***7. Екологічний моніторинг.***

***Система екологічної інформації***

**7.1 Екологічний моніторинг**

Це науково-інформаційна система контролю за станом навколишнього середовища, до якої належить спостереження, збирання і обробка інформації, оцінка і прогнозування стану навколишнього середовища. Моніторинг виявляє критичні та екстремальні ситуації, фактори антропогенного впливу, оцінює і прогнозує стан об‘єктів спостереження.

***Завдання і функції моніторингу:***

– виявлення взаємозв‘язку джерел забруднення природного середовища з об‘єктами, на які вони впливають;

– виявлення каналів поширення забруднювальних речовин у природному середовищі;

– вибір індикаторів для оптимальної оцінки стану навколишнього середовища.

**7.2 Методи моніторингу**

Моніторинг складається з багатьох різноманітних методів спостереження, збору необхідних параметрів-характеристик стану середовища та їх обробки. Усю сукупність цих методів можна поділити на такі основні напрями:

– методи реєстрації та оцінки якості стану середовища (біомоніторинг, дистанційний моніторинг та ін.);

– методи кількісного обліку організмів і методи оцінки біомаси, продуктивності рослин і тварин (біологічний моніторинг);

– вивчення особливостей впливу різних екологічних чинників на життєдіяльність організмів (лабораторні методи дослідження);

– методи математичного моделювання екологічних явищ і процесів, екосистем;

– створення геоінформаційних систем і технологій для розв‘язання екологічних проблем;

– комплексний еколого-економічний аналіз стану різних об‘єктів;

– геоекологічні і геофізичні методи дослідження;

– технологічні методи дослідження;

– медико-екологічні методи дослідження;

– методи екологічного контролю: екологічна експертиза, екологічний аудит, екологічна паспортизація та ін.

За специфікою виконання всі дослідження можна поділити на хімічні, фізичні, біологічні, геологічні, географічні, геофізичні, математичні та інші. У зв‘язку з великою кількістю видів забруднювачів та інших негативних впливів і видів об‘єктів забруднювання (живі біологічні організми, люди, різноманітні екосистеми, географічні природні комплекси та багато інших) необхідне використання багатьох різноманітних приладів, часто дуже складних і дорогих, спеціальних лабораторних досліджень, використання хімічних реактивів та ін. Тобто організація системи моніторингу є дуже складною, а з економічної точки зору, дуже дорогою справою. Для прикладу, у таблиці 8.1 подані тільки деякі методи аналізу забруднювальних речовин.

*Таблиця 7.1*

**Деякі методи аналізу забруднювальних речовин**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Методи | Чутливість, % | Точність аналізу, % | Об‘єкти дослідження |
| Гравіметрія | 0,1…1 г | 0,005…0,01 | Основні компоненти |
| Титрування | 1...10 мкг10-2 моль/л | 0,10,01 | Основні й напів-мікрокомпоненти |
| Атомно-абсорбційна спектроскопія (АСС) | 10-5 моль/л10-6...10-7 моль/л10-5...10-310-7...10-5 | 0,10,2...1,00,5...35…10 | Мікрокомпоненти для перехідних і деяких напівметалів |
| Газова хроматографія | Основний компонент1...20,1...10,01...0,110-3...10-210-3 | 0,10,2...0,50,5...1,01...55...1010 | Від основних до мікрокомпонентів: органічні і метало-органічні з‘єднання |
| Вольтамперометрія | 10-3…10-210-5…10-310-7 | 1…235 | Мікрокомпоненти (сліди металів): Ag, Bi, Cd, Fe, In, Pb, Sb, Sn, Zn |
| Спектрофлуориметрія | 10-7…10-3 | 0,5…10 | Мікрокомпоненти для органічних і неорганічних домі шків |
| Рентгено-флуоресцентна спектрометрія | 10-3...-2 | 1...2 | Напівмікрокомпоненти для елементів у ґрунтах |
| Рідиннахроматографія | 10-7...10-4 | 2...20 | Мікрокомпоненти в основному для органічних речовин |
| Полярографія | 10-3…10-210-5…10-3 | 1…23 | Напівмікро- і мікро-компоненти; органічні речовини |

**7.3 Система екологічної інформації**

Заснована на створенні комп’ютеризованої мережі збору, обробки, зберігання і обміну екологічної інформації. Вона є основою існування системи моніторингу і базується:

– на виробленні спеціальних програм;

– збиранні, обробці первинної інформації від станцій спостереження та інших джерел, обміні з іншими інформаційними мережами, передачі інформації та ін.;

– моделюванні процесів екологічного впливу;

– створенні екологічних карт;

– прогнозуванні майбутніх наслідків впливу на навколишнє середовище.

Для ефективного функціонування вона має охоплювати всі джерела контролю та інстанції збирання інформації.

Сучасна система екологічної інформації в більшості країн світу використовує нові ***геоінформаційні системи технологій (ГІС-технології). Геоінформаційні системи (ГІС)***використовуються при розв‘язанні комплексних проблем з планування, проектування, управління, формування інформаційно-довідкових даних та ін. ГІС-технології беруть початок від появи перших автоматизованих картографічних систем (початок 60-х років, США). З кінця 80-х років вони використовуються у глобальних і міжнародних проектах, наприклад, у глобальній системі моніторингу навколишнього середовища ООН. Ринок геоінформаційних технологій постійно розширюється. У 90-і роки почала створюватися “Глобальна інформаційна інфраструктура (ГІІ)” – правила нового світового єдиного порядку і формування організаційно-правових прецедентів. Застосування ГІС-технологій потребує відповідного технічного, програмового та інформаційного забезпечення. Найактивніше вони впроваджуються для прийняття рішень у регіональному плануванні та управлінні: організації території, розвитку інфраструктури, природовикористанні й охороні навколишнього середовища. Велике значенні вони мають для вироблення *імітаційно-оптимізаційних моделей.* У сфері раціонального природовикористання і охорони природи ГІС-технології найрезультативніші у:

– виробленні земельного кадастру і землеустрою, кадастрів інших природних ресурсів (тобто комплексної оцінки ресурсів);

– оцінці наслідків використання природних ресурсів та інших негативних впливів на навколишнє середовище;

– створенні моніторингу екологічної та радіаційної обстановки та ін.

В Україні використання ГІС-технологій передбачено “Законом про національну програму інформації” (1998). Але відсутність достатнього фінансування стримує необхідний розвиток цієї системи. Деякі регіональні дослідження виконуються в Києві, Одеському, Сімферопольському та інших університетах.

ГІС-технології дозволяють сформувати ***бази екологічних даних***, які поділяються на:

– галузеві (окремих відомчих структур, галузей господарства, видів діяльності);

– середовищні (для окремих компонентів природного середовища – атмосфери, гідросфери та ін.);

– регіональні (комплексні, галузеві й середовищні).

ГІС-технології дозволяють сформувати ***державні природні екологічні кадастри***. Від звичайних кадастрів (якісної і економічної оцінки природних ресурсів) вони відрізняються ще й оцінкою екологічного стану природних ресурсів (рівнів забруднення, руйнування та ін.), у тому числі економічною оцінкою збитків, зменшенням звичайної економічної оцінки ресурсів та інших економічних показників. Державні екологічні природні кадастри можуть стати своєрідною комплексною базою даних про стан природних ресурсів у країні.

***Екологічне картування*** – один з найважливіших методів обробки інформації, що дає уявлення про екологічний стан середовища, а також дозволяє виробляти відповідні моделі екологічних процесів для прогнозування наслідків антропогенного впливу на середовище. Виділяють картування за видами забруднення (окремими шкідливими речовинами) та іншими руйнівними процесами (наприклад, ерозія земель, геолого-геоморфологічні зміни та ін.); за типами природного середовища (окремими його компонентами); за об‘єктами забруднення (підприємствами та ін.).

**8.4 Зміст екологічного контролю (моніторингу)**

Його суть полягає у порівнянні реальних показників впливу на навколишнє середовище з стандартними (нормативними) показниками (ГДК, ГДВ та ін.).

Екологічний моніторинг давати відповіді на такі запитання:

– яким є стан навколишнього середовища у даний час порівняно з первинним його станом (до початку антропогенного впливу) і яких змін можна очікувати у прогнозованому проміжку часу;

– які причини змін, що вже сталися і можуть статися в майбутньому, і що було, є або буде джерелом цих змін;

– які впливи на дане природне середовище є шкідливими (небажаними або неприпустимими);

– який рівень техногенних впливів разом з природними і стихійними явищами припустимий для природного середовища й окремих його компонентів і які резерви має природне середовище для саморегенерації стану;

– який рівень техногенних впливів на природне середовище є неприпустимим або критичним, після якого відновлення природного середовища до рівня екологічного балансу є нездійсненним (Злобін, Кочубей, 2003, С. 374).

Видів забруднення й інших негативних впливів на навколишнє середовище дуже багато, і тому неможливо, та й економічно недоцільно, спостерігати за всіма полютантами повсюдно. Для моніторингу забруднень рекомендований (Найробі, 1974 р.) такий перелік основних критеріїв забруднення:

– величина фактичного або потенційно можливого впливу на здоров‘я і добробут людини, на клімат або екосистеми;

– схильність до деградації в навколишньому природному середовищі й нагромадження в організмі людини і харчових ланцюгах;

– можливість хімічної трансформації у фізичних і біологічних системах, внаслідок чого змінені речовини стають токсичнішими або шкідливішими, ніж первинні викиди;

– мобільність (рухливість);

– фактичні або можливі тренди (тенденції) концентрації у навколишньому середовищі й в організмі людини;

– частота і/або розмір впливу;

– можливість замірів на даному рівні в різноманітних середовищах;

– значення для оцінки положення в навколишньому природному середовищі;

– придатність з точки зору загального поширення.

Значна частка забруднень оцінена в балах (від 0 до 3) для кожного з критеріїв, а за найбільшими сумами балів визначені пріоритети (чим вища сума, тим вищий пріоритет). Далі пріоритети поділили на вісім класів (чим вищий клас, тобто менший його порядковий номер, тим вищий пріоритет). Для кожного класу визначені середовище і тип програми вимірювання: глобальний – Г, регіональний – Р, локальний – Л. Дана класифікація подана у таблиці 7.2 (Джигирей, Сторожук, Яцюк, 2001, С. 149–150).

*Таблиця 7.2*

**Класифікація пріоритетних забруднювальних речовин та програми вимірювань**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Клас пріоритетності | Забруднювальна речовина | Середовище | Тип програми вимірювання |
| І | Діоксид сірки + зва-жені частки  | Повітря | Г, Р, Л |
| Радіонукліди (137Cs + 90Sr) | Їжа | Р, Л |
| ІІ | Озон | Повітря | Г (у стратосфері), Л |
| ДДТ та інші хлор-органічні з‘єднання | Біота, людина | Р. Л |
| Кадмій і його з‘єд-нання | Їжа, людина, вода | Л |
| ІІІ | Нітрати, нітрити | Питна вода, їжа | Л |
| ІV | Оксиди азоту | Повітря | Л |
| Ртуть та її з‘єднання | Їжа, вода | Р, Л |
| Свинець | Повітря, їжа | Л |
| V | Діоксид вуглецю | Повітря | Г |
| Оксид вуглецю | Повітря | Л |
| Вуглеводні нафти | Морська вода | Г. Р |
| VI | Флуориди | Свіжа вода | Л |
| VII | Азбест | Повітря | Л |
| Миш‘як | Питна вода | Л |
| VIII | Мікротоксини | Їжа | Р, Л |
| Мікробіологічне зараження | Їжа | Р, Л |

За суттю екологічний контроль (моніторинг) є *оцінкою впливу (дії) на навколишнє середовище (ОВНС)* забруднювальних речовин та інших негативних явищ. ОВНС є складовою будь-якого дослідження (контролю) стану навколишнього природного середовища – моніторингу, екологічної експертизи, прогнозування та ін.

***Процеси забруднення не є простою дією викиду і потрапляння полютанту до навколишнього середовища***. Деякі забруднювальні речовини під дією різноманітних природних процесів можуть створювати нові хімічні сполуки (*синергічний ефект),* а також вони по-різному розсіваються і нагромаджуються в окремих компонентах навколишнього середовища *(ефект акумуляції).*

***Синергічний ефект*** – посилення або послаблення впливу одного чинника за наявності іншого. При такому сукупному комплексному впливі кількох чинників загальний ефект виявляється іншим, ніж коли б вони діяли окремо. Так, наприклад, окремі сполуки сірки й азоту в повітрі вступають у хімічну реакцію з парами води і створюють більш токсичні сполуки – кислоти, які є основним джерелом утворення кислотних дощів. Подібний ефект властивий для деяких видів смогу. Наприклад, *лос-анджелеський тип смогу* є *фотохімічним*, тобто первинні забруднювальні речовини в ньому під дією ультрафіолетового випромінювання створюють нові токсичні сполуки – озон та ін.

***Акумуляційний ефект –*** процес нагромадження на поверхні Землі, в організмах, на дні водних басейнів та інших об‘єктах продуктів ерозії та абразії, води, солей, органічних решток, різноманітних забруднювальних речовин (у тому числі радіоактивних) внаслідок діяльності вітру, вод, що течуть, льодовиків, вулканів, морів та інших географічних й біологічних чинників. Так, наприклад, відомими нагромаджувачами токсичних речовин є гриби, листя і плоди багатьох дерев та ін. Тому забороняється збирати і використовувати ці продукти (або спалювати листя) в містах, біля інтенсивних транспортних шляхів та в інших подібних місцях. Болота є природним відстійником і фільтром багатьох забруднювальних речовин. Деякі види мікроорганізмів, водоростей, водних рослин мають подібні властивості, тому їх використовують при створенні біоочисних споруд.

Подібні складні процеси перетворювання і поширення токсичних речовин враховують з допомогою спеціального картування і спеціальних математичних моделей.

***Екологічні моделі*** – один з головних методів ОВНС. Відрізняють ***статичні і динамічні моделі.*** Статичні моделі відображають картину забруднення або інших негативних впливів за фіксований час, а динамічні показують трансформацію, зміни цієї картини. Найважливіше значення екологічних моделей, особливо динамічних, – для прогнозування.

**7.5 Види екологічного моніторингу**

За напрямками і об‘єктами спостереження моніторинг поділяється на:

***– сферний (об‘єктний) моніторинг***– спостереження окремих об‘єктів природи (атмосфери, біосфери, екосистем, географічних природних комплексів та ін.). У свою чергу, він поділяється на моніторинги:***атмосферного повітря, гідросфери, ґрунтовий, біологічний, сейсмічний, іоносферний, Сонця, гравіметричний, магнітометричний, ландшафтний та багато інших****.* Усі ці види поділяються ще на окремі підвиди моніторингу згідно з деталізацією дослід-жень;

***– господарський (галузевий, відомчий) моніторинг*** – спостереження впливу в галузях господарства і міжгалузевих комплексах, інших сферах господарської діяльності людини, окремих підприємствах.

Окремо виділяють ***базовий, або фоновий моніторинг*** – це спостереження за “дикою”, “еталонною” природою, тобто природними об’єктами, не зміненими або слабо зміненими впливом людської діяльності. Хоча таких природних комплексів на Землі практично не залишилось, все ж таки вибирають території, віддаленні від зон основного господарського освоєння, біосферні заповідники та ін. Такі своєрідні еталони необхідні для того, щоб можна було порівняти стан трансформованих природних комплексів з нібито первинним станом середовища і з‘ясувати увесь рівень, глибину цих перетворень. Фоновий моніторинг передбачає систематичні стаціонарні заміри, які виконуються за єдиною програмою, стану атмосфери, ґрунту, природних вод і особливостей земної поверхні.

***Біологічний моніторинг*** – орієнтується на реєстрацію чисельності, структури популяцій , характер розмноження та міграцій тварин і рослин. Біологічний моніторинг поділяється на зоологічний, ботанічний і антропогенний (медико-біологічний).

***Геологічний моніторинг*** – досліджує стан літосфери, підземних вод, кріогенних зон, глибинних (до 15 км) шарів геологічної будови Землі.

***Гідрометеорологічний і геофізичний моніторинг*** – розглядає загальну циркуляцію і стан атмосфери, електромагнітних полів, іонізаційного випромінювання, озонового шару, гідрологічних процесів у світовому океані та інші подібні питання глобальних процесів на Земної кулі.

За масштабами територій спостерігання виділяють:

***– глобальний моніторинг*** – охоплює станції спостереження планетарного масштабу. Сам термін “моніторинг” уперше з‘явився в рекомендаціях комісії СКОПЕ (Науковий комітет з проблем навколишнього середовища) при ЮНЕСКО у 1971 р., а у 1972 р. були сформульовані перші пропозиції щодо створення *Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища* (Стокгольмська конференція ООН з навколишнього середовища). Глобальний моніторинг представлений постійними і тимчасовими (спеціальні науково-дослідні експедиції) станціями (частково автоматично чинними) у космічному просторі, океані, на суші (у тому числі в біосферних заповідниках), Антарктиді і Арктиці, зондуванням атмосфери (метеорологічні зонди і ракети) та ін. Значна частина станцій належить, або діє під егідою ООН, використовуються також засоби спостереження, що є власністю багатьох високорозвинених країн світу, передовсім США, Європи та ін. Колишній Радянський Союз також мав велику кількість станцій у світовому океані, на спеціальних науково-дослідних суднах та ін. Частково інформацію для глобального моніторингу дають системи спостереження окремих країн світу;

***– імпактний (регіональний і локальний) моніторинг*** – екологічний контроль на території окремих країн, їх регіонів, міст, окремих природних і господарських об‘єктів.

Глобальний та імпактний моніторинг відрізняються площею спостереження, відстанню між пунктами взяття (добору) проб, частотою (години, місяці, роки) спостережень, кількістю компонентів спостереження, точністю і оперативністю подання інформації (таблиця 8.3).

*Таблиця 7.3*

**Характеристика окремих видів моніторингу за основними параметрами спостережень** **(Джигерей, Сторожук, Яцюк, 2001, С.145)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Локальний | Регіональний | Глобальний |
| Площа, охоплювана системою, км2 | 10...100 | 20...6 | До 107...108 |
| Відстань меж пунктами добору проб, км | 0,01...10 | 10...500 | До 3000...5000 |
| Періодичність досліджуваних процесів | Дні – місяці | Роки | Десятиліття – століття |
| Частота спостережень | Хвилини – години | Декада – місяць | 2...6 разів на рік |
| Кількість компонент, що спостерігаються | 3...30 | 120...1500 | 103...106 |
| Точність | Частки ГДК | До 30 % | Десяті частки, % |
| Оперативність видання інформації | У реальному масштабі часу | Через 1...3 місяця від дня добору проб | Роки з дня добору проб |

Моніторинг джерел забруднення передбачає спостереження за різними типами джерел: точковими стаціонарними (заводські труби, місця скидання відходів промислових підприємств, тваринницьких ферм та ін.), точковими рухомими (транспорт), лінійними або майданними (стоки із сільськогосподарських полів, атмосферні опади, розсіювання добрив та ін.).

За специфікою методів дослідження виділяють також ***дистанційний моніторинг***. Це спостереження на відстані з допомогою найновішої техніки – *аерофотознімки, космічні знімки з супутників*. Космічні знімки стають зараз настільки доступними, що будь-яка особа може за відповідну плату (декілька тисяч доларів) замовити їх, наприклад, у спеціальних комерційних службах агентства НАСА (США) і дуже оперативно (через Інтернет) отримати.

Для розв‘язання складних екологічних проблем, наприклад, у результаті техногенних і природних катастроф, у випадках, коли потрібно отримати інформацію якомога швидше, організовують ***екстрений моніторинг***.

Загальна класифікація систем моніторингу подана у таблиці 7.4.

*Таблиця 7.4*

**Класифікація систем моніторингу (за В. Джигиреєм)**

|  |  |
| --- | --- |
| Принципи класифікації | Наявні або розроблювані системи (підсистеми) моніторингу |
| Універсальні системи | Глобальний моніторинг (базовий, регіональний, локальний рівні, у т.ч. фоновий і палеомоніторинг). Національний моніторинг. Міжнаціональний, міжнародний моніторинг транскордонного перенесення забруднювальних речовин |
| Реакція основних складових біосфери | Геофізичний моніторингБіологічний моніторинг (у т.ч. генетичний)Екологічний моніторинг (усі попередні види) |
| Різні середовища | Моніторинг антропогенних змін в атмосфері, гідросфері, ґрунті, кріосфері, біоті |
| Чинники і джерела впливу | Моніторинг джерел забруднення. Інгредієнтний моніторинг (окремих забруднювальних речовин, радіоактивних випромінювань, шумів та ін.) |
| Гострота і глобальність проблеми | Моніторинг океану, клімату, озоносфери |
| Методи спостережень | Моніторинг за фізичними, хімічними і біологічними показникамиСупутниковий моніторинг (дистанційні методи) |
| Системний підхід | Медико-біологічний (стан здоров‘я), екологічний, кліматичний, біоекологічний, геоекологічний, біосферний |

***Складові моніторингу.*** У процесі моніторингу реєструються:

– екосистеми, що існують на території;

– тип господарського використання;

– рівень і форми деградації природного середовища – зміни рельєфу, ерозія, загибель рослин і тварин та ін.;

– фізичний і хімічний стан повітря, води, ґрунту;

– біологічне різноманіття і стан видів-індикаторів;

– радіоактивне забруднення;

– санітарний стан та ін.

**7.6 Організація мережі моніторингу**

Організація системи моніторингу, як свідчить подана вище характеристика його суті і видів, вимагає створення системи станцій спостереження, лабораторій аналізу проб компонентів середовища, великої кількості дорогої апаратури і приладів, засобів спостереження, спеціальних складних наукових досліджень. Крім того створення самої мережі станцій (вибір місця розміщення, розподіл функцій – добір видів проб, їх частота і періодичність та інші подібні питання) вимагає достатньо обґрунтованого з наукової і економічної точок зору підходу. При створенні занадто густої мережі та виконанні дуже великої кількості спостережень зростають економічні витрати. У зворотній ситуації інформація про стан навколишнього середовища буде недостовірною і недостатньою. Але, як правило, моніторингова мережа густіша і детальніша у районах з найбільшим антропогенним навантаженням (районах концентрації населення і господарства, зосередження великих, небезпечних з екологічної точки зору об‘єктів – електростанцій, гребель, водосховищ, промислових підприємств та ін.). Необхідні базові станції (хоча й у меншої кількості) є і в малоосвоєних регіонах світу для глобального спостереження.

Найякіснішу мережу моніторингу мають високорозвинені країни світу. Вона складається як з державних організацій, так і з комерційних структур. Останні за плату виконують відповідні замовлення з моніторингу для зацікавлених юридичних осіб. Державні структури також частково можуть виконувати комерційні замовлення. Значна частка станцій спостереження належить також приватним організаціям (великим фірмам і підприємствам), які створили власну паралельну моніторингову мережу для розв‘язання спірних з державою питань забруднення навколишнього середовища. Бідні країни у зв‘язку з відсутністю достатнього фінансування, як правило, не мають розвиненої системи моніторингу. Це характерно і для нашої країни.