

Міністерство освіти та науки України
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

К. В. Белоконь
А. В. Вагін
Р. М. Воляр

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 183 «Технології
захисту навколишнього середовища» освітньо-професійної програми
«Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № 12 від 01.07.2025

Запоріжжя
2025

УДК 502.175 (076)
Б 435

Бєлоконь К. В., Вагін А. В., Воляр Р. М. Системний аналіз якості навколишнього середовища : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2025. 52 с.

У методичних вказівках до практичних занять «Системний аналіз якості навколишнього середовища» викладено навчально-методичні матеріали щодо опанування практичного курсу та наведені завдання до самостійної роботи. Методичні вказівки призначені для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища».

Рецензент

Д. В. Прутьков, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Відповідальний за випуск

Ю. О. Бєлоконь, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННОЗМІНЕНИХ СИСТЕМ	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ «ДЕРЕВО ЦІЛЕЙ» ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ	18
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК ОСНОВНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМАЛІЗАЦІЇ ТА ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ	24
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ТА РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ	26
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ ЧАСОВОГО РЯДУ	33
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СКЛАДОВИХ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	36
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7. ВИВЧЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	37
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8. ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ У СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ОБ’ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	42
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9. ВИВЧЕННЯ ЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКУВАННЯ У ЄВРОПІ ТА УКРАЇНІ	44
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	49
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	50

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» є необхідним елементом у процесі підготовки здобувачів ступеня вищої освіти магістра зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Фахівці в галузі технологій захисту навколишнього середовища мають бути добре обізнані з методами досліджень, що застосовуються на різних стадіях системного аналізу довкілля, таких як:

- 1) пошук можливих варіантів вирішення проблеми;
- 2) визначення наслідків використання (застосування) кожного з можливих варіантів рішення;
- 3) застосування об'єктивних тверджень або критеріїв, які вказують, чи є одне рішення більш переважним за інше. При цьому не передбачається, що використовувані способи вибору рішення є єдиними або що вони не мають невизначеностей;
- 4) надання інформації особі, яка приймає рішення, разом з описом ефектів, що отримуються при зміні параметрів системи, при зміні системи оцінок або при заміні одного варіанта рішення на інший.

Метою вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» є формування знань про: системний аналіз якості довкілля; планування методики досліджень на основі екосистемного підходу; дослідження систем різного рівня складності, які є об'єктом вивчення при вирішенні практичних завдань щодо охорони навколишнього середовища.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» є забезпечення можливостей використання набутих знань та умінь для опису, аналізу та прогнозування стану систем довкілля в умовах обмеженої інформації, а також для виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Основи екологічної безпеки» здобувач вищої освіти повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

- аналізувати складні системи, розуміти їх взаємозв'язки та організаційну структуру;
- використовувати сучасні комунікаційні, комп'ютерні технології у природоохоронній сфері, збирати, зберігати, обробляти і аналізувати інформацію про стан навколишнього середовища та виробничої сфери для вирішення завдань професійної діяльності.

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» базується на знаннях, отриманих з таких навчальних дисциплін: «Технології захисту атмосфери і водних екосистем», «Екологічна та техногенна безпека промислових об'єктів та технологій», «Технології утилізації та управління відходами», а здобуті знання будуть використовуватись у процесі підготовки кваліфікаційної роботи.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1. ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННОЗМІНЕНИХ СИСТЕМ

Мета: ознайомитися та вивчити етапи системного аналізу при дослідженні складних систем.

Короткі теоретичні відомості

Методологія системного дослідження, орієнтована насамперед на дослідження існуючих систем з метою виявлення проблем, включає до свого складу наступні кроки.

Детально етапи системного аналізу представлені на рис. 1.1.

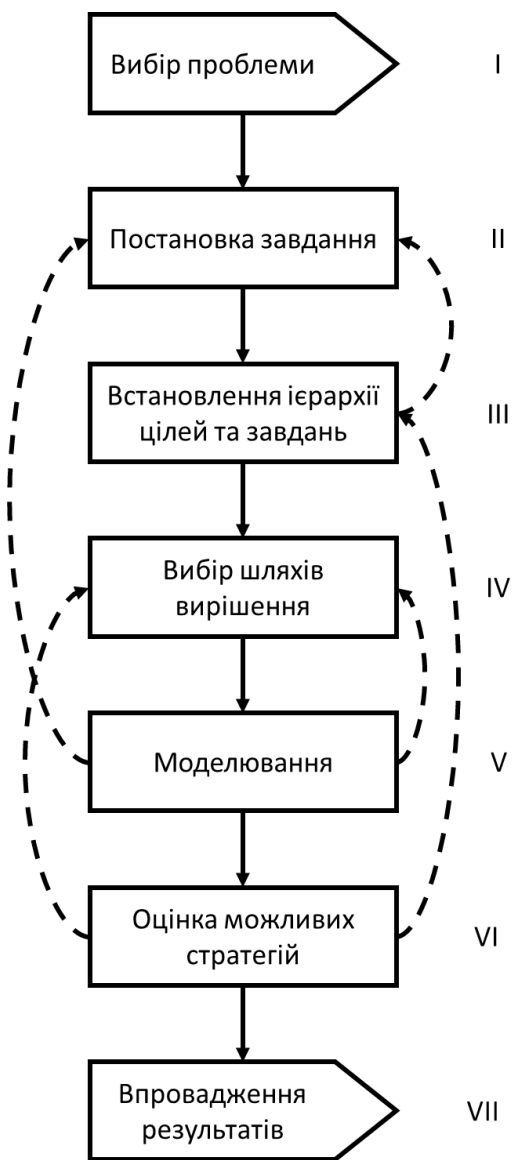


Рисунок 1.1 – Етапи системного аналізу та їх взаємозв'язок

Єдиного алгоритму системного аналізу немає і створити такий неможливо. Але існують певні правила його організації, які надають змогу вирішувати проблеми, що виникають у практичній діяльності. Вони передбачають порядок виконання системного аналізу, процедури та засоби, які використовують на його певних етапах.

Наприклад, у багатьох роботах пропонується шість основних етапів системного аналізу:

- 1) формулювання мети і завдань рішення екологічної проблеми;
- 2) визначення, розробка і перевірка можливих та альтернативних засобів, методів, способів вирішення екологічної проблеми;
- 3) прогнозування стану або розвитку даної екологічної проблеми;
- 4) розробка та застосування моделей і сценаріїв прогнозу розвитку екологічних ситуацій;
- 5) порівняння та вибір альтернативних шляхів вирішення відповідної екологічної ситуації;
- 6) реалізація програми та контроль виконання, представлення результатів.

За Дж. Джефферсом (1981), системний аналіз у вирішенні практичних завдань екології традиційно має сім взаємопов'язаних етапів:

вибір проблеми → постановка завдання → встановлення ієрархії цілей і завдань → вибір шляхів вирішення → моделювання → оцінка можливих стратегій → впровадження результатів.

Нижче наведена стисла характеристика цих етапів системного аналізу. *Вибір проблеми (I етап)* є результатом вибору головних цінностей у суспільстві. Визнання того, що існує деяка проблема (або сукупність взаємопов'язаних проблем), яку можна досліджувати за допомогою системного аналізу, і яка цілком важлива для детального вивчення, не завжди виявляється тривіальним кроком. Усвідомлення того, що дослідження справді необхідне, настільки ж важливе, як і вибір правильного методу дослідження. З одного боку, можна взятися за вирішення проблеми, що не піддається системному аналізу, а з іншого – вибрати проблему, яка не потребує для свого вирішення усієї потужності системного аналізу, і вивчати яку цим методом було би розкішно. Така дилема першого етапу робить його критичним для успіху або невдачі всього дослідження.

Постановка завдання (II етап). Завдання має бути настільки простим, щоби мати аналітичне рішення за збереження всіх тих елементів, які роблять проблему досить актуальною для практичного вивчення. Саме на цьому етапі можна зробити найвагоміший внесок у вирішення проблеми.

Встановлення ієрархії цілей і завдань (III етап). Зазвичай мета і завдання утворюють деяку ієрархію. Причому як мета, так і основні завдання послідовно поділяють на першочергові й другорядні. Генеральну мету методом декомпозиції слід розділити на *дерево цілей*.

Необхідно визначити пріоритети різних стадій і зіставити їх із тими зусиллями, які потрібні для досягнення поставлених цілей.

Вибір шляхів вирішення (IV етап). Шляхи або засоби залежать від обсягу знань матеріально-технічних засобів, що є в арсеналі фахівця із системного аналізу. Як правило, на початку системного аналізу потрібен вербальний опис проблеми, який повинен окреслити певну піддослідну проблему. Загалом аналітик шукатиме найзагальніше аналітичне рішення, що дозволяє використовувати результати дослідження вже виконаних аналогічних завдань і результативний математичний апарат.

Моделювання (V етап) – етап активних маніпуляцій із копіями й відображеннями систем або модельних досліджень чи експериментів зі складними динамічними взаємозв'язками між різними аспектами проблеми.

Оцінка можливих стратегій (VI етап). У ході цього етапу досліджують чутливість результатів до допусків, зроблених за побудови моделі, оскільки правомірність цих допусків можна перевірити лише в процесі використання моделі. Якщо виявиться, що основні допуски некоректні, можливо, доведеться повернутися до етапу моделювання, але часто вдається поліпшити модель, трохи модифікувати вихідний варіант.

Впровадження результатів (VII етап). Системний аналіз не можна вважати завершеним доти, поки дослідження не дійде до стадії практичного впровадження, управлінського чи виробничого використання – перевірки ефективності розробки для вирішення виниклої проблеми.

Основні методи неформального системного аналізу. Будь-яка науково-дослідна та практична діяльність проводиться на базі *методів* (прийомів або способів дії), *методик* (сукупності методів і прийомів проведення будь-якої роботи) і *методологій* (сукупності прийомів дослідження). Методологія системного аналізу представляє сукупність принципів, концепцій і конкретних методів, а також методик.

Методологія системного аналізу дозволяє побудувати системну картину світу із застосуванням принципів системного проектування, прогнозування і моделювання. Найбільший вплив системний аналіз має на процеси управління в соціальних, економічних, екологічних і політичних системах.

Важливою складовою системного аналізу є генерування альтернатив, тобто гіпотез про можливі шляхи та способи досягнення визначеної мети. При цьому застосовують різні *неформальні (якісні) методи (процедури)*: метод експертних оцінок, метод Дельфи, метод мозкового штурму, метод сценаріїв тощо.

Метод експертної оцінки. Суть методу в сучасному розумінні зводиться до процедури отримання оцінки проблем на основі думки спеціалістів даної галузі знань (експертів) з метою подальшого прийняття рішення. Ці думки зазвичай виражені в кількісній або якісній формах. Експертні дослідження виконують з метою підготовки інформації для прийняття рішень. Для проведення роботи за методом експертних оцінок створюють робочу групу. Експертні оцінки бувають індивідуальні та колективні. Метод експертної оцінки використовують у тому випадку, коли об'єкти прогнозу не піддаються формалізації повністю або частково. За допомогою методів експертної оцінки

можна підвищити надійність прогнозів, отриманих за допомогою інших методів.

Існує маса методів отримання експертних оцінок. Один з найбільш відомих методів експертних оцінок – це *метод Дельфі*.

Основними особливостями методу Дельфі є: анонімність гіпотез; обґрунтування думок експертів із граничними оцінками; наявність зворотного зв'язку, що реалізується за допомогою багатокрокового опитування.

Метод Дельфі розроблений для вирішення стратегічних проблем за граничного зменшення впливу суб'єктивного фактора, стимулювання способів мислення спеціалістів шляхом створення інформаційної системи зі зворотними зв'язками, усунення перешкод в обміні інформацією між фахівцями, тиску авторитету та інших форм тиску, підвищення достовірності прогнозів шляхом спеціальних процедур кількісного оцінювання думок експертів та їх опрацювання. У найрозвинутіших варіантах методу експертам присвоюють вагові коефіцієнти значущості їхніх тверджень, які обчислюють на основі попередніх опитувань. Їх уточнюють від туру до туру і враховують при одержанні узагальнених результатів оцінок.

Технічна процедура методу Дельфі така:

- 1) формування групи компетентних експертів;
- 2) формулювання мети роботи;
- 3) розроблення опитувальної форми для експертів;
- 4) опитування експертів за розробленою формою;
- 5) статистичне опрацювання результатів опитування;
- 6) аналіз кожним експертом підсумків опрацювання даних і надання йому шансу врахувати думку всієї групи;
- 7) корегування думки окремих експертів, повторне опитування й статистичне опрацювання всіх думок.

Ще один варіант експертного оцінювання – *мозковий штурм* («конфедерація ідей» і «колективна генерація ідей»), який використовується для глибокого і швидкого вчення проблеми у вузьких сферах чи напрямках. Спочатку здійснюється групування завдань з використанням універсального методу сканування. Цей етап завжди використовують для першого осмислення виниклої проблеми у найширшому спектрі підходів для розв'язання проблеми, коли немає попереднього практичного досвіду її опрацювання. Суть методу мозкового штурму зводиться до того, що експертам надається повна свобода мислення і висловлювання нових ідей. Розглядаючи всі генеровані ідеї, не допускають критики і не припиняють обговорення жодної ідеї. З цією метою створюють атмосферу, котра сприяє генерації нетривіальних ідей і звільняє експертів від стереотипного мислення.

Процедура мозкового штурму має такий вигляд:

- 1) вузьке формулювання завдання;
- 2) створення групи вузьких фахівців;
- 3) генерування (часто анонімне) множини ідей та підходів;
- 4) групування відібраних ідей на актуальні й перспективні, відбір актуальних рішень;

5) документація ідей, придатних для використання на подальших етапах роботи.

Зазвичай зі 100 ідей 30 заслуговують подальшого опрацювання, 5-6 дають можливість сформулювати основи проекту, а 2-3 залишаються і в результаті приносять корисний ефект – прибуток, підвищення екологічної безпеки, оздоровлення навколишнього природного середовища і т.д.

Метод сценаріїв передбачає, що способи та процедури підготовки й узгоджень уявлень про проблему чи об'єкт, які досліджують, викладені у письмовому вигляді (сценарій). Як правило, сценарій готує кожен експерт, а потім думки експертів узгоджують. Цей метод застосовують для розв'язання слабо структурованих проблем, у яких стратегія розвитку системи спрямована на гостро конфліктну ситуацію.

Метод сценаріїв необхідний не тільки в екологічній чи соціально-економічній галузі. Наприклад, при розробці методологічного, програмного та інформаційного забезпечення аналізу ризику хіміко-технологічних проектів необхідно скласти детальний каталог сценаріїв аварій, пов'язаних з витоками токсичних хімічних речовин. Кожен з таких сценаріїв описує аварію свого типу, зі своїм індивідуальним походженням, розвитком, наслідками, можливостями попередження. Таким чином, метод сценаріїв – це метод декомпозиції задачі прогнозування, що передбачає виділення набору окремих варіантів розвитку подій (сценаріїв), у сукупності охоплюють всі можливі варіанти розвитку. При цьому кожен окремий сценарій повинен допускати можливість досить точного прогнозування, а загальну кількість сценаріїв необхідно оглянути. Набір сценаріїв повинен бути доступним для огляду. Доводиться виключати різні малоімовірні події – приліт інопланетян, падіння астероїда, масові епідемії раніше невідомих хвороб і т.д. Саме по собі створення набору сценаріїв – предмет експертного дослідження. Крім того, експерти можуть оцінити ймовірності реалізації того чи іншого сценарію.

Як відомо, при прийнятті рішень на основі *аналізу ситуації* (*ситуаційного аналізу*), в тому числі аналізі результатів прогнозних досліджень, можна виходити з різних критеріїв. Наприклад, можна орієнтуватися на те, що ситуація складеться найгіршим, або найкращим, або середнім (у будь-якому сенсі) чином. Можна спробувати намітити заходи, що забезпечують мінімально допустимі корисні результати при будь-якому варіанті розвитку ситуації і т.д.

Метод комісії полягає в організації та проведенні відкритої дискусії з метою отримання єдиного угодженого висновку експертів, причому цей висновок визначають шляхом голосування (бажано таємного). Перевагою цього методу є можливість підвищення рівня інформованості експертів і зміна їхніх попередніх висновків у процесі обговорення. До вад методу комісії можна віднести: відсутність анонімності, що може призвести до неформального впливу авторитетних експертів; різну активність експертів, яка часто не залежить від їхньої компетентності; за ангажованістю експертів.

Одним із різновидів неформального методу системного аналізу є *метод суду*, коли частина експертів підтримує певну альтернативу і наводить аргументи на її користь, а частина – є противники, котрі обґрунтовують її вади.

У країнах із розвиненим громадським суспільством саме суди найчастіше стають ефективними засобами захисту безпеки довкілля, оскільки навіть рядові громадяни все більш звертаються у ці інстанції з позовами і скаргами щодо дій влади, компаній, окремих порушників екологічної безпеки.

Осторонь від основного русла експертних оцінок перебуває *SWOT-аналіз*. *SWOT* – це *strengths* (сильні сторони), *weaknesses* (слабкі сторони), *opportunities* (можливості) і *threatening* (загрози). Внутрішні елементи системи (наприклад, урбоєкосистеми) відбиваються в основному в *S* і *W*, а зовнішні – в *O* і *T*. *SWOT*-аналіз є ефективним засобом систематичного вивчення та оцінки потенціалу, які система має для реалізації її екологічної місії та відповідних даної місії цілей.

Одним із видів науково-практичної діяльності, де реалізується метод експертної оцінки, є *екологічна експертиза*, що являє собою систему державних природоохоронних заходів, спрямованих на перевірку відповідності проектів, планів і заходів в області господарського будівництва і використання природних ресурсів вимогам захисту довкілля. Екологічна експертиза – це вид науково-практичної діяльності, яку можна здійснювати ефективно лише на системному підході з використанням методології системного аналізу. Крім того, екологічна експертиза є одним з інструментів системного аналізу НС.

Методи і критерії оцінювання якості компонентів навколишнього природного середовища. Отримання інформації про стан атмосферного повітря здійснюється шляхом створення мережі моніторингу. Спостереження за якістю повітря проводяться на постах спостережень 3-х категорій: стаціонарних, маршрутних і пересувних (підфакельних). Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводять за однією з чотирьох програм: повною, неповною, скороченою, добовою.

Моніторинг атмосферного повітря проводиться в 53 містах України на 163 стаціонарних постах, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу. Пріоритетними ЗР, що визначаються на усіх постах являються пил, CO, SO₂, NO₂.

Оцінка якості атмосферного повітря базується на двох підходах (методах):

1) метод порівняння – полягає в порівнянні вимірної або розрахованої величини показника з нормативом (метод ГДК);

2) метод інтегральної оцінки – дозволяє оцінити якість атмосферного повітря в певному районі або по місту в цілому за однією або декількома ЗР на основі розрахунку комплексних показників.

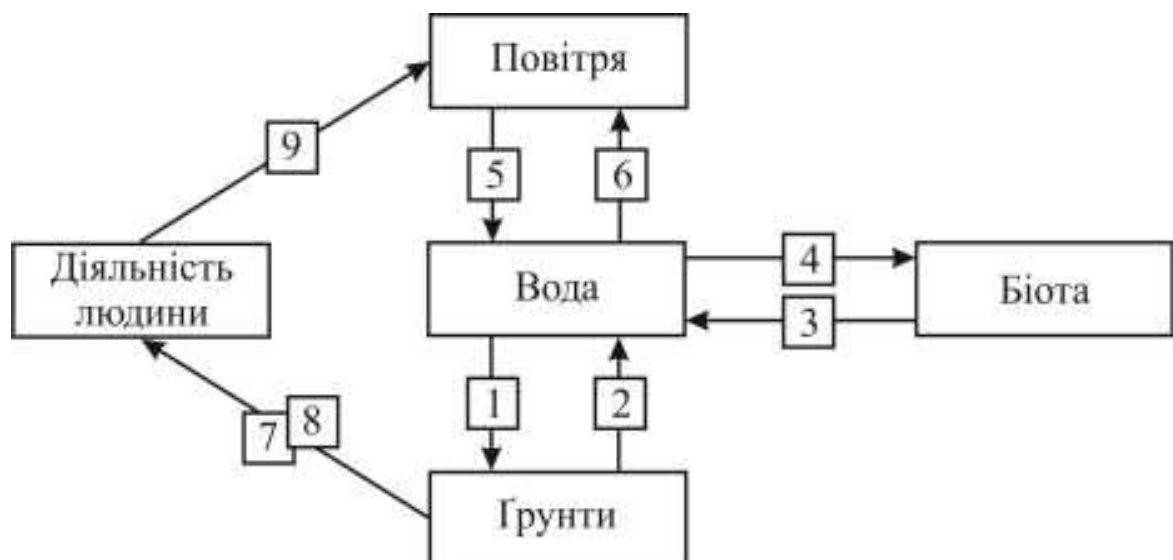
Метод ГДК. Суть методу полягає в порівнянні величини показника з нормативом (стандартом). У ролі таких нормативів використовують величини гранично допустимих концентрацій, тимчасово допустимих концентрацій (ТДК), орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) та ін. Згідно з законом України «Про охорону атмосферного повітря», для обмеження забруднення та можливості контролю стану повітряного середовища Міністерством охорони здоров'я встановлюються гранично доступні концентрації забруднюючих атмосферу речовин. На сьогодні розроблено нормативи ГДК і ОБРВ більш ніж

для 700 токсичних речовин в атмосферному повітрі. ГДК ЗР в атмосферному повітрі розроблені для двох середовищ, що оточують людину: виробниче та житлове (селітебне).

Гранично допустима концентрація – це максимальна концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу усереднювання, яка при періодичному впливі або упродовж усього життя людини не впливає і не вплине негативним чином (включаючи віддалені наслідки) на нього і на довкілля в цілому.

Формування якості природних вод являє собою складну сукупність процесів обміну хімічними речовинами природних вод з іншими природними середовищами в різних географічних умовах і при різному антропогенному навантаженні (рис. 1.2).

Комплекс факторів, що регулюють якість води, складають 5 основних блоків: гідрометеорологічний, гідрохімічний, гідробіологічний, фізико-географічний, антропогенний. Їх можна назвати блоками регулювання якості води. Кожен з цих блоків характеризується великим переліком різноманітних показників, що відображають внутрішню структуру і специфічні властивості цього фактора.



1 – адсорбція; 2 – десорбція; 3 – виділення екскрементів водних організмів; 4 – біоаккумуляція хімічних речовин у гідробіонтах; 5 – надходження речовин з опадами; 6 – випаровування з поверхні водойм і зв'язаний з ним потік речовин; 7 – внесення агрохімікатів і пестицидів, меліорації, водна ерозія, яка викликана механічною деформацією структури ґрунту; 8 – зворотні води, водний транспорт, зарегулювання стоку; 9 – викиди забруднюючих речовин в атмосферу

Рисунок 1.2 – Обмін хімічними речовинами між водою й іншими середовищами

Гідрометеорологічний фактор включає характеристики водного стоку (поверхневий, поверхнево-схильовий, підземний, твердий), метеорологічні показники (кількість опадів, температурний режим і т.д.).

Під *гідрохімічним фактором* необхідно розуміти сукупність фізико-хімічних процесів, що проходять між основними групами хімічних речовин, розчинених у воді (головні іони, біогенні й органічні речовини, мікроелементи, специфічні забруднювачі антропогенного походження). Фактор виділяється умовно, тому що усі характеристики його зв'язані з аналогічними характеристиками інших факторів.

Серед основних ознак *гідробіологічного блоку* виділені: зообентос, фітопланктон, зоопланктон, перифітон, мікробіологічні показники.

Фізико-географічний фактор відображає особливості ландшафту, у якому проходить формування хімічного складу води конкретної річки. Він може включати характеристики лісистості, заболоченості, озерності, еродованості.

Роль і ступінь участі *антропогенного блоку* в загальних процесах формування якості води визначаються такими ознаками: розораність, скидання СВ, внесення добрив, меліорування, густина населення, питома вага поголів'я великої рогатої худоби, інших тварин, зарегулювання стоку та ін.

Кількість ознак, що характеризують кожний із блоків, може змінюватися залежно від складності поставленого завдання, можливості інструментального визначення ряду ознак, наявності тих чи інших видів господарської діяльності, фізико-географічних особливостей території.

Можна виділити три групи методів оцінки якості вод:

- 1) метод зіставлення;
- 2) методи оцінювання якості вод як середовища існування;
- 3) методи комплексної оцінки якості або забрудненості водних об'єктів на основі системи інтегральних показників.

Оцінка відповідності якості води встановленим нормам (метод зіставлення) базується на порівнянні показників хімічного складу, фізичних властивостей і біологічних характеристик води з відповідними нормативними показниками. Нормування якості води здійснюється відповідно до «Правил охорони поверхневих вод від забруднення». Залежно від виду водокористування розрізняють гігієнічні та рибогосподарські норми якості води водних об'єктів.

Оцінка якості води виконується методом зіставлення значень показників якості води (виміряних або розрахованих) з нормативами.

Норми якості води водних об'єктів включають:

- 1) загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів (нормується 11 основних показників складу і властивостей води – температура, зважені речовини, мінералізація (сухий залишок), хлориди, сульфати, розчинений кисень, рН, БСК, збудники захворювань, отруйні речовини);

- 2) список ГДК речовин у воді водних об'єктів (ГДК встановлені для 420 забруднюючих речовин).

До господарсько-питного відноситься водокористування водними об'єктами в якості джерел централізованого господарсько-питного водозабезпечення, а також для забезпечення підприємств харчової промисловості. До комунально-побутового водокористування відноситься

використання водних об'єктів для купання, заняття спортом і відпочинку населення. У цьому випадку норми якості води – *гігієнічні*.

Визначення гігієнічних ГДК забруднюючих речовин ґрунтується на вивченні впливу ЗР за трьома лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ):

1) *санітарно-токсикологічною* – чутливість живих організмів до впливу забруднюючих речовин;

2) *органолептичною* – смак, запах і колір;

3) *загально-санітарною* – інтенсивність БСК, процесів мінералізації азотовмісних речовин та інші характеристики, що визначають інтенсивність процесів самоочищення води.

За кожною з ЛОШ визначають діючу (граничну) і недіючу (підпорогову) концентрацію. Як ГДК беруть мінімальну з трьох, визначених за кожною із ЛОШ, і відзначається ЛОШ для цієї речовини. Отже, у списках гігієнічних ГДК речовини поділені на три групи за ЛОШ: перша група об'єднує речовини з санітарно-токсикологічною ЛОШ; друга – з органолептичною ЛОШ; третя – із загально-санітарною ЛОШ.

Норми якості води повинні дотримуватися: у водотоках – на відстані 1 км вище за межу району водокористування; у водоймах – на відстані 1 км від меж району водокористування на всі боки.

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то якість води оцінюють виходячи з цих природних особливостей водного об'єкту.

Рибогосподарські норми якості води використовують для оцінювання якості водних об'єктів при рибогосподарському водокористуванні (використанні для проживання, розмноження і міграції риб та інших організмів). Рибогосподарські водні об'єкти можуть бути 3-х категорій:

1) *вища категорія* (місця розміщення нерестилищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних і цінних видів риб та інших промислових водних організмів, а також охоронні зони господарств будь-якого типу для штучного розведення і вирощування риб, інших водних тварин та рослин);

2) *перша категорія* (водні об'єкти для збереження і відтворення цінних видів риб, що мають високу чутливість до вмісту кисню);

3) *друга категорія* (водні об'єкти, що використовуються для інших рибогосподарських цілей).

ЗР за рибогосподарськими нормативами характеризуються 5-ма ЛОШ. До трьох ЛОШ за гігієнічними нормативами додаються ще дві: токсикологічна – чутливість окремих видів гідробіонтів до дії токсичних речовин; рибогосподарська – втрата товарних якостей рибної продукції внаслідок накопичення в ній неприпустимої кількості забруднюючих речовин.

Згідно з рибогосподарськими нормами, склад і властивості води повинні задовольняти вимогам нормативів або безпосередньо в місці випуску СВ, або в створі, визначеному органами рибоохорони не далі, ніж в 500 м від місця випуску.

Проблема оцінки якості ґрунтового покриття досить складна і мало вивчена. Найбільш розробленим напрямом є оцінка забрудненості ґрунтів з

використанням нормативів ГДК, яка дозволяє судити про ступінь хімічного забруднення. ГДК ЗР в ґрунті – це максимальна масова доля речовини, що забруднює ґрунти, яка не справляє прямого або непрямого впливу (включаючи віддалені наслідки) на НПС і людину.

Завдання розробки нормативів ГДК для ґрунту дуже складне, оскільки забруднення впливає на здоров'я людини не прямим шляхом, а через трофічні ланцюги: ґрунти – рослина – людина, ґрунти – рослина – тварина – людина, ґрунти – вода – людина тощо.

При санітарно-гігієнічному нормуванні враховують такі показники шкідливості: *транслокаційний (K1)* – лімітуючий перехід нормованої ЗР у рослину; *міграційний водний (K2)* – лімітуючий перехід нормованої ЗР у водне середовище; *міграційний повітряний (K3)* – лімітуючий перехід нормованої ЗР у повітряне середовище; *загальносанітарний (K4)* – оцінюючий здатність ґрунту до самоочищення і ґрунтовий мікробіоценоз, можливості хімічних перетворень.

Хід роботи

1. Ознайомитися із структурною схемою, де представлені етапи системного аналізу.
2. Проаналізуйте кожен етап системного аналізу та їх взаємозв'язок.
3. Використовуючи системний аналіз сформуєте алгоритм (схему) вирішення практичного екологічного завдання згідно варіанта.
4. З'ясуйте наскільки ваші варіанти рішень відрізняються від запропонованих (табл. 1.1).
5. Зробити висновки.

Завдання:

1. Використовуючи системний аналіз сформуєте алгоритм (схему) вирішення наступного практичного екологічного завдання: покращити стан атмосферного повітря урбосистеми малого міста. Охарактеризуйте етапи системного аналізу у вирішенні цього завдання. Конкретизуйте екологічну проблему, сформулюйте завдання системного дослідження, встановіть ієрархію цілей та завдань заданої проблеми.

2. Використовуючи системний аналіз сформуєте алгоритм (схему) вирішення наступної практичної екологічної проблеми: встановити причини погіршення екологічного стану мікрорайону урбосистеми великого міста. Охарактеризуйте етапи системного аналізу у вирішенні цього завдання. Конкретизуйте екологічну проблему, сформулюйте завдання системного дослідження, встановіть ієрархію цілей та завдань заданої проблеми.

3. Використовуючи системний аналіз сформуєте алгоритм (схему) вирішення наступного практичного екологічного завдання: покращити екологічну ситуацію території в зоні дії промислового об'єкта. Охарактеризуйте етапи системного аналізу у вирішенні цього завдання. Конкретизуйте екологічну проблему, сформулюйте завдання системного дослідження, встановіть ієрархію цілей та завдань заданої проблеми.

Таблиця 1.1 – Приклад вирішення екологічного завдання

Завдання	Проблема	Завдання	Ієрархія цілей і завдань*			
1	погіршення екологічного стану мікрорайону урбосистеми великого міста	встановити причини погіршення екологічного стану мікрорайону урбосистеми великого міста	оцінити антропогенне навантаження (господарсько-виробничий комплекс) на місто, встановити джерела впливу на довкілля	оцінити екологічний стан природних компонентів міста (атмосфера, водні, ресурси, ґрунтовий, рослинний покрив)	встановити джерела забруднення довкілля, які є пріоритетними у формуванні екологічного стану мікрорайону	
2	погіршення стану атмосферного повітря урбосистеми малого міста	покращити стан атмосферного повітря урбосистеми малого міста	встановити джерела забруднення атмосферного повітря	дослідити якісний стан атмосферного повітря	дослідити конструктивні фактори покращення стану атмосферного повітря	розробка заходів з покращення атмосферного повітря
3	несприятлива екологічна ситуація території в зоні дії промислового об'єкта	покращити екологічну ситуацію території в зоні дії промислового об'єкта	дослідити стан складових довкілля території	провести екологічну оцінку промислового об'єкта	розробити систему природоохоронних заходів на промисловому об'єкті	розробити систему природоохоронних заходів для території

Завдання	Проблема	Завдання	Ієрархія цілей і завдань*			
4	погіршений екологічний стан водного об'єкта, що знаходиться у межах населеного пункту	покращити екологічний стан водного об'єкта, що знаходиться у межах населеного пункту	провести комплексне дослідження точкових та площинних джерел забруднення водойми	провести дослідження якості води (гідрохімічні, біологічні)	встановити причини погіршення стану водного об'єкту	розробити комплексну систему природо-охоронних напрямлених на покращення стану водойми
5	погіршився екологічний стан рекреаційної території навколо озера	покращити екологічний стан рекреаційної території навколо озера	оцінити стан рекреаційної території	оцінити рекреаційне навантаження на територію	розробити комплекс заходів щодо покращення екологічного стану рекреаційної території	
6	формування значних впливів промислового об'єкта на довкілля	зменшити дію впливу промислового об'єкта на стан довкілля	оцінити вплив підприємства на складові довкілля	встановити стан довкілля поблизу підприємства	визначити компоненти довкілля, що потребують покращення	розробити комплекс заходів, щодо зменшення дії промислового об'єкта

*Можливі інші аргументовані шляхи та підходи до вирішення поставленого завдання

4. Використовуючи системний аналіз сформулюйте алгоритм (схему) вирішення наступного практичного екологічного завдання: покращити екологічний стан рекреаційної території навколо озера. Охарактеризуйте етапи системного аналізу у вирішенні цього завдання. Конкретизуйте екологічну проблему, сформулюйте завдання системного дослідження, встановіть ієрархію цілей та завдань заданої проблеми.

5. Використовуючи системний аналіз сформулюйте алгоритм (схему) вирішення наступного практичного екологічного завдання: покращити стан паркової зони урбосистеми малого міста. Охарактеризуйте етапи системного аналізу у вирішенні цього завдання. Конкретизуйте екологічну проблему, сформулюйте завдання системного дослідження, встановіть ієрархію цілей та завдань заданої проблеми.

6. Використовуючи системний аналіз сформулюйте алгоритм (схему) вирішення наступного практичного екологічного завдання: зменшити дію впливу промислового об'єкту на стан довкілля. Охарактеризуйте етапи системного аналізу у вирішенні цього завдання. Конкретизуйте екологічну проблему, сформулюйте завдання системного дослідження, встановіть ієрархію цілей та завдань заданої проблеми.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке системний аналіз якості довкілля?
2. За яких послідовних етапів здійснюємо системний аналіз?
3. Проаналізуйте 6 етапів системного аналізу та їх взаємозв'язок.
4. Проаналізуйте роль 7 етапу «Практичне впровадження результатів» у вирішенні екологічних завдань.
5. Що таке «системний підхід»?
6. Які основні принципи системного підходу?
7. У чому полягає суть системного аналізу?
8. Які атрибути системного аналізу як науки?
9. Що таке «дерево цілей»?
10. У чому полягає суть методу експертних оцінок?
11. У чому полягає суть Дельфі?
12. У чому полягає суть методу «мозкового штурму»?
13. У чому полягає суть методу сценаріїв?
14. У чому полягає суть аналізу ситуації?
15. У чому полягає суть комісії?
16. У чому полягає суть SWOT-аналізу?
17. Які основні інструменти системного аналізу навколишнього середовища?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ «ДЕРЕВО ЦІЛЕЙ» ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Мета: навчитися застосовувати метод «Дерево цілей» для вирішення екологічних проблем

Короткі теоретичні відомості

Дерево цілей – ієрархічне візуальне уявлення досягнення цілей, принцип, за якого головна мета досягається за рахунок сукупності другорядних і додаткових цілей.

Застосування методики побудови дерева цілей дозволяє систематизувати та структурувати всі етапи досягнення головної мети, виявити необхідні шляхи та ресурси досягнення цілей і уникнути зайвих заходів та витрат, оцінити реалізацію досягнення цілей, враховуючи наявні ресурси, встановити пріоритет цілей, визначити конкретних виконавців, характер і розмір їхньої роботи. Термін «дерево цілей» використовується як для деревоподібних ієрархічних структур, так і «слабких» ієрархій.

Мета дерева цілей – це те, що ми хочемо мати в результаті, наш фініш, наше успішне реалізація поставленої мети.

Для того, щоб зрозуміти чи є сформульована мета вірною, Вам допоможе критичне мислення, а також технологія SMART (рекомендується використовувати для короткострокових цілей тактичного та операційного рівнів). Коротко нагадаємо про нього. Мета повинна бути: Конкретною (Specific). Вимірною (Measurable). Досяжною (Achievable). Значною (Relevant). Обмеженою у годині (Time bound). Критерії якості: Specific. Мета повинна бути чітко, точно і ясно сформульованою, однозначно сприймається всіма зацікавленими особами. Для перевірки скористаєтесь правилом Брайна Трейсі: мета повинна бути зрозуміла 6-річній дитині, щоб він зміг пояснити її своєму ровеснику. Measurable. Результат, отриманий при досягненні мети, повинен бути вимірюваний, необхідно визначити відповідні критерії, в ідеальному випадку кількісні. Achievable. Мета повинна бути свідомо досяжна з урахуванням наявних ресурсів та інших внутрішніх/зовнішніх факторів. Realistic / reasonable. Мета повинна бути реалістичною для Вашої команди. Time bound. Потрібно чітко визначати терміни досягнення мети. Якщо немає часових рамок, то набирає чинності принцип: робота займає всю відведену для неї годину. Хотілося б додати, що при формулюванні цілей слід описувати бажаний вимірний однозначний результат, а декомпозиція завершується, коли ясний шлях реалізації мети (отримуємо задачу) без подальшої деталізації.

Цілі 1, 2, 3 – основні цілі, що сприяють реалізації головної мети, природно і щоб другорядні цілі реалізувати — можливо, доведеться ще виконати, на ієрархію нижче, — цілі a і b (Тобто як справжнє дерево — є один стовп і кілька великих гілок, які містити також ще кілька гілок, але поменше. і т.д. і т.п.)

Другорядні цілі – можуть бути як складові для досягнення головної мети (без їх успішного виконання – ніяк не виконати головну), так і додаткові (можна обійтися, але не бажано).

При використанні методу дерева цілей як засобу прийняття рішень використовують також термін «дерево рішень». При застосуванні дерева цілей для виявлення й уточнення функцій керування говорять про «дерево цілей і функцій». При структуризації тематики науково-дослідної організації зручніше користатися терміном «дерево проблем», а при розробці прогнозів терміном «дерево напрямків розвитку (чи прогнозування розвитку)» або згаданим вище терміном «прогнозний граф».

Основне правило побудови «дерева цілей» – це «повнота редукції» – процес зведення складного явища, процесу або системи до більш простих складових. Для реалізації цього правила використовують такий системний підхід (рис. 2.1): ціль вищого рівня є орієнтиром, основою для розробки (декомпозиції) цілей нижчого рівня; цілі нижчого рівня є способами досягнення мети вищого рівня і мають бути представлені так, щоб їхня сукупність зумовлювала досягнення початкової цілі.

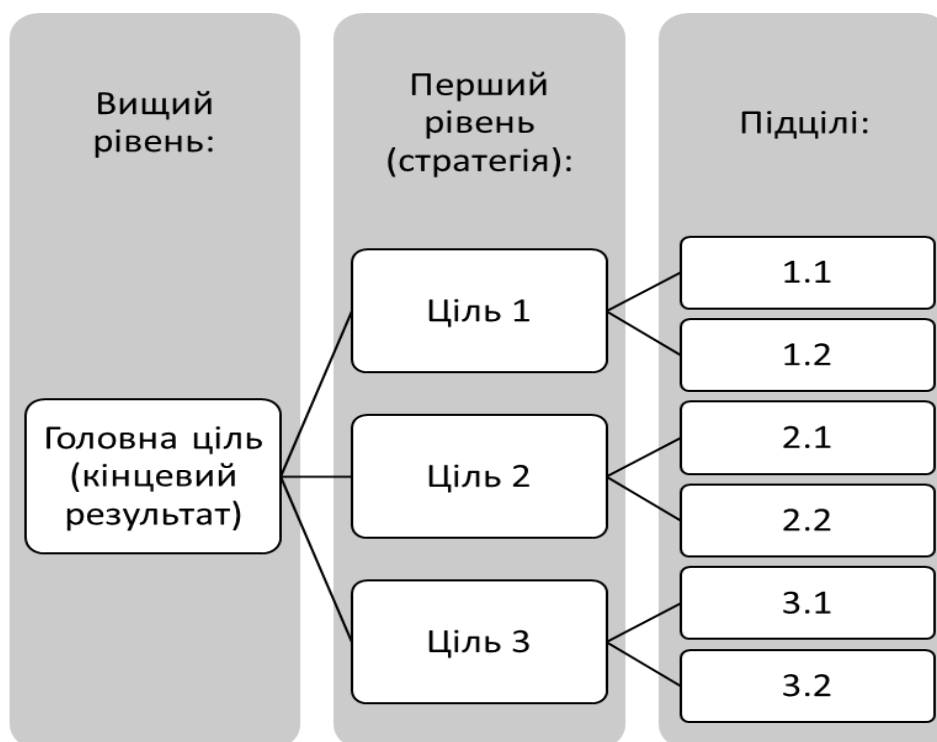


Рисунок 2.1 – Послідовність побудови «дерева цілей»

Побудова «дерева цілей» будь-яким методом базується на таких якостях цілей, як:

- підпорядкованість – одні цілі обумовлюють інші;
- розгорнутість – здатність зображення якої-небудь загальної мети декількома конкретними цілями;
- співвідносна важливість – різні цілі мають різне значення.

Це дозволяє ранжувати цілі, виділяючи серед них більш менш важливі (рис. 2.2).

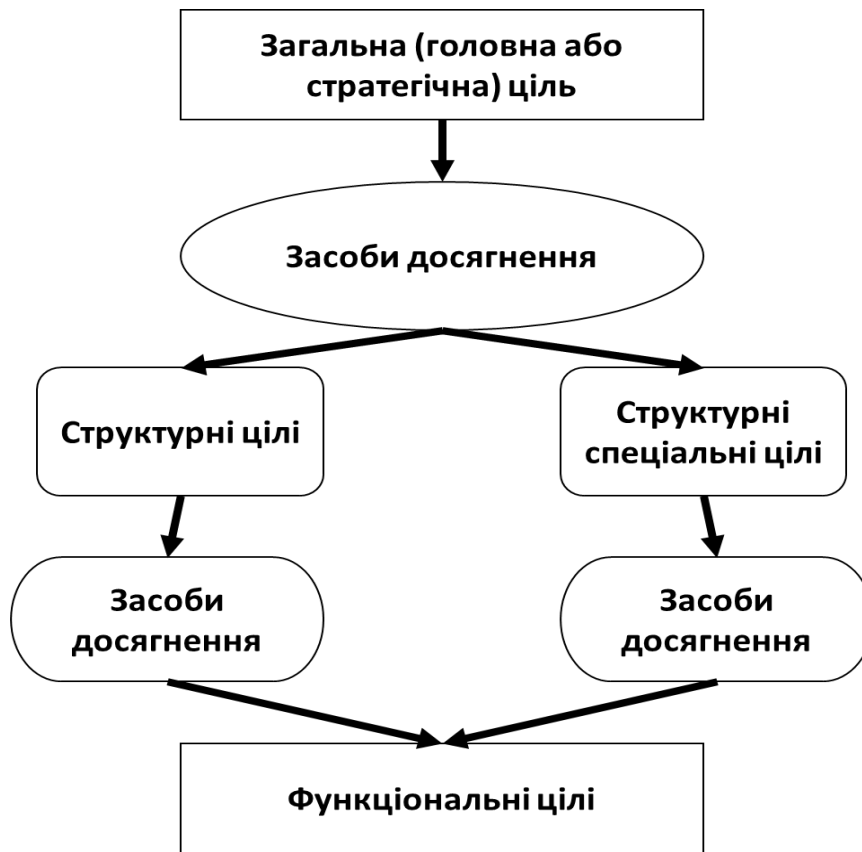


Рисунок 2.2 – Схема постановки цілі

Вимоги до побудови «дерева цілей»:

1. Цілі кожного рівня повинні бути порівнянні по масштабу і значенню.
2. Формулювання цілей повинне забезпечувати можливість кількісної і якісної оцінки досягнення мети.
3. Основним принципом побудови дерева цілей є повнота редукції, тобто кожна мета певного рівня повинна бути зображена у вигляді підцілей наступного рівня так, щоб сукупність підцілей давала повне уявлення про початкову ціль.
4. Формулюючи цілі різних рівнів необхідно описати бажані результати, а не способи їхнього отримання.
5. Підцілі кожного рівня повинні бути незалежні одна від однієї і не повинні виходити одна з іншої.
6. Ознакою завершення побудови дерева цілей є формулювання таких понять, які визначають альтернативні способи досягнення цілі. Самі вони не є цілями, це заходи щодо досягнення цілі вищого рівня.
7. Відсутність суперечностей між цілями, що знаходяться на різних рівнях «дерева цілей».
8. Декомпозицію місії і цілі на всіх рівнях слід проводити за одним і тим же методологічним підходом.

9. Цілі усіх рівнів мають бути виражені в конкретних обсягах, строках з визначенням конкретних виконавців (відповідальних).

10. Забезпечення узгодженості, зв'язку між цілями різного порядку. При цьому слід враховувати наявність двох видів зв'язків між цілями – горизонтальних і вертикальних.

Метод дерева цілей орієнтований на одержання повної і відносно стійкої структури цілей, проблем, функцій, напрямків, тобто такої структури, яка мало змінюватиметься протягом певного періоду часу при неминучих змінах, що відбуваються в будь-якій системі, яка розвивається. Для досягнення цього при побудові варіантів структури варто враховувати закономірності цілеутворення і використовувати принципи і методики формування ієрархічних структур цілей і функцій. Цілі впливають з об'єктивних потреб і мають ієрархічний характер.

Цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, поки не досягнуті цілі найближчого нижнього рівня. В міру переміщення вниз рівнями ієрархії цілі конкретизуються. У процесі побудови та використання дерева цілей необхідно прагнути чіткого і конкретного формулювання цілей, забезпечити можливість кількісної чи порядкової оцінки ступеня їхнього досягнення.

Цілі діяльності системи необхідно конкретизувати за часом і виконавцями, тобто загальний остаточний результат, якого прагне система, треба піддати декомпозиції на окремі задачі, що розв'язуватимуться в коротші терміни. Крім того мета, якої прагне, наприклад, фірма загалом, конкретизується для окремих підрозділів і ланок апарату керування. При цьому необхідно, щоб колектив кожного підрозділу чітко знав загальну (генеральну) мету і свою роль у її досягненні.

Структурування дає можливість деталізувати цілі і шляхи їхнього досягнення, виявити існуючі між ними взаємозв'язки, забезпечити визначену логіку розв'язання проблеми. В більшості випадків дерево цілей будується поетапно, згори донизу, шляхом послідовного переходу від вищого рівня до нижчого суміжного рівня, хоча існують методи побудови дерева одночасно «згори» – від розробників та керівництва, та «знизу» – починаючи від користувачів-виконавців, з наступною координацією отримуваних структур.

Структурування дає можливість навіть при проведенні чисто якісного аналізу одержати нові ідеї, розкрити нові можливості рішення досліджуваної проблеми на різних рівнях керування.

Конкретизація цілей згори донизу повинна зростати: чим нижче рівень, тим в докладнішій формі формулюється мета – в деяких випадках вдається дістатися кількісної форми критеріїв (рис.2.3). Для перевірки повноти і внутрішньої несуперечливості дерева цілей застосовуються наступні правила. При просуванні згори донизу деревом цілей підціль – нащадок утворюється шляхом відповіді на запитання «що потрібно зробити, щоб реалізувати безпосередню ціль-предок попереднього рівня?». При просуванні знизу догори ціль вищого рівня повинна відповідати на запитання «для чого необхідна безпосередня підціль-нащадок».

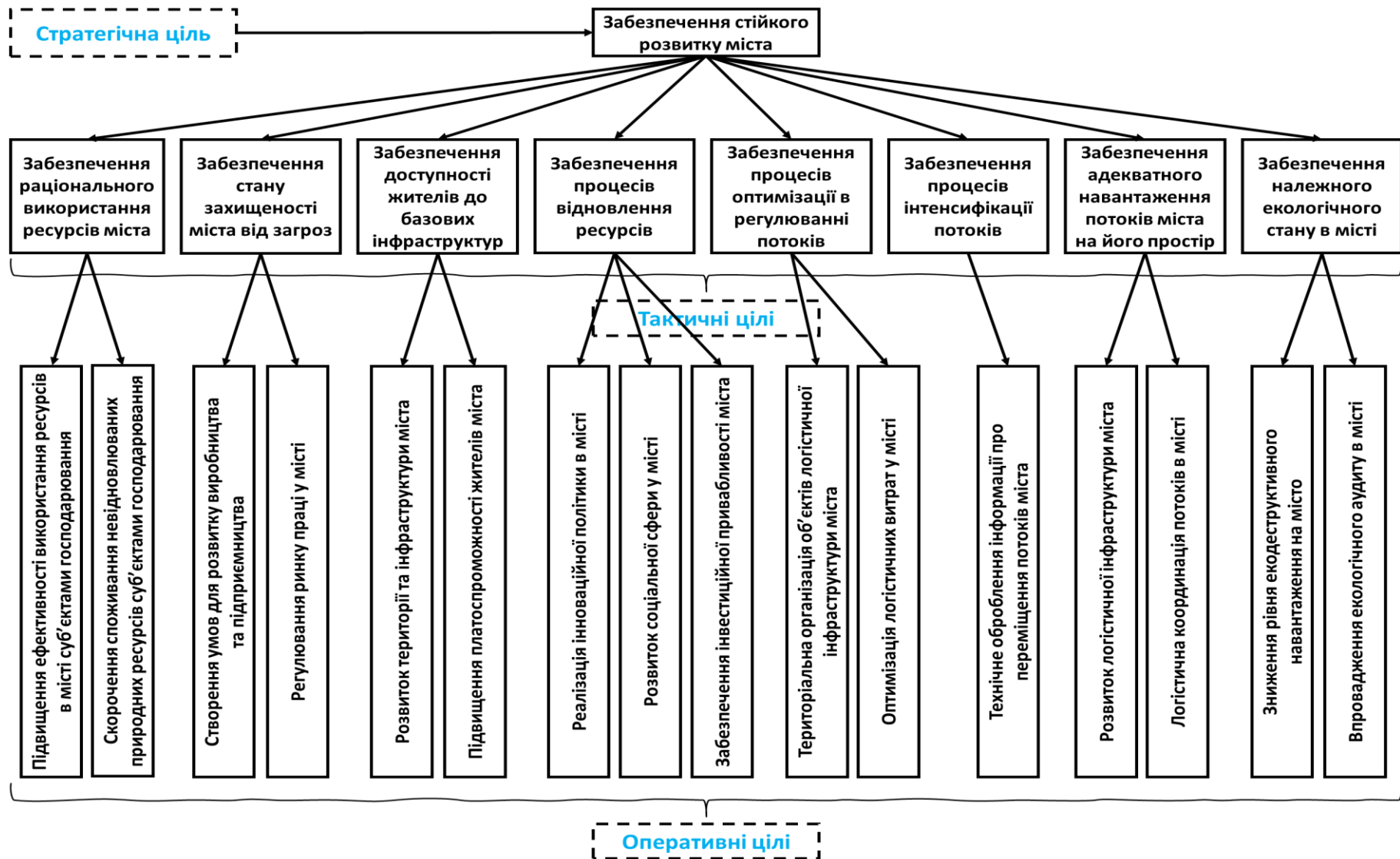


Рисунок 2.3 – Структурування стратегічної цілі

При розгляді множини безпосередніх підцілей- нащадків, необхідних для досягнення однієї цілі, необхідно уточнити, чи всі підцілі дійсно необхідні для її досягнення. При розгляді множини безпосередніх підцілей-нащадків, необхідних для досягнення однієї цілі, слід уточнити, які ще безпосередні підцілі-нащадки необхідні для досягнення мети.

Хід роботи

1. Ознайомитися із основними вимогами до побудови «дерева цілей».
2. З'ясуйте відмінності та подібності побудови «дерева цілей», «дерева рішень», «дерева цілей і рішень».
3. За заданими завданнями побудувати «дерево цілей».
4. Зробити висновки.

Завдання:

1. Побудувати «дерево цілей» при вирішенні наступного завдання: формування доброго стану малої річки.
2. Побудувати «дерево цілей» при вирішенні наступного завдання: сформулювати місцевий план дії з охорони водного об'єкту, що знаходиться в межах населеного пункту.
3. Побудувати «дерево цілей» при вирішенні наступного завдання: отримання «умовно чистої» продукції на територіях, що постраждали від катастрофи на ЧАЕС.
4. Побудувати «дерево цілей» при вирішенні наступного завдання: оцінити стан ґрунтового покриву за комплексними показниками.
5. Побудувати «дерево цілей» при вирішенні наступного завдання: оцінити стан атмосферного повітря урбосистеми за комплексними показниками.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Опишіть сутність такого методу системного аналізу, як «дерево цілей».
2. Охарактеризуйте вимоги до побудови «Дерева цілей».
3. Яким чином проводиться структурування стратегічної цілі.
4. Які правила застосовують для перевірки повноти і внутрішньої несуперечливості дерева цілей.
5. Опишіть цілі побудови «дерева цілей».

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК ОСНОВНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМАЛІЗАЦІЇ ТА ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ

Мета: з'ясувати як використовують системний аналіз до вирішення екологічних задач.

Короткі теоретичні відомості

Для кількісної оцінки та прогнозу стану екологічних систем, їхніх реакцій на антропогенні дії, особливо на рівні невеликих дуже шкідливих для природи дій, виключно ефективним є метод математичного моделювання. Цей метод відіграє суттєву роль переважно тоді, коли кінцевою метою є не тільки опис та оцінка стану природного середовища, але і його регулювання з урахуванням фактичного та прогнозного станів, а також екологічного резерву, що в решті решт має сприяти оптимізації взаємовідношень людської спільноти з природою. Побудову моделі системи розглядається як етап вирішення проблемної ситуації, етап вивчення системи. Існує багато моделей систем, які суттєво відрізняються одна від одної.

Формальні моделі – це окремі типи моделей, подані у формальному, описовому вигляді, в який входять головні ознаки, за якими дана модель, суттєво відрізняється від інших. В описі формальної моделі даються також правила її побудови, складові частини моделі, зв'язки між частинами, вигляд моделі в цілому.

Формальні моделі є абстрактними моделями, описаними абстрактною, найбільш загальною мовою. Залежно від рівня абстракції формальні моделі можуть охоплювати різну кількість систем. До формальних моделей самого високого рівня абстракції відносяться моделі «Чорний ящик», «Склад системи», «Структура системи», «Структурна схема».

Змістовні моделі – це моделі, наповнені поняттями даної предметної області. Вони будуються на основі формальних моделей, що служать шаблоном, зразком для побудови змістовних моделей. Створення змістовної моделі – це процес інтерпретації формальної моделі на мові певної предметної області.

Моделі типу «Чорний ящик» будуються в рамках припущення про повну відсутність інформації про процеси в системі. У цих моделях зв'язуються значення вхідних і вихідних величин, найчастіше за допомогою формальних причинно-наслідкових зв'язків, що не базуються на якому-небудь фізико-хімічному чи біохімічному механізмі. Часто для побудови таких моделей використовується статистичний підхід (аналіз статистичних даних на предмет кореляції входу і виходу).

Модель «Склад системи» будують на основі вивчення складових частин системи та процесів, що у ній відбуваються. На вербальному рівні маємо морфологічний опис (аналіз) системи. Під моделлю «Структура системи» розуміють сукупність необхідних та достатніх для досягнення цілі відношень і

зв'язків між її елементами. Найбільш детальною та повною моделлю системи є «Структурна схема системи», що показує границі системи, елементний її склад, зв'язки між окремими елементами в середині системи та її зовнішні зв'язки.

Одним із методів, що застосовується при створенні моделей природних об'єктів є метод «чорного ящика». Під «чорним ящиком» розуміють об'єкт, в якому зовнішньому спостерігачеві доступно визначити лише вхідні та вихідні величини, а внутрішня будова та процеси, що в ній відбуваються не відомі. Чорний ящик (скринька) це термін, який використовується у техніці й кібернетиці для позначення об'єкта чи системи, про принципи дії яких нічого невідомо, крім того, що певному вхідному сигналу відповідає певний вихідний сигнал. Чорний ящик є важливим елементом також у плануванні експерименту та в науці загалом.

Схема «чорного ящику (скриньки)» наведена на рис. 3.1.

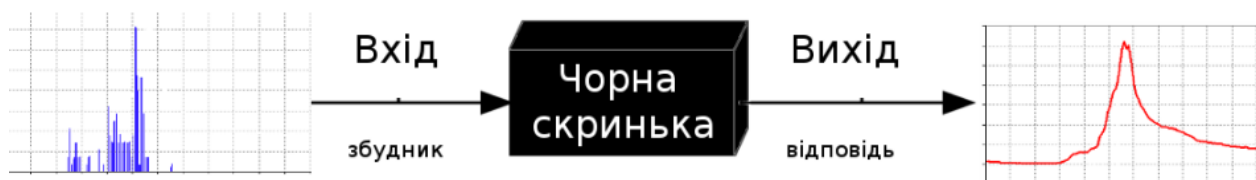


Рисунок 3.1 – Схема «чорного ящику (скриньки)»

Чимало важливих висновків можна зробити про поведінку системи, спостерігаючи лише за реакцією вихідних величин на зміну вхідних величин. Такий підхід, зокрема, відкриває можливості для об'єктивного вивчення систем, будова яких невідома, занадто складна для того, щоб можна було за властивостями складових частин цієї системи та структурою зв'язків між ними зробити висновки про їхню поведінку.

Нехай на вхід системи подаються сигнали (впливи, дії) $x_1 \dots x_m$, а на виході її одержують вихідні сигнали $y_1 \dots y_m$. Довго спостерігаючи за поведінкою такої системи і, в разі потреби, виконавши активні експерименти над нею, тобто змінюючи певним чином вхідні дії, можна досягти такого рівня знання властивостей системи, що виникає можливість передбачати зміну її вихідних координат при зміні вхідних. Проте, як докладно не вивчали б поведінку «чорного ящика», не можна одержати однозначний висновок про його внутрішню будову, бо однакову поведінку можуть мати різні системи. Метод «чорного ящика» широко використовується для розв'язання задач моделювання керованих систем, але не враховує їх будову.

Хід роботи

1. Ознайомитися із методом системного аналізу «чорного ящика (скриньки), з'ясувати його сутність.
2. Використовуючи літературні джерела навести приклади використання методу «Чорного ящика» при вирішенні моделювання екологічних систем.

3. За наведеними ланками ланцюга побудувати моделі «Склад системи» та «Структура системи», згідно завдання:

Завдання:

Відомо, що ^{137}Cs здатний мігрувати у наступному трофічному ланцюзі ґрунт (тверда (мінеральний склад ґрунту та вміст органічної речовини) та рідка фаза ґрунту) – рослина (корінь, стебло, листок) – тварина (ротова порожнина, стравохід, шлунок, кров, молоко).

4. Зробити висновки.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке формальна модель?
2. Дайте характеристику формальних моделей «Чорний ящик», «Склад системи», «Структура системи», «Структурна схема».
3. Наведіть приклади застосування формальних моделей при вирішенні екологічних задач.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ТА РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ

Мета: розглянути значення кореляційного та регресійного аналізу для побудови моделей систем.

Короткі теоретичні відомості

Для встановлення наявності зв'язків між частинами досліджуваної системи і процесів, що у ній відбуваються використовують кореляційний аналіз. Загалом, науці відомі два типи зв'язків – функціональні й кореляційні. При функціональному зв'язку певному значенню однієї ознаки відповідає єдине значення іншої ознаки. При кореляційному зв'язку (від латин, correlatio – співвідношення, зв'язок) одному значенню першої ознаки відповідає певний розмах значень іншої ознаки. Завданням дослідження складних систем і процесів часто є перевірка наявності і встановлення типу зв'язку між незалежними змінними x (предикторами, факторами), значення яких можуть змінюватися дослідником і мають певну заздалегідь задану похибку, та залежною змінною (відгуком) y . Розв'язання таких завдань є предметом регресійного аналізу.

Виявлення наявності зв'язку за допомогою кореляційного аналізу. Один зі способів класифікації математичних моделей базується на ступені їхньої детермінованості. Детермінованими називаються моделі, входи, виходи і параметри яких жорстко зв'язані між собою, тобто заданим значенням параметрів входу відповідає строго визначене значення параметру виходу.

Стохастичні моделі враховують деяку невизначеність взаємозв'язку входу

і виходу при заданих значеннях параметрів, тобто одним і тим самим значенням вхідних параметрів можуть відповідати з деякою імовірністю різні значення вихідних параметрів.

При побудові стохастичних моделей використовують методи математичної статистики.

На практиці моделі з елементами стохастичного підходу більш адекватні реальності, оскільки природні явища залежать від величезного числа впливових факторів, які неможливо врахувати детерміновано всі разом. Наприклад, якщо треба розрахувати вплив очисних споруд на стан річки, то при цьому аналізі вирішальне значення має врахування засушливих періодів, коли рівень води в річці найнижчий, а потік води найменший. Саме в такі періоди вплив стічних вод буде максимальним. У цьому випадку розраховують імовірність низької витрати води в річці за статистичними даними попередніх періодів.

Моделі типу «чорний ящик» будуються в рамках припущення про повну відсутність інформації про процеси в системі. У цих моделях зв'язуються значення вхідних і вихідних величин, найчастіше за допомогою формальних причинно-наслідкових зв'язків, що не базуються на якому-небудь фізико-хімічному чи біохімічному механізмі. Часто для побудови таких моделей використовується статистичний підхід (аналіз статистичних даних на предмет кореляції входу і виходу).

Кореляційний аналіз – це сукупність статистичних заходів, за допомогою яких досліджуються зв'язки між ознаками. У науці відомі два типи зв'язків – функціональні й кореляційні. При функціональному зв'язку певному значенню однієї ознаки відповідає єдине значення іншої ознаки. При кореляційному зв'язку (від латин. *correlatio* – співвідношення, зв'язок) одному значенню першої ознаки відповідає певний розмах значень іншої ознаки.

Характеризуючи зв'язок між ознаками, говорять про його напрямок (прямий чи зворотний) і силу (слабкий, сильний чи середній). Зв'язок між ознаками називається прямим, якщо при збільшенні однієї з них також збільшується значення іншої. При зворотному зв'язку збільшення однієї ознаки супроводжує зменшення іншої. Прикладом прямого зв'язку може бути зв'язок між зростом і масою у тварин, прикладом зворотного – врожайність і стійкість у рослин. Сила зв'язку показує, наскільки значення однієї ознаки залежить від значення іншої.

Напрямок і сила зв'язку відображаються у показнику, що називається коефіцієнтом кореляції. Генеральний показник зв'язку позначається грецькою літерою ρ , вибірковий – латинською літерою r . Якщо ознаки, що аналізуються, в генеральній сукупності розподіляються відповідно до закону нормального розподілу, для опису зв'язку між ними використовують параметричний коефіцієнт кореляції. Якщо розподіл ознак не підпорядковується нормальному закону або якщо характер розподілу ознаки невідомий, використовують непараметричні показники зв'язку.

Кількісні ознаки з нормальним розподілом. Лінійний зв'язок. Параметричний коефіцієнт кореляції Пірсона (r).

Коефіцієнт кореляції Пірсона (r) застосовується для оцінки лінійного

зв'язку між двома кількісними ознаками з нормальним або лог-нормальним розподілом. Вибірковий коефіцієнт кореляції розраховується за формулами:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (4.1)$$

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right) \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right)}} \quad (4.2)$$

де r – коефіцієнт кореляції, x – значення однієї ознаки, y – значення іншої ознаки, n – обсяг вибірки (число пар ознак).

Формула (4.1) є математичним вираженням сутності коефіцієнта кореляції, а формула (4.2) – робочою формулою, яка зручна для розрахунків.

Значення коефіцієнта кореляції містяться у межах від -1 до +1. Значення $r = 0$ указує на відсутність зв'язку, $r = 1$ свідчить про повний (функціональний) зв'язок. Обидва ці значення в екологічних дослідженнях практично не зустрічаються. Як правило, абсолютні значення коефіцієнта кореляції містяться у межах: $1 > |r| > 0$. При прямому зв'язку $r > 0$ при зворотному $r < 0$.

Якщо абсолютне значення r міститься у межах від 0 до 0,3, зв'язок називають слабким, від 0,4 до 0,6 – середнім, 0,7 і більше – сильним. Однак ця характеристика відносна. Наприклад, коефіцієнт кореляції за кількісними ознаками з повною успадкованістю в парах «батько-нащадок» не може перевищувати +0,5. У таких випадках при $r = +0,4$ зв'язок оцінюється як сильний.

Статистична похибка коефіцієнта кореляції. Вибірковий коефіцієнт кореляції r служить точковою оцінкою генерального коефіцієнта кореляції – параметра ρ . Як будь-яка випадкова величина, він змінює свої значення при повторних вибіркових дослідженнях однієї й тієї ж генеральної сукупності й має статистичну похибку, що обчислюють за формулою:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} \quad (4.3)$$

де S_r – статистична похибка вибіркового коефіцієнта кореляції, r – вибірковий коефіцієнт кореляції, n – число вивчених об'єктів, у яких вимірювані дві ознаки.

Довірчий інтервал для коефіцієнта кореляції двох ознак, що нормально розподіляються, подається в такому вигляді:

$$r - tS_r \leq \rho \leq r + tS_r \quad (4.4)$$

де ρ – коефіцієнт кореляції в генеральній сукупності, $r - tS_r$ і $r + tS_r$ – відповідно нижня та верхня межі довірчого інтервалу.

Вірогідність вибіркового коефіцієнта кореляції. При аналізі зв'язку перевіряється нульова гіпотеза: у генеральній сукупності зв'язок між ознаками відсутній ($H_0: \rho = 0$). Для того щоб вирішити, чи є відмінність вибіркового коефіцієнта кореляції від нуля випадковою чи ні, проводять перевірку нульової гіпотези. Якщо різниця між ρ і r не випадкова, вибірковий коефіцієнт кореляції вважається вірогідним. Для перевірки нульової гіпотези (якщо обидві ознаки розподіляються нормально) використовують параметричний критерій Стюдента t .

$$t = \frac{r}{S_r} \quad (4.5)$$

де r – коефіцієнт кореляції, S_r – статистична похибка коефіцієнта кореляції.

Розрахований критерій $t_{факт}$ порівнюють з критичним значенням при числі ступенів свободи $df=n-2$. Якщо $t_{факт} < t_{табл.}$ Нульова гіпотеза не відхиляється. Це означає, що зв'язок між ознаками в генеральній сукупності не доведений, коефіцієнт кореляції невірогідний, його відхилення від нуля для вибірки такого обсягу недостатньо, щоб бути взятим до уваги. Якщо $t_{факт} > t_{табл.}$ нульову гіпотезу відхиляють. Це означає, що вибірковий коефіцієнт кореляції значно відрізняється від нуля і не може вважатися випадковим.

Вірогідність вибіркового коефіцієнта кореляції можна оцінити без обчислення статистичної похибки та критерію Стюдента. Для цього використовують табл. 2 Додатка, у якій показано, яким має бути значення r при певному обсязі вибірки, щоб його відхилення від нуля вважалось достовірним (не випадковим). Для того щоб скористатися табл. 2 Додатка, обчислюють кількість ступенів свободи ($df=n-2$, де n – число вивчених пар ознак), знаходять у таблиці відповідний рядок і порівнюють емпіричний r із табличними. Якщо $t_{факт} > t_{табл.}$ вибірковий коефіцієнт кореляції r вважається вірогідним, наявність зв'язку між ознаками в генеральній сукупності доведена на необхідному рівні значущості. Якщо $t_{факт} < t_{табл.}$ він вважається невірогідним.

Якщо коефіцієнт кореляції виявився невірогідним (занадто велика статистична похибка), то за допомогою табл. 2 Додатка можна з'ясувати, яким має бути обсяг вибірки, щоб дане значення коефіцієнта кореляції було вірогідним. При продовженні досліджень (збільшенні обсягу вибірки) значення r може не змінитися, але значення статистичної похибки зменшиться, що зробить r вірогідним. Можливо, що при подальших дослідженнях поряд зі зменшенням статистичної похибки зменшиться і коефіцієнт кореляції, що буде свідчити про відсутність зв'язку між ознаками.

Використання регресійного аналізу для виявлення залежності між результатними показником і незалежними факторами. Завданням дослідження складних систем і процесів часто є перевірка наявності і

встановлення типу зв'язку між незалежними змінними x (предикторами, факторами), значення яких можуть змінюватися дослідником і мають певну заздалегідь задану похибку, та залежною змінною (відгуком) y . Розв'язання таких завдань є предметом регресійного аналізу.

Рівняння регресії показує, як у середньому змінюється y при зміні будь-якого з x_i , і має вигляд:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.6)$$

де y – залежна змінна (вона завжди одна);

x_i – незалежні змінні (фактори) (їх може бути декілька).

Якщо незалежна змінна одна – це простий регресійний аналіз. Якщо ж їх декілька, то такий аналіз називається багатofакторним.

У ході регресійного аналізу вирішуються дві основні задачі:

- побудова рівняння регресії, тобто знаходження виду залежності між результатними показником і незалежними факторами $x_1, x_2, \dots, x_n$.
- оцінка значимості отриманого рівняння, тобто визначення того, наскільки вибрані факторні ознаки пояснюють варіацію ознаки y .

Класичний регресійний аналіз включає методи побудови математичних моделей досліджуваних систем, методи визначення параметрів цих моделей і перевірки їхньої адекватності. Він припускає, що регресія є лінійною комбінацією лінійно незалежних базисних функцій від факторів з невідомими коефіцієнтами (параметрами). Фактори і параметри є детермінованими, а відгуки – рівноточними (тобто мають однакові дисперсії) некорельованими випадковими величинами. Припускають також, що всі змінні вимірюються у неперервних числових шкалах.

Звичайна процедура класичного регресійного аналізу є такою. Спочатку обирають гіпотетичну модель, тобто формулюють гіпотези про фактори, які суттєво впливають на досліджувану характеристику системи, і тип залежності відгуку від факторів. Потім за наявними емпіричними даними про залежність відгуку від факторів оцінюють параметри обраної моделі. Далі за статистичними критеріями перевіряють її адекватність.

Регресія виражається за допомогою рівняння регресії, ліній регресії, коефіцієнтів регресії. Показники регресії вказують на характер і напрямок залежності між ознаками, а також дають уявлення про те, як зміна однієї з них залежить від зміни іншої.

Регресія називається лінійною, якщо при рівномірній зміні x відбувається рівномірна зміна y , якщо значення однієї ознаки лінійно залежить від значень іншої ознаки, лінія регресії являє собою пряму лінію. Рівняння лінійної регресії:

$$y = a + bx, \quad (4.7)$$

де a – ордината в точці перетинання лінії регресії з віссю ординат, b – тангенс кута нахилу лінії регресії до осі абсцис.

Коефіцієнт b називають коефіцієнтом лінійної регресії. Значення a та b знаходять за наступними формулами:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \text{ або } b_{yx} = r \frac{S_y}{S_x} \quad (4.8)$$

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \text{ або } a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4.9)$$

Регресія називається нелінійною, якщо при рівномірній зміні x відбувається нерівномірний змін y . Нелінійні залежності можуть бути описані відповідними рівняннями та зображені у вигляді ліній регресії:

- степенева функція має вигляд $y = x^a$, де a – дійсне число;
- показникова функція має вигляд $y = a^x$, де a – позитивне число;
- логарифмічна функція є зворотною відносно показникової $y = \log_a x$.

Значення дисперсійного аналізу для визначення сили впливу факторів на різні ознаки. Дисперсійний аналіз – статистичний метод, що дає можливість порівнювати кілька груп. Метод одержав таку назву тому, що в його основі лежить аналіз різноманітності ознак, показником якої є дисперсія (в англійській науковій літературі цей метод називається ANOVA – analysis of variance). Методологію дисперсійного аналізу розробив Р. Фішер. За допомогою дисперсійного аналізу розв'язують різні наукові задачі. Найчастіше дисперсійний аналіз застосовується в тих випадках, коли необхідно оцінити силу впливу фактора на ознаку. Загальним методичним прийомом усіх видів дисперсійного аналізу є порівняння декількох груп за різноманітністю об'єктів, що їх складають.

У дисперсійному аналізі вживається ряд понять. Характеристика об'єкта, що досліджується, називається результативною ознакою. Вважається, що причиною різноманітності ознаки є певний фактор (фактори), який організують у дослідженні відповідно до прийнятих методів. Фактор – це будь-який вплив (температура, час, хімічна речовина, екологічна ситуація та ін.) чи стан організму (стать, вік та ін.), різноманітність якого може впливати на різноманітність результативної ознаки. Ступені дії фактора називаються градаціями фактора (різний час дослідження, різні дози речовини, різна температура, різні генотипи тощо). Наявність декількох градацій фактора – необхідна умова щодо проведення дисперсійного аналізу. Вивчаючи вплив хімічної речовини на організм, розглядаються її різні концентрації.

Досліджуючи вплив радіації, на об'єкти діють різними дозами випромінювання. Якщо фактором є різна екологічна ситуація, за її градації приймають різні ступені забруднення навколишнього середовища. Вважається, що різні градації фактора неоднаково впливають на ознаку.

За допомогою однофакторного дисперсійного аналізу вивчають вплив одного фактора, за допомогою двофакторного аналізують вплив двох факторів

тощо. Знайдений вплив існує тільки в тих умовах, у яких був організований фактор.

За допомогою дисперсійного аналізу вивчають статистичний вплив факторів на ознаки. У екології статистичний вплив слід відрізнити від фізіологічного. Якщо фактор узагалі змінює ознаку живого об'єкта, говорять, що він чинить фізіологічну дію. Про статистичний вплив фактора говорять у тих випадках, коли виявляється, що різні його градації неоднаково впливають на ознаку. Про відсутність статистичного впливу фактора свідчить однакова дія на ознаку різних градацій. Статистичний вплив виявляється в різноманітності дат, середніх чи різниць. Наприклад, температури 9, 25, 37 і 48 °С виявляють сильний статистичний вплив на виживаність личинок дрозодії - відсоток особин, що вижили, у цих умовах розрізняється; а температури 109, 125, 137 і 148 °С, хоча й виявляють сильний фізіологічний вплив, ніякого статистичного впливу не чинять: при всіх температурах гине однаковий відсоток личинок – 100 %.

У дисперсійному аналізі вивчають три види статистичних впливів: факторіальний, випадковий і загальний. Факторіальний вплив – це вплив фактора, що організований і контролюється в дослідженні. На ознаку діють не тільки організовані фактори, але й безліч інших, які не враховуються в дослідженні. Ці фактори називаються випадковими, а їхній вплив – випадковим впливом. Вони створюють загальний фон, на якому відбувається дослідження. Чим більше факторіальний вплив відрізняється від випадкового впливу, тим статистично більш достовірним вважається дія фактора. Сумарний вплив усіх організованих і неорганізованих факторів називається загальним впливом.

Дисперсійний комплекс. Дисперсійний комплекс являє собою таблицю, у якій окремі спостереження (дати) розподілені за групами відповідно до градацій факторів. Комплекс також включає середні арифметичні дати за кожною градацією – часткові середні, і в усьому комплексі – загальні середні.

У залежності від числа прийнятих до уваги факторів, дисперсійні комплекси можуть бути однофакторними, двофакторними тощо. Якщо в усіх градаціях фактора міститься однакова кількість дат, комплекс називається рівномірним, якщо неоднакова – нерівномірним. Рівномірний комплекс на практиці буває складно організувати, тому що в процесі роботи окремі особини внаслідок випадкових причин (хвороба, загибель) вилучаються з аналізу, і комплекс, що спочатку задуманий як рівномірний, перетворюється на нерівномірний.

При формуванні дисперсійних комплексів необхідно дотримуватися наступних умов: фактори, що діють на ознаку, мають бути незалежні один від одного, а вибірки, що згруповані в статистичний комплекс, повинні формуватися у випадковому порядку. Для складання дисперсійного комплексу потрібно розподілити дати за градаціями. При вивченні кількісних ознак у градації заносяться результати виміру – дати. При вивченні якісних ознак у градації комплексу заносять загальне число об'єктів, а також число об'єктів з досліджуваною ознакою.

Хід роботи

1. Ознайомитися із завданнями кореляційного та регресійного аналізу.
2. Використати кореляційний та регресійний аналіз для виявлення наявності зв'язку у завданні.

Завдання 1:

Проведено дослідження вмісту азоту у ґрунті (x_i) та у злакових рослинах (y_i) на закладених дослідних ділянках та отримано результати, що наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати дослідження

X_i	5	8	5	13	15	11	23	26	31
Y_i	54	61	44	71	83	66	67	85	109

Необхідно:

1. Визначити коефіцієнт кореляції, оцінити його вірогідність, зробити висновок про тісноту зв'язку та його напрямок.
2. За допомогою рівняння регресії відобразити залежність зміни вмісту азоту у злакових рослинах від його вмісту у ґрунті.
3. Відобразити процес міграції азоту з ґрунту у рослини з використанням моделі «Чорний ящик».
4. Зробити висновки відповідно до поставленої мети.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке кореляційний аналіз, з якою метою його проводять?
2. Що є предметом вивчення регресійного аналізу.
3. Що таке коефіцієнт кореляції? Як він описує тісноту зв'язку між показниками.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ ЧАСОВОГО РЯДУ

Мета: ознайомитися зі значенням моделі часового ряду для прогнозування екологічної ситуації і вироблення раціональних управлінських рішень.

Короткі теоретичні відомості

Часовим рядом називають серію числових величин, отриманих через регулярні проміжки часу. Вважається, що фактори, які впливають на відгук досліджуваної системи, діяли деяким чином у минулому та сьогодні, і очікується, що вони діятимуть подібним чином у недалекому майбутньому.

При аналізі даних методом часових рядів спочатку будують графік

залежності відгуку від часу для визначення загальної довгострокової тенденції, що підвищує чи знижує тренд. Якщо дані сильно осцилюють і загальний тренд не проглядається, з'являється необхідність згладжування часового ряду, після виконання якого виявляється тренд. Надалі для опису часового ряду використовують один з методів регресії даних ряду на часову вісь і отриманий регресійний опис (модель) використовується для прогнозування.

При згладжуванні часового ряду зазвичай використовується метод ковзального середнього чи метод експоненційного згладжування.

Ковзальне середнє порядку L – це часовий ряд, що складається із середніх арифметичних L сусідніх значень Y_i , по всіх можливих значеннях часу. В якості L вибирається непарне число, як правило, 3, 5 або 7, такі схеми називають відповідно триточковою, п'ятиточковою і семиточковою. В загальному випадку обчислення середніх можна подати як

$$MA_i(L) = \frac{1}{L} \sum_{t=\left(L-\frac{1}{2}\right)}^{\left(L-\frac{1}{2}\right)} Y_{i+t} \quad (5.1)$$

Алгоритм розрахунку експоненційно згладжених значень у будь-якій i -точці ряду заснований на трьох величинах: спостереженні Y_i в i -й точці; розрахованому згладженому значенні для попередньої точки ряду E_{i-1} і деякому заздалегідь заданому коефіцієнті згладжування W , постійному для всього ряду. Зрозуміло, що в першій точці ряду немає згладженого значення для попередньої точки, і згладженим значенням E_1 вважається сама величина відгуку Y_1 , що спостерігається в цій точці. Для всіх наступних точок діє просте правило обчислень:

$$E_i = W \cdot Y_i + (1 - W) \cdot E_{i-1}. \quad (5.2)$$

При рівномірному ступені згладжування з використанням методу експоненційного згладжування і методу ковзального середнього коефіцієнт W пов'язаний з інтервалом L простим співвідношенням $W = 2 / (L + 1)$; у такий спосіб згладжування за 5-точковою схемою еквівалентне за своїм впливом на вихідні дані експоненційному згладжуванню з коефіцієнтом $W = 0,33$. Хоча, загалом, W може приймати будь-яке значення з діапазону $0 < W < 1$, зазвичай обмежуються інтервалом від 0,2 до 0,5.

Хід роботи

1. Обґрунтувати значення прогнозування у системному аналізі якості довкілля.
2. Розглянути особливості прогнозування на основі моделі часового ряду в екології.
3. Проаналізувати класичну мультиплікативну модель часового ряду.

Завдання 1. Побудувати часові ряди (у вигляді графіків) за даними викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел, утворення відходів I-III класу небезпеки, скидів стічних вод у водні об'єкти в цілому в Україні, або на прикладі конкретних регіонів. Для виконання завдання рекомендовано використовувати матеріали Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні, доповіді про стан навколишнього середовища регіонів, статистичні щорічники України.

Завдання 2. Провести згладжування часового ряду з використанням методу ковзального середнього та експоненційного згладжування.

В результаті проведення щорічного моніторингу питомої активності ^{137}Cs у молоці корів на території сільських рад, забруднених довгоживучими радіонуклідами, було отримано наступні дані занесені до табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Дані моніторингу питомої активності ^{137}Cs у молоці корів

Рік	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Вміст ^{137}Cs у молоці, Бк/л	229	122	222	189	159	148	201	126	148	160

На основі отриманих даних з використанням Microsoft Excel побудувати відповідні графіки, на які нанести трендові лінії, що показуватимуть зміну досліджуваної ситуації на два кроки вперед. Скласти відповідні рівняння регресії.

4. Зробити висновки відповідно до поставленої мети.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке часовий ряд?
2. Для чого використовують моделі часового ряду?
3. Наведіть у чому полягає відмінність стохастичних моделей від детермінованих.
4. Обґрунтуйте значення кореляційного аналізу в екології.
5. Назвіть приклади використання параметричного коефіцієнта кореляції Пірсона.
6. Проаналізуйте необхідність визначення статистичної похибки коефіцієнта кореляції.
7. Дайте пояснення необхідності перевірок вірогідності вибіркового коефіцієнта кореляції.
8. Охарактеризуйте значення регресійного аналізу.
9. Порівняйте лінійну та нелінійну регресію.
10. Проаналізуйте значення дисперсійного аналізу для визначення сили впливу факторів на різні ознаки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СКЛАДОВИХ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета: проаналізувати особливості здійснення оцінки складових навколишнього середовища з використанням даних комплексного моніторингу довкілля.

Короткі теоретичні відомості

На сьогоднішньому етапі розвитку суспільства у поняття «комплексного моніторингу навколишнього природного середовища» необхідно включати як процеси спостережень, аналізу і оцінки даних, моделювання і прогнозу, так і підготовку агрегованої інформації для прийняття управлінських рішень і процедури регулювання станом навколишнього природного середовища на базі цієї інформації. Тим самим формується замкнений ланцюг: «спостереження – оцінка – прогноз – управління – спостереження – ...». Система регулювання якості природного середовища повинна діяти безперервно, забезпечуючи оптимальні рішення при дотриманні відповідних умов.

Основні цілі комплексного екологічного моніторингу полягають в тому, щоб на підставі отриманої інформації:

- оцінити показники стану й функціональної цілісності екосистем та середовища проживання людини (тобто провести оцінку дотримання екологічних нормативів);
- виявити причини зміни цих показників та оцінити наслідки таких змін, а також визначити корегуючі заходи в тих випадках, коли цільові показники екологічних умов не досягаються;
- створити передумови для визначення заходів щодо виправлення виникаючих негативних ситуацій до того, як буде нанесено збиток, тобто забезпечити завчасне попередження негативних ситуацій.

Для оцінки стану екологічних систем, територіальних природних комплексів, окремих складових довкілля використовують різні стандарти якості середовища та екологічні нормативи. Порівняння допустимих нормативів впливу на довкілля з фактично визначеними показниками дозволяє встановити рівень навантаження на складові екосистем.

Для комплексної оцінки стану природного середовища та виявлення динаміки цього стану одночасно повинні вестися метеорологічні, гідрологічні й біологічні спостереження, що дозволяють правильно інтерпретувати і виділяти антропогенні зміни на фоні природних процесів.

Критерії якості довкілля можна поділити на диференційні та інтегральні.

До перших належать ГДК, ЕДН тощо. До других віднесені індекси та коефіцієнти забруднення.

Хід роботи

1. Охарактеризувати основні види нормативів, що використовуються для

зменшення навантаження на довкілля та проаналізуйте їхнє значення для оцінки екологічного стану його складових.

2. Навести комплексні показники, що використовуються для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів та ґрунтів.

3. Обґрунтувати доцільність здійснення оцінки екологічної безпеки територіального комплексу.

4. Описати блоки на які розділяють інформацію при проведенні комплексного моніторингу стану довкілля.

Завдання 1. Використовуючи дані доповідей про стан довкілля певного регіону, екологічних паспортів, статистичних щорічників, національної доповіді про стан довкілля України здійснити оцінку стану вибраного регіону:

I варіант – атмосферного повітря;

II варіант – водних об'єктів;

III варіант – земельних ресурсів.

За диференційними (використовуючи ГДК забруднюючих речовин у повітрі, воді та ґрунті) та інтегральними критеріями якості довкілля (коефіцієнтами та індексами забруднення).

Завдання 2. В результаті виявлення показників, що перевищують допустимі рівні забруднюючих речовин та створюють негативну екологічну ситуацію обґрунтувати причини їхнього виникнення. Розглянути наслідки впливу відповідних забруднювачів на організм людини та розробити і запропонувати заходи для покращення складеної та завчасного попередження негативної ситуації. Зробити висновки відповідно до поставленої мети.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке моніторинг довкілля?
2. Яким чином використовуються дані спостереження для оцінювання складових довкілля?
3. Що таке нормативи якості навколишнього середовища.
4. Що таке санітарно-гігієнічні нормативи?
5. Що таке виробничо-господарські нормативи?
6. Що таке комплексні нормативи?
7. Що таке екологічні нормативи?
8. У чому полягає суть методу ГДК для оцінки якості атмосферного повітря?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7. ВИВЧЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Мета: вивчити особливості проведення нормативно-правового регулювання природоохоронної діяльності, розглянути адміністративно-правові засоби та економічні механізми забезпечення охорони довкілля.

Короткі теоретичні відомості

Об'єктами правової охорони навколишнього природного середовища в Україні є:

- навколишнє природне середовище як сукупність природних і природно-соціальних умов і процесів;
- природні ресурси як залучені в господарський обіг, так і невикористовувані в економічному процесі в даний період (земля, надра, води, атмосферне повітря, ліс та інша рослинність, тваринний світ);
- ландшафти та інші природні комплекси;
- території та об'єкти природно-заповідного фонду;
- здоров'я і життя людей.

Для покращення екологічної ситуації в Україні важливе значення посідає запровадження та реалізація екологічної політики. Згідно З.О. Данів реалізація цієї політики здійснюється на трьох рівнях управління: державному, регіональному та місцевому.

Встановлені державою норми і правила раціонального природокористування та охорони довкілля не завжди виконуються і дотримуються. Завжди є особи (фізичні чи юридичні), які за певних обставин порушують норми природоохоронного законодавства. Ому, об'єктивною передумовою подолання таких негативних явищ є застосування державою певного набору адміністративно-правових засобів та економічних механізмів забезпечення охорони навколишнього середовища.

Під адміністративно-правовими засобами, спрямованими на боротьбу з порушеннями природоохоронних норм, розуміють, в першу чергу, заходи адміністративного попередження, заходи адміністративного припинення та адміністративні стягнення, що становлять групу заходів адміністративного примусу. Також до адміністративно-правових засобів відносять заходи переконання та профілактичні заходи.

Методи економічного механізму природокористування – це планування платежів за природокористування та забруднення навколишнього середовища та стимулювання природоохоронної діяльності.

Система екологічних стандартів і нормативів. Екологічні стандарти – це єдині і обов'язкові для усіх об'єктів цього виду і рівня системи норм та вимог щодо навколишнього середовища. Екологічними стандартами є нормативи якості навколишнього природного середовища.

Якість навколишнього природного середовища (НПС) – це сукупність показників, що характеризують відповідність стану НПС визначеним вимогам, тобто нормативам. **Нормативи якості НПС** – це встановлені характеристики стану природного середовища, за яких забезпечується його якість, необхідна для життєдіяльності людини, мешкання тварин, рослин та інших живих організмів.

Метою **нормування якості об'єктів НПС** і антропогенного навантаження на НПС є створення орієнтирів мінімізації антропогенного впливу на довкілля. Під впливом розуміють людську діяльність, яка пов'язана з

реалізацією матеріальних та нематеріальних інтересів людини (економічних, рекреаційних, культурних тощо) внаслідок чого в НПС вносяться зміни різного характеру.

Класифікація нормативів якості НПС та антропогенного навантаження надзвичайно складна. Так, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» виділяє екологічні нормативи, до яких відносяться гранично допустимі викиди, скиди, нормативи використання природних ресурсів тощо, та нормативи гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у довкіллі та рівні шкідливих фізичних та біологічних впливів на нього. Очевидно, що класифікація нормативів дещо ширша та має враховувати комплексні екологічні нормативи.

Зазначимо, що розрізняють:

1) нормування якості НПС (екологічне і санітарно-гігієнічне нормування);

2) нормування антропогенного навантаження на довкілля (науково-технічне нормування).

Санітарно-гігієнічне нормування – розробка системи норм, правил і регламентів для оцінювання стану навколишнього середовища в інтересах охорони здоров'я людини і збереження генетичного фонду деяких популяцій рослинного і тваринного світу.

Екологічне нормування – розробка системи норм, правил і регламентів допустимого навантаження на екосистеми.

Науково-технічне нормування – розробка системи норм, правил і вимог, які ставляться безпосередньо до джерел антропогенних впливів на навколишнє середовище.

На основі деяких класифікацій можна запропонувати таку систему екологічних нормативів, яка пов'язана з якістю НПС та антропогенним впливом на нього. Отже, сукупність нормативів якості НПС та антропогенного впливу можна розділити на чотири групи. Зауважимо, що такий поділ нормативів в деяких випадках є досить умовним через те, що окремі нормативи можуть відноситися до декількох груп та мають невизначений зміст.

Санітарно-гігієнічні нормативи присвячені нормуванню якості НПС. Це найбільш розвинута і поширена система норм, правил та регламентів для оцінювання стану навколишнього середовища. Їх встановлюють з метою охорони здоров'я людини і збереження генетичного фонду деяких популяцій рослинного і тваринного світу. Санітарно-гігієнічне нормування охоплює також виробничу та житлово-побутову сфери в житті людини. Встановлені і затверджені нормативи є обов'язковими на всій території України.

До санітарно-гігієнічних нормативів відносяться гігієнічні і санітарно-захисні нормативи.

Гігієнічні нормативи:

а) гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в природних компонентах. В гігієнічному розумінні ГДК – це нормативи концентрацій ЗР в одиниці об'єму (повітря, вода), маси (грунти та харчові

продукти) або площі (шкіра людини), які за певний проміжок часу не справляють негативного впливу на здоров'я людини та майбутніх поколінь;

б) гранично допустимі рівні (ГДР) фізичних властивостей природного середовища (смакові якості, прозорість, запах, радіоактивність, територіальна цілісність і так далі);

в) біологічні показники стану НПС, в т.ч. концентрації мікроорганізмів, показники біологічних видів-індикаторів тощо;

г) до гігієнічних нормативів також відносять токсикометричні показники, які є концентраціями, дозами шкідливих речовин або фізичними чинниками, що викликають фіксовані реакції організму. Гігієнічні дослідження речовин починаються з токсикометрії, тобто визначення основних параметрів токсичності.

При визначенні ГДК забруднюючих речовин виходять з принципу пороговості, коли за певних умов організм може пристосуватися до шкідливої дії фактора. Порогова доза речовини викликає такі реакції організму, які не можуть бути компенсовані завдяки внутрішнім гомеостатичним механізмам організму, що призводить до виникнення патології. Останні дослідження привели до висновку про відсутність нижніх безпечних порогів, а значить і ГДК, при впливі канцерогенів антропогенного походження (наприклад, діоксину і бенз(а)пірену) та іонізуючого випромінювання.

Санітарно-захисні нормативи призначені для захисту здоров'я населення і забезпечення екологічної безпеки в місцях водокористування. Їх використовують при створенні зон санітарної охорони джерел водопостачання. Також сюди відносяться нормативи санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств.

Екологічні нормативи визначають межу антропогенного впливу на довкілля, перевищення якої може створити загрозу збереженню оптимальних умов спільного існування людини і його зовнішнього оточення. Слід зазначити, що ця група нормативів тісно пов'язана з іншими, але основною метою встановлення таких нормативів є необхідність збереження екосистем різного рівня. Екологічне нормування призначено визначити допустиме навантаження на екосистеми, під впливом якого відхилення від нормального стану системи гарантовано і не перевищує природних змін середовища, а, отже не викликає небажаних наслідків у біоті і не призводить до погіршення якості оточуючого природного середовища.

Основні принципи розробки екологічних нормативів полягають у наступному:

1) будь-яку зміну природного середовища слід розглядати як недопустиму – «нульову» стратегію;

2) нормативи потрібно встановлювати відповідно до технічних можливостей зниження рівня забруднень і контролю за їх вмістом у НПС;

3) допустимий рівень забруднення слід встановити таким, щоб затрати на його досягнення були не більші за вартість збитків при неконтрольованому забрудненні;

4) потрібно встановлювати такі стандарти, при яких не буде ніяких прямих чи побічних шкідливих впливів на людей. При цьому будь-яке інше

вимірюване підвищення концентрації або іншого впливу розглядається як потенційно шкідливе.

Екологічні нормативи включають: еколого-гігієнічні нормативи; еколого-захисні нормативи; гранично допустимі нормативи навантаження на НПС.

При встановленні еколого-гігієнічних нормативів слід враховувати, що багато живих організмів більш чутливі до забруднення, ніж людина, тому доцільно визначити та встановити норматив на рівні, що забезпечує нормальну життєдіяльність живих організмів.

Останнім часом при розробці нормативів якості окремих компонентів природного середовища враховуються не лише гігієнічні аспекти (ГДК), але і вплив на дикі тварини, рослини, гриби, мікроорганізми, а також на природні угруповання в цілому (так звані гранично допустимі екологічні нормативи). Якщо речовина справляє шкідливий вплив на компонент НПС в менших концентраціях, чим на людину, то при нормуванні виходять з порогу впливу цієї речовини на найуразливіший компонент НПС.

Еколого-захисні нормативи спрямовані на збереження генофонду Землі, відновлення екосистем, збереження пам'яток всесвітньої культурної і природної спадщини і т.п. Їх використовують при організації охоронних зон заповідників, природних національних парків, біосферних заповідників, зелених зон міст тощо. Одним з ключових міжнародних документів у цьому напрямку є Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини.

Застосування системи показників гранично допустимих нормативів навантаження на довкілля спрямовано на запобігання деградації екосистем, забезпечення раціонального використання і відтворення природних ресурсів. До цих нормативів відносяться науково обґрунтовані гранично допустимі нормативи антропогенного впливу на окремі природно-територіальні комплекси (ПТК). За змістом такі нормативи тотожні регіональним нормативам ГДН. До цієї групи можна віднести нормативи техногенного навантаження.

Хід роботи

1. Розглянути питання, що вирішуються на державному, регіональному та місцевому рівнях, заповнити табл. 7.1.
2. Пояснити на якому рівні повинна вирішуватися наведена проблема та описати послідовність її вирішення.
3. Проаналізувати засоби регулювання природоохоронної діяльності.
4. Зробити висновки відповідно до поставленої мети.

Таблиця 7.1 – Рівні екологічної політики

Державний рівень	Регіональний рівень	Місцевий рівень

Завдання 1. Вибрати один з об'єктів правової охорони навколишнього природного середовища та навести перелік питань, що можуть вирішуватися конкретно щодо цього об'єкту на наведених трьох рівнях екологічної політики.

Завдання 2. Значною проблемою регіонів і України в цілому є накопичення великої кількості відходів та недостатня кількість сміттєпереробних заводів. Це стає причиною перевантаження сміттєзвалищ (полігонів) та значного забруднення ґрунтів, підґрунтових вод та повітря.

Завдання 3. На території м. Запоріжжя підприємством було викинуто в атмосферне повітря сірки IV оксид, вміст якої у викиді перевищував гранично допустиму концентрацію. Відповідно до цього випадку розробити та запропонувати адміністративно-правові заходи та методи економічного механізму, щодо зменшення та припинення негативного впливу підприємства на стан атмосферного повітря.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Яка основна нормативно-правова база до регулювання природоохоронної діяльності?
2. Що таке «якість довкілля» і які принципи його нормування?
3. Що таке санітарно-гігієнічні нормативи?
4. Що таке виробничо-господарські нормативи?
5. Що таке комплексні нормативи?
6. Що таке екологічні нормативи?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8. ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ У СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета: розглянути значення екологічного менеджменту у системі захисту об'єктів навколишнього середовища та визначити роль стандартизації, сертифікації та ліцензування у регулюванні антропогенного навантаження на довкілля.

Короткі теоретичні відомості

Захист навколишнього середовища – складова частина концепції сталого розвитку людського суспільства, що не зможе реалізуватися, якщо не будуть розроблені конкретні програми дій щодо запобігання забруднення навколишнього середовища, які включають в себе ряд методів захисту.

Під методами захисту навколишнього природного середовища розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення екосистем.

Значне забруднення довкілля пов'язане з діяльністю підприємств, що здійснюють як скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти, так і викиди в

атмосферне повітря. Для зменшення їхнього негативного впливу важливе значення належить запровадженню системи екологічного менеджменту.

Екологічний менеджмент – ініціативна і результативна діяльність економічних суб'єктів, спрямована на досягнення їхніх власних екологічних цілей, проектів і програм, розроблених на основі принципів екоефективності і екосправедливості.

Важливе місце у системному аналізі якості навколишнього середовища для вирішення та попередження екологічних проблем відіграє стандартизація, сертифікація та ліцензування, які виступають інструментами екологічного менеджменту.

Стандартизація включає розроблення і прийняття обов'язкових стандартів і здійснення різних функцій, що забезпечують масове серійне виробництво продукції високої якості із дотриманням екологічних вимог.

Сертифікація – це система підтвердження відповідності продукції певним вимогам, які впроваджені у країні та за її межами. Сертифікацію використовують, в основному, з такою метою:

Ліцензування включає видачу, переоформлення та анулювання ліцензій, що являють собою документ на право провадження суб'єктом господарювання визначеного ним виду господарської діяльності.

Хід роботи

1. Проаналізувати методи захисту навколишнього середовища. Навести приклади.

2. Розглянути значення екологічного менеджменту у системі захисту довкілля.

Завдання 1. Опрацювати міжнародний стандарт ДСТУ ISO 14001:2006 «Система екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування». Побудувати структурно-логічну схему послідовних етапів запровадження екологічного менеджменту на підприємстві з чітко визначеними завданнями для кожного етапу.

3. Охарактеризувати екологічні стандарти, що регламентують можливі впливи на людину, біосферу, техносферу. Навести їхню класифікацію.

4. Обґрунтувати необхідність запровадження системи екологічної сертифікації. Назвати переваги екологічно сертифікованої продукції та яким чином її можна відрізнити від іншої продукції на прилавках супермаркетів та інших магазинів.

Завдання 2. Розглянути етапи проходження процедури екологічної сертифікації на офіційному сайті органу екологічної сертифікації та маркування (Режим доступу: <http://www.ecolabel.org.ua/>). Виписати перевірені та сертифіковані продукти.

5. Проаналізувати значення ліцензування для захисту навколишнього середовища. Описати умови та порядок отримання ліцензій.

6. Зробити висновки відповідно до поставленої мети.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке стандартизація у сфері охорони навколишнього середовища?
2. Види екологічних стандартів.
3. Що таке екологічна сертифікація?
4. Принципи сертифікації.
5. Об'єкти обов'язкової сертифікації.
6. Що таке екологічне ліцензування?
7. Види діяльності, що підлягають ліцензуванню.
8. Суб'єкти ліцензування.
9. Що таке система екологічного менеджменту?
10. Модель системи екологічного менеджменту.
11. Система стандартів серії ISO 14001.
12. Переваги і недоліки екологічної сертифікації по ISO 14001.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9. ВИВЧЕННЯ ЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКУВАННЯ У ЄВРОПІ ТА УКРАЇНІ

Мета: вивчити значення екологічного маркування у Європі та Україні, розглянути особливості його проведення.

Короткі теоретичні відомості

Під **екологічним маркуванням** слід розуміти один із видів екологічної декларації, яка характеризує вплив продукції або послуги на навколишнє середовище на всіх стадіях життєвого циклу.

Згідно з міжнародним стандартом ISO 14020, екологічне маркування поділяється на три типи.

Програма екологічного маркування **типу I** повинна демонструвати прозорість на всіх стадіях її розроблення та функціонування.

Інформація щодо програми повинна бути доступною для зацікавлених сторін і охоплювати:

- вибір категорії продукції;
- вибір та розроблення екологічних критеріїв для продукції;
- функціональні характеристики продукції;
- методи випробувань та перевірки;
- порядок сертифікації та присвоєння знаку екологічного маркування;
- інформацію не конфіденційного характеру, на підставі якого присвоюється знак екологічного маркування;
- джерела фінансування розроблення програм (наприклад, внески, фінансова підтримка уряду, тощо);
- перевірку відповідності.

Програмою встановлюються чіткі умови подання ліцензії та використання знаку екологічного маркування.

Основними елементами технічних вимог для програми екологічного маркування типу I є екологічні критерії для кожної категорії і функціональні характеристики продукції. Найбільш поширені знаки екологічного маркування програм I типу наведені на рисунку рис. 9.1.



Рисунок 9.1 – Знаки маркування I типу

II тип маркування має на меті гармонізувати використання екологічної самодекларації, що застосовуються до будь-якої зробленої продукції заявником. Цей стандарт обмежує використання деяких заяв або тверджень, які є нечіткими чи неконкретними, або, які лише натякають на те, що продукція є екологічно сприятливою чи екологічно безпечною. Тому слід уникати використання таких екологічних тверджень, як «екологічно сприятливий», «сприятливий для ґрунту», «не забруднюючий», «зелений», «сприятливий для природи» та «сприятливий для озону», тощо.

Екологічне твердження «вільний від...» за вимогами цього стандарту слід робити лише у випадку, коли рівень зазначеної речовини не перевищує того, який можна виявити як підтверджений або фоновий рівень.

Самодекларації слід супроводжувати пояснювальним доповненням, якщо поодинокі твердження може призводити до непорозуміння. Екологічне твердження, не супроводжуване пояснювальним доповненням, можна робити лише у випадку, коли воно є достовірним за всіх передбачуваних обставин без жодного обмеження.

Особливості використання символів для екологічних тверджень:

- під час розроблення екологічної самодекларації використання символів є добровільним;
- символи, які використовуються в екологічному твердженні, повинні бути простими, легко відтворюваними та уможливлювати їхнє розташування та масштабування, прийнятне для продукції, до якої вони можуть

застосовуватися;

- символи, які використовуються для одного типу екологічного твердження, повинні відрізнятися від інших символів, включаючи символи для інших екологічних тверджень;

- символ, який використовується для зазначення впровадження системи екологічного управління, не повинен використовуватися в спосіб, через який його можна було б неправильно зрозуміти як екологічний символ, що вказує на екологічні аспекти продукції.

Заявник повинен відповідати за оцінювання та подання даних, необхідних для перевірки екологічних самодекларацій. Екологічні самодекларації слід вважати придатними для перевірки лише за умови, якщо це не вимагає доступу до конфіденційної інформації.

Найпоширеніші екологічні самодекларації, вимоги до яких встановлені міжнародним стандартом ISO 14021:

1. Здатний до розкладання;
2. Розбірна конструкція;
3. Продукція зі збільшеним терміном служби;
4. Рекуперована енергія;
5. Придатний для повторного перероблення;
6. Вміст повторно переробленого матеріалу;
7. Знижене енергоспоживання;
8. Знижене використання ресурсів;
9. Знижене водоспоживання;
10. Маловідходний.

Приклади знаків II типу маркування наведені на рис. 9.2.

Тип III в технічному звіті ISO/TR 14025 – описується як «виражена кількісно інформація про екологічний вплив продукції протягом її життєвого циклу», що надається постачальником за результатами незалежної перевірки (наприклад, третьою стороною, на підставі моніторингових даних, представлених як комплекс параметрів для окремої галузі).

Кількісно визначена інформація про екологічні характеристики продукції в екологічній декларації типу III повинна базуватися на методах та результатах вивчення життєвого циклу, що встановлені міжнародними стандартами ISO серії 14040.

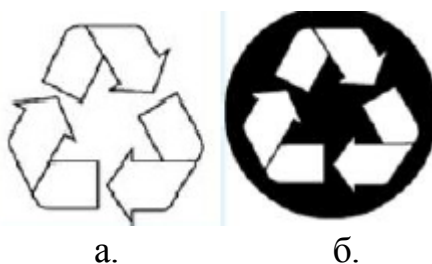


Рисунок 9.2 – Знаки II типу маркування: а – придатний для повторного перероблення; б – вміст повторно переробленого матеріалу

Екологічна декларація III типу складається з трьох основних стадій:

- 1) розробки (підготовки) декларації;
- 2) перевірки щодо вибору методології оцінки та сертифікація на основі визначеної методології;
- 3) перевірки інформації про екологічні характеристики на всіх стадіях життєвого циклу продукції.

Всі норми екологічних декларацій типу III повинні забезпечити узгодженість, порівнюваність та повноту попередньо встановлених категорій параметрів на всіх стадіях життєвого циклу продукції для різних типів споживачів.

Початкове розроблення екологічних декларацій та програм III типу передбачає участь зацікавлених сторін, наприклад, на таких стадіях як:

- вибір та визначення категорій продукції;
- аналіз екологічної інформації про продукцію;
- сертифікація/інформація типу III (якщо застосовано);
- визначення змісту та форми подання інформації;
- вибір попередньо встановлених категорій параметрів.

Організація, на яку покладено реалізацію програми екологічної декларації III типу, встановлює вимоги до процедури оцінки відповідності та форми перевірки.

Отриманий виробником міжнародний сертифікат підтверджує відповідність сертифікованої продукції екологічним критеріям оцінки життєвого циклу продукції.

Програму екологічного маркування I типу в Україні представляє знак екологічного маркування «Екологічно чисто та безпечно», що наведено на рис. 9.3.



Рисунок 9.3 – Знак I типу маркування в Україні
Хід роботи

1. Дати визначення поняття «екологічне маркування». Обґрунтувати його значення та навести основні принципи функціонування.

Завдання 1. На прилавках супермаркету проаналізувати наявність продукції різного типу маркування серед харчових продуктів та миючих засобів. Виписати продукцію зі знаками I типу маркування. Який знак зустрічається найчастіше?

Завдання 2. Розглянувши продукцію навести співвідношення між маркуванням I, II та III типу. Проаналізувати який тип маркування поширений найбільше.

2. Опрацювати стандарт: Екологічний менеджмент. Оцінка життєвого циклу. Принципи та структура.

Завдання 3. Проаналізувати фази проведення оцінювання життєвого циклу продукції. Навести для якого типу маркування використовується отримана інформація.

Завдання 4. Розглянути приклад аналізу життєвого циклу продукції деревообробних підприємств. Обґрунтувати основні екологічні проблеми та ризики, що виникають на відповідних етапах технологічного процесу. Запропонувати управлінські рішення для зменшення негативного впливу на довкілля на різних виробничих процесах.

3. Порівняти маркування екологічної чистої продукції у європейських країнах та Україні.

4. Зробити висновки відповідно до поставленої мети.

Питання та завдання для самоперевірки

1. Що таке життєвий цикл продукції?
2. Схема продукційного ланцюжка.
3. Основні стадії життєвого циклу.
4. Оцінка життєвого циклу продукції.
5. Основні етапи оцінки життєвого циклу за ISO 14040.
6. Екологічне маркування та його основна мета.
7. Класифікація екологічного маркування.
8. Приклади екомаркування.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гандзюра В. П. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. Київ, 2020. 180 с.
2. Гнатів П. С., Хірівський П. Р., Теорія систем і системний аналіз в екології : навч. посіб. Львів : Камула, 2010. 204 с.
3. Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : ПОЛП, 2000. 316 с.
4. Дивак М. П. Системний аналіз : метод. посіб. Тернопіль, 2004.
5. Добровольський В. В. Безсонов Є. М. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. 164 с.
6. Медведєва О., Кропівний В., Мірзак Т., Немировський Ч. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. для студентів спец. 101 Екологія. Кропивницький, 2021. 80 с.
7. Прищепа А. М., Лико С. М., Портухай О. І., Системний аналіз якості навколишнього середовища : підручник. Київ : Кондор, 2016. 496 с.
8. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник / Т. А. Сафранов та ін. ; за ред. Т. А. Сафранова і Я. О. Адаменко. Одеса : ТЕС, 2014. 244 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Гандзюра В. П. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. Київ, 2020. 180 с.
2. Медведєва О., Кропівний В., Мірзак Т., Немировський Я. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. для студентів спец. 101 Екологія. Кропивницький, 2021. 80 с.
3. Добровольський В. В., Безсонов Є. М. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. 164 с.
4. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник / Т. А. Сафранов та ін. ; за ред. Т. А. Сафранова і Я. О. Адаменко. Одеса : ТЕС, 2014. 244 с.

Додаткова:

1. Теорія систем в екології : підручник / Ю. Г. Масікевич та ін. Суми : СумДУ, 2015. 330 с.
2. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2004. 291 с.
3. Добровольський В. В. Основи теорії екологічних систем : учб. посіб. Київ : Професіонал, 2006. 272 с.
4. Прищепа А. М., Лико С. М., Портухай О. І. Системний аналіз якості навколишнього середовища : підручник. Київ : Кондор, 2016. 496 с.
5. Добровольський В. В., Безсонов Є. М. Системний аналіз якості навколишнього середовища : навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. 164 с.
6. Гандзюра В. П. Екологія (головні поняття з позиції системного підходу) : посібник. Київ : 2002. 85 с.
7. Єремєєв І. С. Науково–дослідний семінар. (Проблеми «вузьких місць») : навч. посіб. Київ : ДАЖКГ, 2003. 152 с.
8. Єремєєв І. С. Основи наукових досліджень : навч. посіб. Київ : ДАЖКГ, 2004. 150 с.
9. Колпаков В. М. Теорія та практика прийняття управлінських рішень: навч. посібник. Київ : МАУП, 2000. 253 с.
10. Адаменко Я. О. Оцінка впливів на навколишнє середовище : навч. посіб. Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2014. 284 с.
11. Гуменюк О., Цискарідзе Д., Кошеру І. Розумне управління відходами спільнот : посібник. В рамках проекту «Розумне управління відходами в країнах Східного партнерства, 2018. 42 с.
12. Методичні рекомендації розумного управління відходами спільнот / викон.: О. Гуменюк, Д. Цискарідзе, І. Кошеру. 2017. URL: https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://podil-2023.kyivcity.gov.ua/files/2017/9/2/Metod_rozd_zbir_vidhodiv.pdf&ved=2ahUKEwj6Pnhl-

SNAxXkVfEDHVB2K8wQFnoECAoQAg&usg=AOvVaw34R7MYrOfYk_G2jfFa_zYw (дата звернення: 02.06.2025).

12. Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : ПОЛП, 2000. 316 с.
13. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Київ : Знання, 2000. 203 с.
14. Гнатів П. С., Хірівський П. Р. Теорія системи і системний аналіз в екології. Львів : Камула, 2010. 204 с.
15. Богобоящий В. В., Курбанов К. Р., Палій П. Б., Шмандій В. М. Принципи моделювання та прогнозування в екології. Київ : Центр навчальної літератури, 2004. 216 с.
16. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2004. 291 с.

Інформаційні джерела:

1. Мокін Б. І., Мокін О.Б. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2014 URL: <http://www.mokin.com.ua/files/articles/62/61/mond.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).
2. Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. URL: http://ism-lnu.podia.com.ua/wp-content/vidannia/pidr/metod_nauk_dosl.pdf (дата звернення: 02.06.2025).
3. Чмиленко, Ф.О. Методологія та організація наукових досліджень : посібник. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2014. URL: http://library.dnu.dp.ua/Metodichki/metodologiyi_organizacija.pdf (дата звернення: 02.06.2025).

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Белоконь Каріна Володимирівна
Вагін Андрій Вікторович
Воляр Роман Миколайович

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього
середовища»

Рецензент *Д. В. Прутьков*
Відповідальний за випуск *Ю. О. Белоконь*
Коректор *К. В. Белоконь*