерії та енергії (вода, ґрунт, мінерали, рослинність, тварини, газ, нафта, вугілля та ін.), які використовуються людиною.

Прогнозування змін у навколишньому середовищі – передбачення можливих змін у природному середовищі, пов'язаних як із прямим впливом людини на середовище, так і з віддаленими наслідками таких впливів.

Програма екологічних спостережень – встановлена необхідна кількість вимірювань різних показників і послідовність досліджень, для отримання повної і достовірної інформації про якість середовища у певному місці у визначений час.

Продуктивність біологічна – здатність біоценозів підтримувати певну швидкість відтворення своїх складових. Мірою біологічної продуктивності служить продукція (біомаса), утворена за одиницю часу (доба, місяць, рік).

Продуктивність екосистеми – кількість живої речовини, що утворюється в екосистемі протягом року на одиницю площі чи об'єму середовища.

Психрометр – прилад для вимірювання вологості повітря.

Пункт (пост) спостереження – географічно визначене місце, де проводять комплекс робіт для одержання даних про якісні і кількісні характеристики середовища.

Режим ґрунту водний – сукупність явищ, що визначають надходження, переміщення, витрату й використання рослинами ґрунтової вологи.

Режим річок – закономірні зміни (добові, сезонні, багаторічні) рівнів і витрат води, швидкості течії, температури і льодових явищ, хімічного складу води, а також рельєфу русла, характеру берегів тощо.

Рекреація – відновлення здоров'я та працездатності людей шляхом відпочинку поза постійним житлом (санаторій, ліс, річка, море, туризм та ін.).

Рекультивация – штучне відновлення ґрунтового і рослинного покривів після техногенного порушення природи.

Речовина антропогенна – хімічна сполука, введена у сферу Землі завдяки діяльності людини.

Ризик екологічний – можливість несприятливих наслідків для будь-яких існуючих природних об'єктів і факторів в результаті антропогенних впливів.

Рівень радіоактивності – сумарна інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у навколишньому середовищі. Залежить від природного фону радіоактивності й кількості антропогенних радіоактивних речовин.

Річки (ріки) – водні потоки, що течуть у природних руслах і живляться за рахунок поверхневого і підземного стоків з їх басейнів.

Рослина-монітор – рослина, за ознаками ушкодження якої можна отримати інформацію про кількість забруднювальних речовин або їх суміші у довкіллі.

Самоочищення – сукупність фізичних, хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, які зумовлюють розклад і утилізацію забруднювальних речовин, при яких частково або повністю відновлюється природний стан екосистем.

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) – спеціально облаштовані ділянки землі певного розміру навколо підприємств, які створюють з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на довкілля та здоров'я людини.

Сапробіонти – організми, що існують у водах, забруднених органічними речовинами.

Сапробність – рівень забруднення води органічними речовинами; комплекс фізико-хімічних властивостей організму, що зумовлює його здатність існувати у водах, забруднених органічними речовинами.

Седиментація – процес осадження дрібних часточок під дією гравітаційного поля або відцентрових сил.

Середовище – сукупність конкретних абіотичних та біотичних умов, в яких мешкає дана особина або вид. Середовище має три складових – природну, штучну і соціальну. Реакція середовища на зовнішнє втручання характеризуються його стійкістю, ємністю, припустимими межами змін та ін.

Смуга відчуження – територія обабіч залізниць (50 м) та автошляхів (25 м), що використовується транспортом і вилучена з іншого землекористування.

Смуга захисна – лісові й незаліснені площі, виділені для захисту доріг від снігових, піщаних, пилових заносів та для виконання санітарно-гігієнічних і естетичних функцій.

Смуга прибережна захисна – частина водоохоронної зони вздовж річки, моря, водойми, на якій встановлено обмеження господарської діяльності.

Солоність води – вміст розчинних солей у природних водах (прісна вода – до 0,5—1 г/л, слабосолона – від 3 до 10 г/л, солоната і дуже солоната вода – від 10 до 50 г/л, розсіл або ропа – понад 50 г солі на 1 л води)

Сорбція – поглинання твердим тілом або рідиною речовини з довкілля.

Спостереження візуальні – метод визначення стану водного об'єкта шляхом безпосереднього його огляду.

Сталий розвиток (англ. sustainable development) – еколого-економічно і соціально збалансований розвиток людства, який задовольняє сьогоденні потреби людства не за рахунок прийдешніх поколінь.

Створ пункту спостереження – умовний поперечний переріз водного об'єкта, на якому проводиться комплекс робіт із спостережень для отримання інформації про якість води.

Стійкість середовища екологічна – властива екосистемі внутрішня здатність протистояти змінам, зберігати свою структуру і функціональні особливості при дії зовнішніх факторів.

Техносфера – частина біосфери, трансформована під впливом техногенної діяльності людини.

Тип ґрунту – опорна, основна одиниця систематики ґрунтів, яка об'єднує ґрунти одного типу, подібні за будовою генетичного профілю, процесами мінералізації органіки, біохімічними процесами і розміщенням у схожих природних умовах.

Урбанізація – процес збільшення кількості міст і зростання числа міських жителів.

Фактор – це причина або рушійна сила будь-якого процесу, що відбувається у навколишньому середовищі.

Фактори абіотичні – сукупність неорганічних умов існування організму. Поділяються на хімічні (склад атмосфери, вміст в ній різних домішок, склад морських та прісних вод, донних відкладень, ґрунтів тощо) і фізичні (температура, тиск, напрямок вітру, течія, радіаційний фон та ін.).

Фактори атмосферні – структура і склад атмосфери, фізичні та хімічні властивості атмосфери, які спроможні впливати на живі організми.

Фактори біотичні – сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших, а також на неживе середовище існування.

Фактори екологічні – окремі властивості або елементи довкілля, які впливають на організм. Поділяються на абіотичні, біотичні і антропічні.

Фактори едафічні (ґрунтові) – структура і склад ґрунтів, сукупність фізичних і хімічних властивостей ґрунту, що здійснюють екологічний вплив на живі організми.

Фітомеліорація – система заходів, спрямована на поліпшення і відновлення природних умов шляхом регламентованого використання і культивування рослинних угруповань (вирощування меліорантних культур тощо).

Фітоценоз (рослинне угруповання) – сукупність видів рослин на території з однотипними кліматичними, ґрунтовими та іншими умовами і характеризується певним видовим складом, структурою та взаємодією рослин між собою і навколишнім середовищем.

Фоновий вміст встановлюється в межах території з статистично відокремленими вибірковими сукупностями конкретних вимірів вмісту речовини.

Хімічне забруднення ґрунту – проникнення в ґрунт нехарактерних для нього речовин або збільшення концентрацій природних речовин до величин, що перевищують норму.

Хімічне споживання кисню (ХСК) – показник, який означає кількість кисню, що була витрачена на окислення органічної речовини під впливом сильнодіючого окислювача – біхромату калію.

«Цвітіння» води – масовий розвиток фітопланктону, що викликає зміну забарвлення води, значне погіршення умов існування у водоймах, особливо кисневого режиму.

Якість атмосферного повітря – характеристика властивостей атмосферного повітря, яка визначає вміст нехарактерних складових повітря, які

негативно впливають на людей, рослини і тварини, а також на будівлі, конструкції і довкілля загалом.

Якість води – ступінь відповідності біологічних, фізико-хімічних та інших властивостей води потребам людини та технологічним вимогам.

Якість ґрунту – характеристика ґрунту, яка визначає його придатність для вирощування сільськогосподарських культур.

Якість довкілля – відносне поняття, що відображає суб'єктивно-об'єктивний вплив довкілля на людину. Оцінювання якості довкілля здійснюється шляхом порівняльного спостереження вимірюваних станів його компонентів з нормативами (стандартами чистоти вод, повітря, ґрунтів тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

АІВС	Автоматизована інформаційно-вимірювальна система
АІС	Автоматизована інформаційна система
АП	Атмосферне повітря
БД	База (банк) даних
БСК	Біохімічне споживання кисню
ВМ	Важкі метали
ВМО	Всесвітня метеорологічна організація
ГДВ	Гранично допустимий викид
ГДК	Гранично допустима концентрація
ГДН	Гранично допустиме навантаження
ГДС	Гранично допустимий скид
ГІС	Геоінформаційна система
ГС	Геологічне середовище
ГСМoHC	Глобальна система моніторингу навколишнього середовища
ГТС	Геолого-техногенне середовище
ДЕІ	Державна екологічна інспекція
ДЗЗ	Дистанційне зондування Землі
ЕГБД	Еколого-географічна база даних
ЕГД	Еколого-геологічні дослідження
ЕС	Екологічна система, екосистема
ЄАНС	Європейська агенція з навколишнього середо-вища
ЗДССКА	Загальнодержавна служба спостережень і контролю за станом атмосфери
ЗР	Забруднювальні (забруднюючі) речовини
КМУ, КМУ	Кабінет Міністрів України
КНД	Керівні нормативні документи
ЛК	Летальна концентрація
ЛОШ	Лімітувальна ознака шкідливості
МАП	Міністерство аграрної політики України
МГС	Моніторинг геологічного середовища
Мінприроди	Міністерство охорони навколишнього природ-ного середовища України
МНС	Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення
МОЗ	Міністерство охорони здоров'я України
НААНУ	Національна академія аграрних наук України
НАН України	Національна академія наук України
НГО	Неурядова громадська організація
НКАУ	Національне космічне агентство України
НП	Нафтопродукти
НПС	Навколишнє природне середовище

ОБРД	Орієнтовно безпечний максимальний разовий рівень дії забруднення повітря
ОНПС	Охорона навколишнього природного середовища
ПАН	Пероксиацетилнітрат
ПАР	Поверхнево-активні речовини
ПТК	Програмно-технічний комплекс
ПТС	Природно-технічна система
РК	Розчинений кисень
РСМД	Регіональні системи моніторингу довкілля
СанПіН	Санітарні правила і норми
СЗЗ	Санітарно-захисні зони
СНП	Сільські населені пункти
СПАР	Синтетичні поверхнево-активні речовини
ТДК	Тимчасова допустима концентрація
ТЗА	Таблиця забруднення атмосфери
ФАО, FAO	Food and Agriculture Organization, – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН
ХСК	Хімічне споживання кисню
ЕЕА	European Environment Agency – з англ. «Євро-пейська агенція з навколишнього середовища» (ЄАНС)
ЕОС	Environmental Observance System, з англ. – «Система спостережень за станом навколишнього середовища»
ЕРА	Environmental Protection Agency, з англ. – «Агенція з охорони навколишнього природного середовища США»
GPS	Global Positioning System, з англ. – «Система глобального позиціонування»
ICP Forest	International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, з англ. – «Міжнародна програма моніторингу лісів»
ІЕОС	International Earth Observations Satellite Committee, з англ. – «Міжнародний комітет із природно-ресурсних супутників»
МАС	Maximum Admissible Concentration, з англ. – «Максимально допустима концентрація» або «ГДК»
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment, з англ. – Науковий комітет з проблем довкілля
UNEP, ЮНЕП	United Nations Environment Programme, з англ. – «Програма ООН з навколишнього середовища»

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизована система екоінспекційного контролю стану забруднення довкілля України та викидів, скидів і відходів «ЕкоІнспектор»: Методичний посібник / В. Б. Мокін, Б. І. Мокін, Г. Ю. Псарьов, Ю. Л. Зіскінд та ін. — Вінниця : УНІВЕРСУМ- Вінниця, 2007.— 128 с.
2. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. Управління якістю атмосферного повітря: від концепції до впровадження: Звіт за результатами досліджень / у редакції М. Сороки. Прага-Київ: Arnika, 2021. 52 с. ISBN 978-80-87651-99-5. — URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2021/11/cleanair.org.ua-i-ukrajina-fin-web-hires.pdf>
3. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований / Безуглая Э. Ю. — Л. : Гидрометеиздат, 1986. — 200 с.
4. Боголюбов В.М. Мониторинг довкілля: підручник / [В.М.Боголюбов, М.О.Клименко, В.Б. Мокін та ін]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. — Київ: НУБіПУ, 2018. — 430 с. [Електронний ресурс]. — URL: http://dglib.nubip.edu.ua:8080/bitstream/123456789/5823/1/Bogolybov_Monitorung%20dovkslly.pdf.
5. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення — К. : 2006. — 244 с.
6. Геоматика в моніторингу довкілля та оцінці загрозливих ситуацій: монографія / [О. Л. Дорожинський та ін.] ; за ред. проф. Олександра Дорожинського ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2016. - 399 с.
7. Девятко Г.А., Лацис С.А., Подольский В.Я., Закрасняный В.В. Система экологического мониторинга состояния воздуха вдоль автомагистралей населенных пунктов//Технология и конструирование в электронной аппаратуре.-2004.-№2.-С-28-29.
8. Дистанційні методи моніторингу довкілля : навч. посіб. / [О. І. Бондар та ін.] ; під ред. д-ра біол. наук, проф. О. І. Бондаря та канд. наук з держ. упр. П. Я. Унгуряна ; Держ. закл. "Держ. екол. акад. післядиплом. освіти та упр.". - Київ: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. — 297 с.
9. Екологічний моніторинг : підручник. / [В. Г. Сліпченко та ін. ; відп. ред. О. О. Гагарін] ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського : Політехніка, 2018. - 303 с.
10. Закон України від 21 грудня 2010 року № 2818-VI. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>
11. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1984. — 534 с.
11. Израэль Ю. А. Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 398 с.

12. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.1.101-02) «Положення про порядок інформаційної взаємодії органів Мінекоресурсів України та інших суб'єктів системи моніторингу довкілля при здійсненні режимних спостережень за станом довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В. – К. : Мінекоресурсів, 2002. - 11 с.
13. Керівні нормативні документи (КНД 211.1.1.106–2003) «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)» / Білогуров В. П., Бакланова В. Ю., Діяконова С. О. — К. : Мінекоресурсів, 2003. — 70 с.
14. Клименко М. О. Моніторинг довкілля : підручник / Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. — К. : Академія, 2006. – 360 с.
15. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми : монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. — Вінниця : Вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2005. — 315 с.
16. Локальний моніторинг довкілля для адміністративних районів і територіальних громад : монографія / Катерина Радловська ; за ред. д-ра техн. наук О. С. Волошкіної ; Івано- Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ: Петраш К. Т. [вид.], 2015. - 184 с.
17. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін.]— К.: СИМВОЛ–Т, 1998. – 28 с Методи оцінки екологічних втрат: Монографія / За ред. д.е.н. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2004. – 288 с.
18. Міхеєва І. Л. Система моніторингу довкілля м. Києва / І. Л. Міхеєва, М. О. Орлов, В. А. Трокоз // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2004. – Вип. 28. – С. 37–46.
19. Михеева И.Л., Куринный В.К., Таякин В.Ю., Мазыра Л.Д. Автоматические газоанализаторы загрязнения атмосферного воздуха// Технология и конструирование в электронной аппаратуре.-2003.-№1.-С-28-31.
20. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник / [В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна] ; під. ред. В. І. Лаврика — К. : ВЦ Академія, 2010. — 400 с.
21. Патица В. П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / Патица В. П., Тараріко О. Г. — К. : Фітосоціоцентр, 2002. — 256 с.
22. Погребенник В., Мельник М., Бойчук М. Екологічний моніторинг: концепції, принципи, системи / Вимірювальна техніка та метрологія, № 65, 2005 р. - С. 164-171. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/23198/1/31-Pohrebennyk-164-171.pdf>.
23. Погребенник В.Д. Організація фонового екологічного моніторингу Шацького природного національного парку // Технические и системные средства экологического мониторинга. – К., 1998. – С. 74–81.

24. Погребенник В.Д. Фоновий екологічний моніторинг Шацького природного національного парку // Відбір і обробка інформації. – 1997. – № 11. – С. 41–43.
25. Посудін Ю.І. Моніторинг довкілля з основами метрології: підручник. – К.: 2012. – 426 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Posudin_Monitorynh dovkillia_book_2012.
26. Прилади і методи дослідження стану довкілля : навч. посіб. / Л. С. Старикович, К. П. Дудок, Н. М. Любас; Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. - Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2014. - 195 с.
27. Постанова Верховної Ради України від 5 березня 1998 року № 188/98 ВР «Про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/188/98-%D0%B2%D1%80/page>
28. Приміський В.П. Багатопараметровий газоаналітичний комплекс для оптимізації процесу горіння і екологічного моніторингу сміттєспалювального виробництва //Вісник НТУУ “КПІ”. ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2002. –Вип. 24 –С. 93- 98.
29. РД 211.0.8.107-05 «Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня» / Варламов Є. М., Юрченко Л. Л., Катриченко Г. М., Єрмоленко Ю. В. – К.: Мінприроди, 2005, - 35 с
30. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. № 577-р «Про затвердження Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/577-2011-%D1%80>
31. Рудько Г. Екологічний моніторинг геологічного середовища : підручник / Рудько Г., Адаменко О. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 260 с.
32. Скакальський О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [nbuv.gov.ua > j-pdf > dums_2015_4_19](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/dums_2015_4_19).
33. Створення ефективної системи моніторингу довкілля в Україні: проблеми і шляхи їх вирішення". © Національний інститут стратегічних досліджень. Аналітична записка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old2.niss.gov.ua/articles/2054/>
34. Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/kmu/control/uk/publish/article?art_id=246581344&cat_id=223223535
35. Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 25 квітня 2013 року «Про комплекс заходів щодо вдосконалення проведення моніторингу довкілля та державного регулювання у сфері поводження з відходами в Україні». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/572/2013/paran2#n2>

36. Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року «Про Стратегію національної безпеки України». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/287/2015/paran7#n7>
37. Шевченко Р.Ю. Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу міста Києва як науково-методологічна модель запобігання ризикам антропогенного впливу / Екологічні науки № 2(25). - С.55-63. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/2/11.pdf>.
38. Банде Приянка Н., Nandedkar SJ Недорога мережа датчиків для системи вимірювання якості води в режимі реального часу. Міжнародний J. Innovat. Рез. Наук. Інж. Технол. 2016; 5: 20691–20696.
39. Barabde M.N., Danve S.R. Continuous water quality monitoring system for Water resources at remote places. IJIRCEE. 2015;3:2320–9798.
40. Chen Yiheng, Han Dawei. Water quality monitoring in the smart city: a pilot project. Automat. Construct. J. 2018;89:307–316.
41. Cloete Niel Andre, Malekian Reza, Nair Lakshmi. Design of smart sensors for real-time water quality monitoring. Department of electrical, Electronic and Computer Engineering, University of Pretoria, Pretoria, South Africa. IEEE J. 2014;13:1–16.
42. Моніторинг якості води в режимі реального часу за допомогою Інтернету речей у SCADA. Environ Monit Assess . 2018, 29 серпня; 190 (9): 556. doi: 10.1007/s10661-018-6914-x. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30159608/>
43. Досягнення систем розумного моніторингу навколишнього середовища за допомогою IoT та датчиків. Датчики (Базель). 2020 31 травня; 20 (11): 3113. doi: 10.3390/s20113113. ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32486411/>
44. Джаміль М. С., Джаміль М. А., Мажар А., Ікрам А., Ахмед А., Мунавар У. Система розумного моніторингу навколишнього середовища шляхом використання бездротових сенсорних мереж на транспортних засобах для розумних міст без забруднення. Procedia Eng. 2015; 107: 480–484. doi: 10.1016/j.proeng.2015.06.106.
45. Бооміка К.Н., Діпа С., Рашмінський РКС Інтернет речей для моніторингу навколишнього середовища. Int. J. Adv. Мережа. Заявка 2016: 497–501.
46. Gaglio S., Re GL, Martorella G., Peri D., Vassallo SD Розробка програми моніторингу навколишнього середовища IoT з новим проміжним програмним забезпеченням для пристроїв з обмеженими ресурсами; Матеріали 2 -ї конференції з мобільних та інформаційних технологій у медицині (MobileMed 2014); Прага, Чехія. 20–21 жовтня 2014 року.
47. [Розумна система моніторингу якості води з економічно ефективним використанням IoT](#). Пасіка С, Гандла С.В. Геліон. 2020 липень 1; 6 (7): e04096. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04096. eCollection 2020 липень. PMID: 32642574

48. Недорога багатопараметрична система моніторингу якості води [Аріф Уль Алам¹](#), [Денніс Клайн¹](#), [М. Джамал Дін](#). Датчики (Базель). 2021 травня 29; 21 (11): 3775. doi: 10.3390/s21113775. ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34072361/>
49. Молодан Я. Є. Оптимізація контролю за станом повітря міст з використанням безпроводних сенсорних мереж / Я. Є. Молодан, А. Н. Некос // Регіональні екологічні проблеми. Матеріали IV Міжнародної наукової Людина та довкілля. Проблеми неоекології. № 1-2, 201153 конференції студентів, магістрантів і аспірантів, 24-25 березня 2011 р., Одеса, Україна. – Одеса: ОДЕКУ, 2011. – 250 с.
- 50.

Інформаційні ресурси

1. Програма ООН з питань захисту довкілля ЮНЕП (UNEP - United Nation Environment Program): <http://www.unep.ch/>
2. Програма ООН з розвитку (UNDP - United Nation Development Program): <http://sunsite.unc.edu/ucis/Sustainable.html>
3. Економічна комісія для Європи: <http://www.unece.org/>
2. Сайт Мінприроди: <http://www.menr.gov.ua/>
3. Сайт Інформаційно-аналітичного центру (ІАЦ) Мінприроди: <https://iac-menr.rgdata.com.ua/ShowPage.aspx?PageID=200>
4. Сайт Українського гідрометеорологічного центру: <http://meteo.com.ua/>
5. Сайт Держводгоспу <http://scwm.gov.ua/>
6. Сайт МНС України: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/4689.html>
7. Національний інститут стратегічних досліджень - <http://old2.niss.gov.ua/articles/2054/>

Інтернет-системи даних моніторингу довкілля

1. Інтерактивна веб-система моніторингу басейнів річок Європи Європейської агенції з довкілля: <http://www.eea.europa.eu/themes/water/mapviewers/myRBD>
2. Інтерактивна веб-система моніторингу якості поверхневих вод частини басейну річки Західний Буг: <http://zbbuvr.lutsk.ua/Monitoring/Results.html>
3. Інтерактивна веб-система моніторингу якості поверхневих вод у Вінницькій області: <http://edem.vstu.vinnica.ua/monitoring/>

Бази даних та ГІС/ДЗЗ-технології:

4. Карти Google Maps – комплекти супутникових та векторних карт з атрибутивним наповненням, інформаційними та фотовідеоматеріалами: <http://maps.google.com/>
5. Дані спостережень НАСА: <http://earthobservatory.nasa.gov/>
6. Дані про стан довкілля в Європі – сайт ЄАНС: www.eea.europa.eu/
7. Бази даних про стан повітря ЄАНС: <http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/#aq>
8. Каталог даних ДЗЗ ДНВЦ «Природа» Мінприроди та НКАУ на всю територію України: http://www.pryroda.gov.ua:8080/katalog/search_film.do

9. Приклади даних ДЗЗ Національного космічного агентства України:
<http://www.nkau.gov.ua/nsau/photo.nsf/photoU!open&collapse=all>
10. Дані ДЗЗ від багатьох супутників: <http://search.kosmosnimki.ru/>
11. Приклади використання ГІС-технологій – сайт фірми «Дата+» (РФ):
www.dataplus.ru, у т.ч. каталог: www.dataplus.ru/win/Catalog
12. Інформація про продукти ГІС «ArcGIS» в Україні (сайт офіційного дилера ESRI (США) - «ЕСОММСо», Україна): www.ecomm.kiev.ua
13. Інформація про приклади застосування та про продукти ГІС «Панорама» (РФ): www.gisinfo.ru та їх офіційного дилера:
<http://www.panorama.vn.ua/>
14. Інформація про ГІС «Digitals» (сайт НВП «Геосистема», Україна):
www.vingeo.com
15. Інформація про ГІС «VNetGIS» та інтерактивні карти областей і міст України – сайт Українського картографічного серверу www.uamap.net
16. Інформація про приклади застосування, про продукти ГІС «Mapinfo»: сайт офіційного дилера продуктів Mapinfo в Україні:
<http://isgeo.com.ua/>

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1.

Параметри дернових опідзолених (автоморфних) ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Піщані < 5		Зв'язанопіщані 6 – 10		Супіщані 11 – 20		Легкосуглинкові 21 – 30	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,3 – 1,6	<1,0 >1,9	1,8 – 4,5	<1,5 >5,0
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	36 – 55	<30 >63	45– 66	<37 >75	54– 88	<45 >100	72 – 132	<60 >150
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг-екв./100 г ґрунту	1,7 – 2,2	>2,5	2,0 - 2,4	>2,8	2,0 – 2,7	>3,1	2,3 – 5,0	>5,6
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	4,6 – 5,7	<3,8	4,6 – 5,7	<3,8	4,9 – 6,0	<4,1	4,9 – 6,0	<4,1
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	2,7 – 4,0	<2,3	3,6 – 4,5	<3,0	4,1 – 9,0	<3,4	8,0– 12,0	<6,7
Вміст гумусу, %	≥0,4	<0,3	≥0,6	<0,5	≥1,0	<0,8	≥1,8	<1,5
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	27 – 40	<23	27 – 40	<23	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	90 – 150	<75	108 – 170	<90	135 – 200	<112	135 – 200	<112
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	108 – 170	<90	135 – 200	<113	153 – 220	<128	153 – 220	<128

Таблиця 2.

Параметри дернових опідзолених глеюватих ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції
рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Піщані < 5		Зв'язанопіщані 6 – 10		Супіщані 11 – 20		Легкосуглинкові 21 – 30	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,4 – 1,9	<1,0 >2,0	1,3 – 1,6	<1,0 >1,9	1,2 – 1,5	<1,0 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	36 – 55	<30 >63	45 – 66	<37 >75	54 – 88	<45 >100	72 – 132	<60 >150
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	1,7 – 2,2	>2,5	2,0 – 2,6	>3,0	2,0 – 2,7	>3,0	1,0 – 2,4	>2,8
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	4,5 – 5,5	<3,8	4,6 – 5,7	<3,8	4,8 – 5,8	<4,0	4,9 – 6,0	<4,1
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	2,7 – 4,0	<2,3	3,6 – 4,5	<3,0	4,1 – 9,0	<3,4	9,0 – 15,0	<7,5
Вміст гумусу, %	≥0,6	<0,5	≥0,7	<0,6	≥ 3,2	<1,0	≥2,5	<2,0
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	27 – 40	<23	27 – 40	<23	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	90 – 150	<75	108 – 170	<90	135 – 200	<112	135 – 200	<112
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	108 – 170	<90	135 – 200	<113	153 – 220	<128	153 – 220	<128

Таблиця 3.

Параметри дернових опідзолених глейових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції
рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Піщані < 5		Зв'язанопіщані 6 – 10		Супіщані 11 – 20		Легкосуглинкові 21 – 30	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,4 – 1,9	<1,0 >2,0	1,3 – 1,6	<1,0 >1,9	1,2 – 1,5	<1,0 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	36 – 55	<30 >63	45 – 66	<37 >75	54 – 88	<45 >100	72 – 132	<60 >150
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	2,0 – 2,6	>3,0	2,0 – 2,6	>3,0	1,0 – 2,6	>3,0	1,0 – 2,6	>3,0
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	4,2 – 5,1	<3,5	4,5 – 5,5	<3,8	5,0 – 6,0	<4,1	5,3 – 6,5	<4,4
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	2,7 – 4,0	<2,3	3,6 – 4,5	<3,0	4,5 – 11,0	<3,8	11,8 – 16,0	<6,8
Вміст гумусу, %	≥0,7	<0,6	≥0,9	<0,8	≥1,6	<1,4	≥3,0	<2,6
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	27 – 40	<23	27 – 40	<23	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	90 – 150	<75	108 – 170	<90	135 – 200	<112	135 – 200	<112
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	108 – 170	<90	135 – 200	<113	153 – 220	<128	153 – 220	<128

Таблиця 4.

Параметри дернових опідзолених неоглеєних ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції
рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Піщані < 5		Зв'язанопіщані 6 – 10		Супіщані 11 – 20		Легкосуглинкові 21 – 30	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,3 – 1,6	<1,0 >1,9	1,2 – 1,5	<1,0 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	45– 66	<37 >75	54– 88	<45 >100	72 – 132	<60 >150
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	-	-	1,7- 2,9	>3,3	2,0 – 3,1	>3,5	2,5 – 3,3	>3,8
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	-	-	4,2 – 5,4	<3,5	4,2–5,4	<3,5	4,5 – 6,0	<3,8
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	2,7 – 4,0	<2,3	3,6 – 6,0	<3,0	5,4–8,0	<4,5
Вміст гумусу, %	-	-	≥0,5	<0,4	≥0,5	<0,4	≥1,0	<0,9
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	27 – 40	<23	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	-	-	108 – 170	<90	135 – 200	<112	135 – 200	<112
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	-	-	135 – 200	<113	153 – 220	<128	153 – 220	<128

Таблиця 5.

Параметри дернових – опідзолистих глеюватих ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції
рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Піщані < 5		Зв'язанопіщані 6 – 10		Супіщані 11 – 20		Легкосуглинкові 21 – 30	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,3 – 1,6	<1,0 >1,9	1,2 – 1,5	<1,0 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	45 – 66	<37 >75	54 – 88	<45 >100	72 – 132	<60 >150
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	-	-	1,7- 2,9	>3,3	1,5 – 3,1	>3,5	1,0 – 2,8	>3,1
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	-	-	4,5 – 5,5	<3,8	4,5–5,5	<3,8	4,8 – 6,2	<4,0
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	3,2 – 4,5	<2,3	4,0 – 6,0	<3,4	5,4–7,5	<4,5
Вміст гумусу, %	-	-	≥0,5	<0,4	≥0,7	<0,6	≥1,3	<1,0
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	27 – 40	<23	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	-	-	108 – 170	<90	135 – 200	<112	135 – 200	<112
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	-	-	135 – 200	<113	153 – 220	<128	153 – 220	<128

Таблиця 6.

Параметри дерново – опідзолених глейових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції
рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Піщані < 5		Зв'язанопіщані 6 – 10		Супіщані 11 – 20		Легкосуглинкові 21 – 30	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	1,4 – 1,8	<1,0 >2,0	1,3 – 1,6	<1,0 >1,9	1,2 – 1,5	<1,0 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	45 – 66	<37 >75	54 – 88	<45 >100	72 – 132	<60 >150
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	-	-	1,5- 2,8	>3,1	1,5- 2,8	>3,1	2,0 – 3,3	>3,8
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	-	-	4,0 – 5,1	<3,4	4,5–5,5	<3,8	5,0 – 6,0	<4,1
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	3,6 – 4,5	<3,0	4,0 – 6,0	<3,4	5,4–8,0	<4,5
Вміст гумусу, %	-	-	≥0,6	<0,5	≥0,8	<0,7	≥1,4	<1,2
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	27 – 40	<23	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	-	-	108 – 170	<90	135 – 200	<112	135 – 200	<112
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	-	-	135 – 200	<113	153 – 220	<128	153 – 220	<128

Таблиця 7.

Параметри ясно – сірих лісових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,5	<0,9 >1,8	1,0 – 1,5	<0,9 >1,8	-	-
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	72– 132	<60 >150	90 – 132	<75 >150	108– 154	<90 >175	-	-
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	2,5–3,4	>3,9	2,5–3,4	>3,9	2,5–3,4	>3,9	-	-
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	4,7–5,7	<3,9	4,7–5,7	<3,9	4,7–5,7	<3,9	-	-
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	9,0–15,0	<7,5	10,8 – 15,0	<9,0	12,6 – 22,0	<10,5	-	-
Вміст гумусу, %	≥1,2	<1,0	≥1,6	<1,4	≥1,7	<1,4	-	-
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	32 –45	<26	32 –45	<26	32 –45	<26	-	-
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	135 – 200	<112	135 – 200	<112	135 – 200	<112	-	-
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	153 – 220	<128	153 – 220	<128	153 – 220	<128	-	-

Таблиця 8.

Параметри сірих лісових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,5	<0,9 >1,8	-	-
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	72– 132	<60 >150	90 – 132	<75 >150	108– 154	<90 >175	-	-
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	2,1–3,3	>3,8	2,5–3,9	>4,4	2,5–4,4	>5,0	-	-
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	4,8–6,0	<4,0	5,0–6,3	<4,1	5,0–6,3	<4,1	-	-
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	10,0–18,0	<8,3	14,4 – 28,0	<12,0	21,6 – 34,0	<18,0	-	-
Вміст гумусу, %	≥1,4	<1,2	≥2,2	<1,8	≥2,6	<2,2	-	-
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	32 –45	<26	32 –45	<26	32 –45	<26	-	-
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	135 – 200	<112	135 – 200	<112	135 – 200	<112	-	-
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	153 – 220	<128	153 – 220	<128	153 – 220	<128	-	-

Таблиця 9.

Параметри темно сірих лісових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,5	<0,9 >1,8	-	-
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	72– 132	<60 >150	90 – 132	<75 >150	108– 154	<90 >175	-	-
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	2,1–3,3	>3,8	2,5–3,5	>4,4	2,5–4,4	>5,0	-	-
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	4,8–6,0	<4,0	5,0–6,3	<4,1	5,0–6,3	<4,1	-	-
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	10,0–18,0	<8,3	14,4 – 28,0	<12,0	21,6 – 34,0	<18,0	-	-
Вміст гумусу, %	≥1,4	<1,2	≥2,2	<1,8	≥2,6	<2,2	-	-
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	32 –45	<26	32 –45	<26	32 –45	<26	-	-
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	135 – 200	<112	135 – 200	<112	135 – 200	<112	-	-
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	153 – 220	<128	153 – 220	<128	153 – 220	<128	-	-

Таблиця 10.

Параметри чорноземів опідзолених ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,4	<0,9 >1,3	1,0 – 1,5	<0,9 >1,8	-	-
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	81– 132	<68 >150	90 – 132	<75 >150	108– 154	<90 >175	-	-
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	2,0–3,3	>3,8	2,5–3,9	>4,4	2,5–3,9	>4,4	-	-
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	5,1–6,1	<4,3	5,1–6,4	<4,3	5,1–6,4	<4,3	-	-
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	10,8–20,0	<9,0	17,1 – 32,0	<14,3	26,1 – 39,0	<21,8	-	-
Вміст гумусу, %	≥1,5	<1,3	≥2,5	<2,1	≥3,0	<2,6	-	-
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	32 –45	<26	32 –45	<26	32 –45	<26	-	-
Рухомий фосфор за Кірсановим, мг/кг	135 – 200	<112	135 – 200	<112	135 – 200	<112	-	-
Обмінний калій за Кірсановим, мг/кг	153 – 220	<128	153 – 220	<128	153 – 220	<128	-	-

Таблиця 11.

Параметри чорноземів типових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	1,0 – 1,4	<0,9 >1,6	1,0 – 1,4	<0,9 >1,6	1,0 – 1,4	<0,9 >1,6	1,0 – 1,4	<0,9 >1,6
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	81– 132	<68 >150	90 – 143	<75 >163	117– 165	<98 >188	126– 176	<105 >200
Агрохімічні показники								
Гідролітична кислотність, мг- екв./100 г ґрунту	1,8–2,8	>3,1	1,5–2,8	>3,1	1,5–2,8	>3,1	1,5–2,8	>3,1
Кислотність обмінна, рН _{сол} , од.	5,3–6,4	<4,4	5,4–6,8	<4,5	5,7–7,0	<4,8	5,9–7,0	<4,9
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	12,6–27,0	<10,5	19,0 – 36,0	<15,8	29,0 – 44,0	<24,0	35,0 – 55,0	<29,0
Вміст гумусу, %	≥2,3	<1,9	≥3,2	<2,6	≥4,0	<3,4	≥5,0	<4,1
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	32 – 45	<26	32 – 45	<26	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Мачигінім, мг/кг	41 – 60	<34	41 – 60	<34	41 – 60	<34	41 – 60	<34
Обмінний калій за Мачигінім, мг/кг	225 – 300	<188	270 – 400	<225	270 – 400	<225	270 – 400	<225

Таблиця 12.

Параметри чорноземів звичайних ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	-	-	1,0 – 1,4	<0,9 >1,5	1,0 – 1,4	<0,9 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	-	-	108– 165	<90 >188	126– 176	<105 >200
Агрохімічні показники								
Кислотність обмінна, рН _{водної витяжки} , мг-екв./100 г ґрунту	-	-	-	-	6,1–7,6	<5,1	6,1–7,6	<5,1
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	-	-	29,0 – 44,0	<24,0	35,0 – 55,0	<29,0
Вміст гумусу, %	-	-	-	-	≥4,0	<3,4	≥5,0	<4,1
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	-	-	32 –45	<26	32 –45	<26
Рухомий фосфор за Мачигінім, мг/кг	-	-	-	-	41 – 60	<34	41 – 60	<34
Обмінний калій за Мачигінім, мг/кг	-	-	-	-	270 – 400	<225	270 – 400	<225

Таблиця 13.

Параметри чорноземів південних ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	-	-	1,0 – 1,4	<0,9 >1,5	1,0 – 1,4	<0,9 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	-	-	90– 143	<75 >163	117– 176	<98 >200
Агрохімічні показники								
Кислотність обмінна, рН _{водної витяжки} , мг-екв./100 г ґрунту	-	-	-	-	6,3–7,7	<5,3	6,3–7,7	<5,3
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	-	-	27,0 – 42,0	<23,0	35,0 – 50,0	<29,0
Вміст гумусу, %	-	-	-	-	≥2,3	<2,0	≥2,8	<2,3
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	-	-	32 –45	<26	32 –45	<26
Рухомий фосфор за Мачигінім, мг/кг	-	-	-	-	41 – 60	<34	41 – 60	<34
Обмінний калій за Мачигінім, мг/кг	-	-	-	-	270 – 400	<225	270 – 400	<225

Таблиця 14.

Параметри темно – каштанових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	-	-	1,0 – 1,4	<0,9 >1,5	1,0 – 1,4	<0,9 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	-	-	81– 132	<68 >150	108– 165	<90 >188
Агрохімічні показники								
Кислотність обмінна, рН _{водної витяжки} , мг-екв./100 г ґрунту	-	-	-	-	6,5–7,8	<5,4	6,5–7,8	<5,4
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	-	-	27,0 – 40,0	<23,0	32,0 – 45,0	<26,0
Вміст гумусу, %	-	-	-	-	≥1,9	<1,6	≥2,3	<1,9
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	-	-	32 – 45	<26	32 – 45	<26
Рухомий фосфор за Мачигінім, мг/кг	-	-	-	-	41 – 60	<34	41 – 60	<34
Обмінний калій за Мачигінім, мг/кг	-	-	-	-	270 – 400	<225	270 – 400	<225

Таблиця 15.

Параметри каштанових ґрунтів щодо їх придатності для виробництва органічної продукції рослинництва

Показники	Параметри ґрунту залежно від гранулометрії (вмісту фізичної глини,%)							
	Легкосуглинкові 21 – 30		Середньосуглинкові 31 – 45		Важкосуглинкові 46 – 55		Легкоглинисті 56 – 65	
	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)	Придатні (оптимальні параметри)	Обмежено придатні (незадовільні параметри)
Агрофізичні показники								
Щільність, г/см ³	-	-	1,0 – 1,4	<0,9 >1,5	1,0 – 1,4	<0,9 >1,8	1,0 – 1,4	<0,9 >1,8
Запаси продуктивної вологи (0 – 100 см), мм	-	-	72– 110	<60 >125	81– 132	<68 >150	108– 165	<90 >188
Агрохімічні показники								
Кислотність обмінна, рН _{водної витяжки} , мг-екв./100 г ґрунту	-	-	7,2–8,0	<6,0	7,2–8,0	<6,0	7,2–8,0	<6,0
Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	-	-	23,0 – 32,0	<19,0	27,0 – 40,0	<23,0	31,0 – 34,0	<26,0
Вміст гумусу, %	-	-	≥1,0	<0,9	≥1,4	<1,2	≥1,8	<1,5
Азот, що легко гідролізується, мг/кг	-	-	32 –45	<26	32 –45	<26	32 –45	<26
Рухомий фосфор за Мачигінім, мг/кг	-	-	41 – 60	<34	41 – 60	<34	41 – 60	<34
Обмінний калій за Мачигінім, мг/кг	-	-	270 – 400	<225	270 – 400	<225	270 – 400	<225

Боголюбов В.М., Сальнікова А.В., Ракоїд О.О.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ
Навчальний посібник