

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

О. М. СЕМЕРНЯ

**МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА БАНКИ
ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ:
САМОСТІЙНА РОБОТА**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Електронне видання на CD-ROM

**Кам'янець-Подільський
2021**

УДК 502/504:[519.8+004.65](075.8)

ББК 28.081+22.183.4я73

С30

*Рекомендувала вчена рада природничого факультету
Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка
(протокол № 10 від 22 грудня 2020 р.)*

Рецензенти:

***О. І. Любинський** — доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри екології Кам'янець-Подільського національного
університету імені Івана Огієнка;*

***Н. В. Казанішена** — кандидат педагогічних наук, доцент, завідувачка кафедри
біології та методики її викладання Кам'янець-Подільського національного універ-
ситету імені Івана Огієнка;*

***О. В. Суховірський** — кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри
природничо-математичних дисциплін Хмельницької гуманітарно-педагогічної
академії.*

Семерня О. М.

**С30 Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації: само-
стійна робота** : навчальний посібник [Електронний ресурс]. Кам'янець-
Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана
Огієнка, 2021. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

Особливість електронного навчального посібника «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації: самостійна робота» у тім, що в тексті зібрані гостро актуальні питання сьогодення в емпіричних дослідженнях з екології, винесені на самостійне опрацювання для бакалавріатів 101 Екологія як сутність і використання в екології змінних величин і функцій; застосування в екології лінійної функції; застосування степеневі функції в екології; комп'ютерне програмне забезпечення еколого-статистичних досліджень; методи узагальнення екологічної інформації. Формування бази статистичних даних в екології; математична статистика екології об'єктів природного середовища; екологічна статистична оцінка техногенних впливів; статистичний аналіз екологічності виробництва; математичне статистичне групування в екології; квадратичний, дисперсійний аналіз в екології; взаємозв'язковий, кореляційний аналіз зв'язків в екології; параметричний, індексний метод в екології; застосування статистики в екології тощо. Містяться питання для самоконтролю сту-

дентів з метою формування професійних компетентностей екологів та природничо-наукового світогляду студентів бакалавріату.

Навчальний посібник містить три розділи: основи вищої математики, математичні методи дослідження, банки екологічної інформації. Список використаних джерел містить додаткову літературу для самоосвіти, а інформаційні ресурси дозволять студентам бакалавріату сформуванати уміння, навички, переконання професійних компетентностей фахівців і елементи природничо-наукового світогляду. Електронний навчальний посібник «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації: самостійна робота» зручний у використанні тим, що має дискретне посилання на відповідну запрошену сторінку: для молоді – це раціонально-практично та комфортно в застосуванні в часи глобальної діджиталізації та бережливого ставлення до паперу.

Посібник адресований науково-педагогічним працівникам, які викладають екологічні дисципліни і дисципліни природничо-наукового спрямування природничо-математичних наук, бакалавріатам, магістрантам, здобувачам освіти.

УДК 502/504:[519.8+004.65](075.8)

ББК 28.081+22.183.4я73

ЗМІСТ

	СПИСОК СКОРОЧЕНЬ СЛІВ І ТЕРМІНІВ	
	ПЕРЕДМОВА	
	РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ	
	1.1. Тема 1. ЕЛЕМЕНТАРНІ ФУНКЦІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЕКОЛОГІЇ	
	1.1.1. Змінна величина і функція. Сутність і використання в екології змінних величин і функцій. Способи задання функцій	
	1.1.2. Лінійна функціональна залежність. Лінійна функція, її графік. Застосування в екології лінійної функції	
	Питання для самоконтролю	

**1.2. Тема 2. ЕЛЕМЕНТАРНІ ФУНКЦІЇ ТА ЇХ
ЗАСТОСУВАННЯ В ЕКОЛОГІЇ**

**1.2.1. Пряма і обернена пропорціональні залежності.
Формули, графіки прямої і оберненої пропорціональних
залежностей**

**1.2.2. Дробово-лінійна функція. Рівняння Міхаеліса–
Ментен. Означення і формула дробово-лінійної функції.
Рівняння Міхаеліса–Ментен**

**1.2.3. Степенева функція. Означення, формула і графіки
степеневі функції. Застосування степеневі функції в
екології**

Питання для самоконтролю

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**2.1. Тема 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ І
ПЕРЕТВОРЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ В ЕКОЛОГІЇ**

**2.1.1. Комп'ютерне програмне забезпечення еколого-
статистичних досліджень**

2.1.2. Методи узагальнення екологічної інформації

2.1.3. Формування бази статистичних даних в екології

Питання для самоконтролю

**2.2. Тема 4. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ
ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ**

**2.2.1. Математичні методи екології об'єктів природного
середовища**

2.2.2. Математичні методи оцінки техногенних впливів

**2.2.3. Математичні методи аналізу екологічності вироб-
ництва**

Питання для самоконтролю

РОЗДІЛ 3. БАНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

3.1. Тема 5. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ БАНКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

3.1.1. Математичні методи групування в екології

3.1.2. Квадратичний, дисперсійний аналіз в екології

3.1.3. Взаємозв'язковий, кореляційний аналіз зв'язків в екології

3.1.4. Параметричний, індексний метод в екології

Питання для самоконтролю

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Навчальне електронне видання на CD-ROM

СЕМЕРНЯ Оксана Миколаївна

доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри екології
Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА БАНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ: САМОСТІЙНА РОБОТА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Електронне видання на CD-ROM

Один електронний оптичний диск (CD-ROM).
Об'єм даних 18,7 Мб. Обл.-вид. арк. 6,5. Підп. 29.01.2021. Тираж 10. Зам. № 923.

Видавець і виготовлювач Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка, вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300
Свідоцтво про внесення до державного реєстру суб'єктів видавничої справи
серії ДК № 3382 від 05.02.2009 р.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕВ – екологічність виробництва

ЕД – екологічна діяльність

ЕП – електронний процесор

НАН України – Національна Академія Наук України

НДІ – науково-дослідний інститут

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ТП – текстовий процесор або табличний процесор

ПЕРЕДМОВА

Україна стрімко крокує в європейський простір і має економічну проблему розвитку держави. Тому на зламі цих подій гостро актуальною виступає використання екології як потенційної можливості впровадження Зеленої економіки, сталого розвитку країни і створення нових робочих місць для її громадян.

Застосування математичних методів у дослідженнях з екології носить прикладний характер розвитку науково-природничого типу мислення студентів, який формує професійні компетентності майбутніх фахівців : бакалаврів з екології. Наразі такі фахівці глобально потрібні для розвитку і стабілізації екологічної економіки в державі. Екологія як напрям підготовки містить багаточинних орієнтирів: біологія, фізика, хімія, географія, математика, інформаційні технології, соціологія, філософія, політика, медицина, освіта, виховання тощо. Усі ці орієнтири формують інтегрований світогляд природничо-наукового характеру особистості.

Застосування банків екологічної інформації в екології формує в майбутніх фахівців навичку користуватись прикладною математикою – інформаційними технологіями – для дослідження природи, довкілля, середовища (спостереження, експеримент, вимірювання, дослід).

У бакавріатурі 101 Екологія є навчальна дисципліна «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації» для розвитку, формування і становлення інтегральної, загальних, фахових компетентностей бакалавра з екології. На виході, бакалавріати 101 Екологія, з даної дисципліни, отримують прогнозовані в освітньо-професійній програмі, результати навчання.

Значна частина навчального часу з даної дисципліни, виноситься на самостійне опрацювання. Це є особливості самостійної освіти студентів, які притаманні кредитно-модульній системі освіти в нашій державі. На самоосвіту виносять 1/2 чи 2/3 частини навчального часу для вивчення дисципліни. Тому даний навчальний посібник в електронному форматі, допомагатиме студентам бакалавріату 101 Екологія в опануванні тем для самостійного опрацювання, тривалістю в 100 годин навчального навантаження курсу і стане надійною опорою та помічником для подальших досліджень тому, що в електронному форматі дана

книга, може бути «завжди під рукою» закачаною в смартфоні чи іншому сучасному гаджеті.

Розглянемо основні характеристики дисципліни «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації» для орієнтування в особливостях курсу бакалавріату 101 Екологія.

Програма вивчення навчальної дисципліни «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації» укладена відповідно до освітньої (освітньо-професійної / освітньо-наукової) програми підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузь знань 10 Природничі науки, спеціальність 101 Екологія.

Мета дисципліни «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації» є підготовка студентів напряму підготовки 101 Екологія до широкого використання статистичних методів і моделей для діагностики стану довкілля, при вивченні причинно-наслідкового механізму формування варіації та динаміки екологічних явищ і процесів, у моніторингу навколишнього природного середовища, при прогнозуванні стану екологічних процесів і ситуацій та прийнятті оптимальних управлінських рішень.

Обсяг дисципліни «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації»

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік навчання	2-й	–
Семестр вивчення	4-й	–
Кількість кредитів ЄКТС	5	–
Загальний обсяг годин	150 год.	–
Кількість годин навчальних занять	50 год.	–
Лекційні заняття	26 год.	–
Практичні заняття	24 год.	–
Семінарські заняття	–	–
Лабораторні заняття	–	–
Самостійна та індивідуальна робота	100 год.	–
Форма підсумкового контролю	залік	–

Статус дисципліни: професійної підготовки.

Передумови для вивчення дисципліни: шкільний курс математики, фізики, біології, хімії, інформатики, математична статистика, загальна теорія статистики, соціальна і економічна статистики, галузеві статистики серед яких важливе місце займає статистика природних ресурсів і навколишнього середовища: статистика лісового господарства, статистика геологорозвідувальних робіт, статистика міського навколишнього середовища, статистика знешкодження відходів, статистика охорони і захисту лісу, статистика стану і забруднення атмосферного повітря; статистика стану, використання і охорони водних ресурсів, статистика стану і використання мінеральних ресурсів.

Програмні компетентності навчання

Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати складні професійні завдання та проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування, що передбачає застосування сучасних теорій, методів і технологій захисту навколишнього середовища та здоров'я людини, включно за невизначеністю умов.	
Загальні компетентності (ЗК)	ЗК 01	Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.
	ЗК 02	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
	ЗК 08	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
	ЗК 09	Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.
	ЗК 10	Здатність працювати в команді.
	ЗК 11	Здатність оцінювати та забезпечувати якість фахових робіт.
	ЗК 12	Здатність реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини та громадянина в Україні

Очікувані результати навчання з дисципліни

ПРН 01	Здійснювати збір і обробку первинної документації для оцінки дій на на-вколишнє середовище, застосовувати екологічні знання для аналізу прикладних проблем у різних областях господарської діяльності, готува-ти документацію для екологічної експертизи і різних видів проектного аналізу.
ПРН 03	Знати основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі при-родничих наук
ПРН 07	Уміння проводити пошук інформації з використанням відповідних дже-рел, програмні засоби, ГІС-технології для підготовки або прийняття об-ґрунтованих рішень.
ПРН 15	Виконувати роботи з акцентом на професійну сумлінність та відповіда-льність за прийняття рішень
ПРН 20	Розуміти і реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, верховенства права, прав і свобод людини.
ПРН 22	Демонструвати навички лабораторних, польових та експериментальних досліджень в екології.

Засоби діагностики результатів навчання: форма підсумкового контролю успішності навчання – залік.

Програма навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	разом	у тому числі			
		Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Основи вищої математики					
Тема 1. Елементарні функції та їх застосування в екології	26	4	2		20
Тема 2. Елементарні функції та їх застосування в екології.	28	6	2		20
РАЗОМ ЗМ 1	54	10	4		40
Змістовий модуль 2. Математичні методи дослідження					
Тема 3. Теоретичні основи формування і перетворення статистичних даних в екології	30	4	6		20
Тема 4. Математичні методи аналізу екологічного стану довкілля	36	6	10		20
Разом ЗМ 2	66	10	16		40
Змістовий модуль 3. Банки екологічної інформації					
Тема 5. Методологічні основи формування банку екологічної інформації	30	6	4		20
Разом ЗМ 3	30	6	4		20
РАЗОМ ГОДИН	150	26	24		100

Форми поточного та підсумкового контролю: опитування, виконання самостійної роботи, написання модульної контрольної роботи, залік.

Критерії оцінювання результатів навчання

Поточний і модульний контроль (100 балів)			Сума
Поточний контроль	МКР	Самостійна робота	100
10 балів	50 балів	40 балів	

Максимальна кількість балів, яку можна отримати на практичному занятті – **12 балів** (за умови виконання всіх різновидів роботи, передбачених планами заняття).

Модульна контрольна робота за змістовим модулем складається з завдань різного ступеня складності. Максимальна кількість балів, яку можна отримати за модульну контрольну роботу в одному змістовому модулі становить **50 балів**.

Модульна контрольна робота виконується у письмовій формі. До її написання допускаються всі студенти. Позитивну оцінку за МКР не рекомендується покращувати. Невиконання МКР оцінюється 0 балів.

Студенти, які за результатами виконання МКР отримали рейтинговий бал менший 60% від максимальної кількості балів, виділених на цей вид роботи, а також ті, що не з'явилися для її виконання або не виконали її завдань, вважаються такими, що мають академічну заборгованість за результатами поточного контролю, ліквідація якої є обов'язковою.

Оцінювання навчальних досягнень студентів з навчальної дисципліни здійснюється відповідно до *Таблиці відповідності шкал оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти*:

Таблиця відповідності шкал оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти

Рейтингова оцінка з навчальної дисципліни	Оцінка за шкалою ECTS	Рекомендовані системою ECTS статистичні значення (у %)	Екзаменаційна оцінка за національною шкалою	Національна залікова оцінка
90-100 і більше	A (відмінно)	10	Відмінно	Зараховано
82-89	B (дуже добре)	25	Добре	
75-81	C (добре)	30		
67-74	D (задовільно)	25	Задовільно	
60-66	E (достатньо)	10		
35-59	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)		Незадовільно	Не зараховано
34 і менше	F (незадовільно з обов'язковим проведенням додаткової роботи щодо вивчення навчального матеріалу кредитного модуля)			

Якщо студент не відпрацював пропущені навчальні заняття, не виправив оцінки 0, 1, 2, 3, отримані на навчальних заняттях; не виконав або виконав МКР, завдання самостійної та індивідуальної роботи менше ніж на 60% від максимальної кількості балів, виділених на ці види робіт, він вважається таким, що має академічну заборгованість за результатами поточного контролю.

Студенти, які не мають академічної заборгованості за результатами поточного контролю, отримують оцінки за результатами підсумкового контролю у формі заліку з кредитного модуля.

Студенти, які мають академічну заборгованість за результатами поточного контролю, отримують за результатами підсумкового контролю у формі заліку оцінку F за шкалою ECTS та «не зараховано» / «незадовільно» за національною шкалою.

Студенти, які мають академічну заборгованість за результатами підсумкового контролю у формі заліку, зобов'язані ліквідувати її в терміни, визначені графіком ліквідації академічної заборгованості.

Отже, вивчаючи навчальну дисципліну «Математичні методи дослідження та банки екологічної інформації» студенти бакалавріату на пряму підготовки 101 Екологія будуть підготовлені до широкомасштабного використання різних математичних методів дослідження в екології, різних статистичних методів і моделей для діагностики стану довкілля, для дослідження причинно-наслідкового механізму формування варіації та динаміки екологічних явищ і процесів, у моніторингу навколишнього природного середовища, для прогнозування стану екологічних процесів і ситуацій та для прийняття оптимальних управлінських рішень на основі даних з банку екологічної інформації.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

1.1. *Тема 1.* ЕЛЕМЕНТАРНІ ФУНКЦІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЕКОЛОГІЇ

1.1.1. Змінна величина і функція. Сутність і використання в екології змінних величин і функцій. Способи задання функцій

За допомогою основних елементарних функцій та їх комбінацій можна математично описати різноманітні зв'язки між біологічними та екологічними елементами або об'єктами, встановлені в процесі розвитку біологічної науки, зокрема екології. Без застосування елементарних функцій при формалізації конкретних біологічних та екологічних закономірностей процес побудови ефективних математичних моделей був би значною мірою неприродним, неповним, а в багатьох випадках і неможливим. Знання цих функцій необхідне для розроблення математичних моделей як простих біологічних процесів, так і складніших процесів і систем, які вивчає екологія.

У природі та різноманітних виробничих процесах деякі величини змінюються, тобто змінюються їх числові значення, а інші характеризуються одним і тим самим числовим значенням (числом). Наприклад, при рівномірному русі час і відстань змінюються, а швидкість залишається сталою. При нагріванні газу (рідини) в герметично закритому посуді тиск і температура газу (рідини) змінюються, на відміну від об'єму та маси. На певній ділянці річки її ширина і швидкість течії в різних створах змінюються, а витрата води залишається сталою. Такі величини, як щільність, чисельність і швидкість розмноження популяцій з часом змінюються, разом з тим для окремих популяцій (мікроорганізмів) час, упродовж якого чисельність популяції подвоюється, є величиною сталою.

Змінною величиною називають величину, яка може набувати різних числових значень у даному процесі. Сталою величиною, або константою, називають таку, числові значення якої в певному процесі не змінюються. Якщо стала величина не змінюється в певному процесі тільки за певних умов, її називають параметром. Абсолютно сталою величиною називають таку, яка не змінюється за будь-яких умов.

Змінні і сталі величини позначають буквами латинського ($x, y, o, \dots, a, b, c, \dots$) або грецького алфавіту. Змінна величина в процесі своєї зміни набуває послідовно певних числових значень, які, наприклад, для змінної x позначають x_1, x_2, x_3, \dots і т. д. Отже, символами x_1, x_2, x_3, \dots позначають числа. Інколи символами x_1, x_2, x_3, \dots позначають змінні величини, про що зауважується при введенні таких позначень.

Сукупність (множину) всіх значень, яких може набувати досліджувана змінна величина (або параметр), називають областю зміни цієї величини, або областю значень змінної величини. Множина значень змінної величини x позначається символом $\{x\}$. Характер зміни величин різноманітний і залежить від їх фізичної чи біологічної природи (суті) або від місця, яке вони займають у математичних виразах, формулах, рівняннях. Одні з них можуть набувати тільки додатних значень, наприклад час ($t > 0$) або біомаса ($B > 0$), інші — від'ємних і додатних, наприклад температура (T). Змінна величина x вважається заданою, якщо задана область її значень $\{x\} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$. Змінна величина називається зростаючою, якщо кожне її наступне значення більше за попереднє:

$$x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{n-1} < x_n < \dots$$

Змінна величина є спадною, якщо кожне її наступне значення менше від попереднього:

$$x_1 > x_2 > x_3 > \dots > x_{n-1} > x_n > \dots$$

Зростаючі й спадаючі змінні величини називають монотонними. Змінна величини є обмеженою зверху, якщо її значення не перевищують деякої сталої величини M . Змінна величини є обмеженою знизу, якщо її значення перевищують певну сталу величину m . При цьому число M називають верхньою межею, а число m — нижньою межею змінної величини. Змінна величини є обмеженою, якщо вона обмежена зверху і знизу ($m < x < M$).

При вивченні та дослідженні різноманітних явищ природи, зокрема процесів, що відбуваються в природних та біологічних системах, доводиться розглядати змінні величини, що можуть характеризувати окремі елементи систем не ізольовано, а залежно від інших. У природі не існує змінних величин без зв'язку з іншими фізичними (абіотичними) чи біологічними (біотичними) величинами. Наприклад, швидкість води у річці залежить від її ширини і глибини, а біомаса популяції змінюється залежно від зміни часу, тобто швидкість води в річці є функцією ширини і глибини річки, а біомаса популяції — функцією часу. Абстрагуючись від цих та інших реальних прикладів залежностей між конкретними величинами, в математиці запроваджено поняття «функціональна залежність», або «функція», — основне поняття математики, яке широко використовується при побудові математичних моделей.

Отже, нехай відома (задана) змінна величина x , областю зміни (областю значень) якої є деяка множина $\{x\}$. Якщо кожному значенню змінної x із множини $\{x\}$ за певним законом ставиться у відповідність певне значення змінної y із множини $\{y\}$, то говорять, що на множині $\{x\}$ задана функція y . Функцією елемента $x \in \{x\}$ називається елемент $y \in \{y\}$, якщо кожному елементу $x \in \{x\}$ ставиться у відповідність єдиний елемент $y \in \{y\}$. Ця залежність записують за допомогою однієї з таких рівностей:

$$y = y(x); \quad y = f(x); \quad y = F(x). \quad (1.1.1)$$

Змінну величину x у цьому разі називають незалежною змінною, або аргументом, множину $\{x\}$ — областю визначення функції, змінну y — залежною змінною, або функцією, а множину $\{y\}$ — множиною значень функції.

Для позначення аргументу, функції та її характеристики використовують й інші букви. Рівність $y = F(x)$ означає, що, застосувавши до значення аргументу x закон (або правило), можна знайти відповідне цьому значенню x значення функції y . Наприклад, рівність

$$y = F(x) \quad (1.1.2)$$

означає, що будь-якому значенню x із множини всіх дійсних чисел ставиться у відповідність значення функції y .

Способи задання функцій

На координатній площині xOy можна зобразити точки M з відповідними координатами x і y , якщо в системі координат xOy на числовій осі Ox (вісь абсцис) відкласти значення аргументу x , а на осі Oy (вісь ординат) відкласти відповідне значення функції y , то множину цих точок $\{M\} = \{x, y\}$ називають графіком функції $y = F(x)$. Графіком може бути деяка лінія, крива або пряма, а також множина окремих не з'єднаних між собою точок, прямих або кривих. Наприклад, щоб знайти координати точок графіка функції (1.1.2), потрібно скласти таблицю значень аргументів x_1, x_2, x_3 і т. д. і відповідних їм значень функції y_1, y_2, y_3 і т. д. Для зручності ці значення представимо у вигляді таблиці, а потім на координатній площині побудуємо точки M_1, M_2, M_3 і т. д. з відповідними координатами $(x_1, y_1), (x_2, y_1), (x_3, y_3)$ і т.д. Сполучивши точки M_1, M_2, M_3 і т. д. лінією, одержують графік даної функції.

Існують спеціальні методи побудови графіків різних функцій, але спосіб побудови графіка функції за окремими точками є найпростішим і найпоширенішим. З викладеного випливає, що функціональну залежність між двома змінними величинами x та y можна задавати різними способами:

- аналітичним, тобто у вигляді формули, як у наведеному прикладі рівність (1.1.2);
- табличним, тобто у вигляді таблиці значень аргументу X і відповідних їм значень функції Y (табл. 1.1.1);

Таблиця 1.1.1

Значення ГДК забруднюючих речовин атмосферного повітря

Забруднююча речовина	ГДК середньодобова, ($\text{мг}/\text{м}^3$)	Клас небезпеки
	X	Y
Діоксид азоту	0,04	2
Формальдегід	0,003	2
Пил (завислі речовини)	0,15	3
Діоксид сірки	0,05	3
Оксид азоту	0,06	3
Оксид вуглецю	3,0	4

– графічним, тобто у вигляді графіка функції $y = F(x)$ як множини точок M , координати яких (y, x) задовольняють дане рівняння $y = F(x)$ (наприклад, за допомогою графіка, *рисунок 1.1.1*).

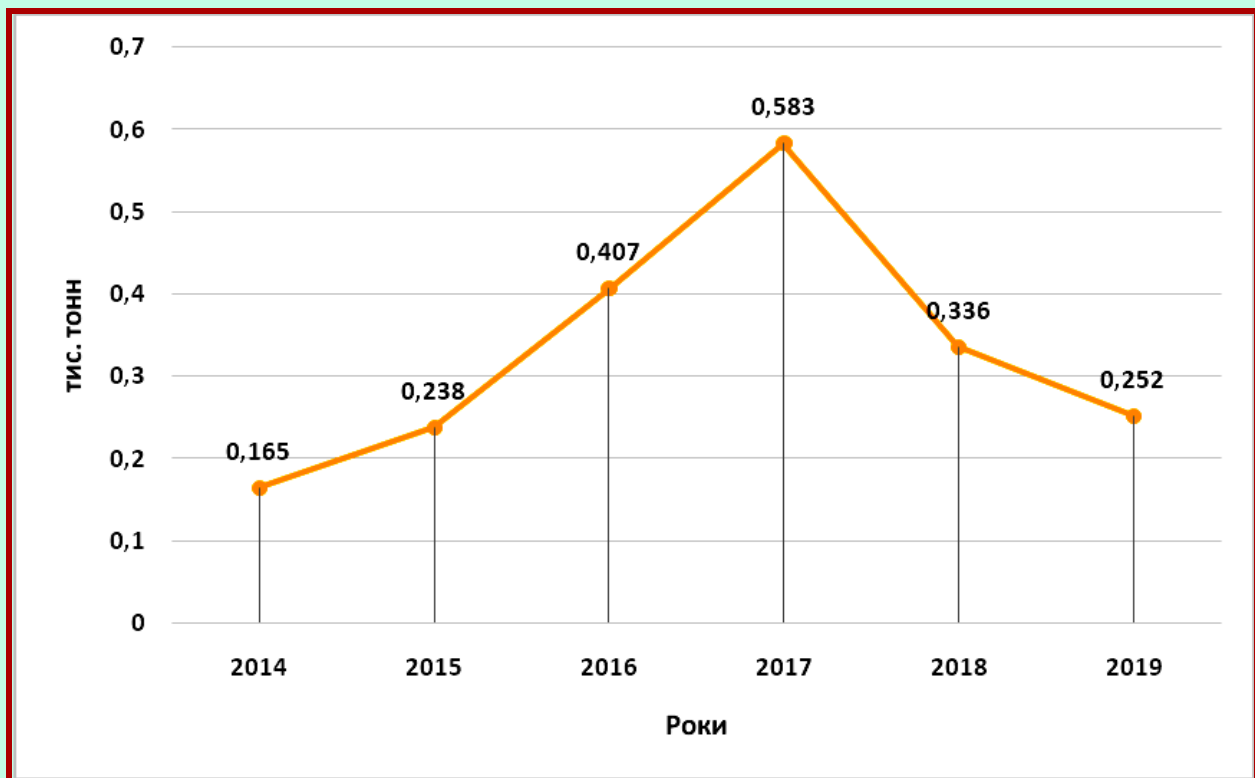


Рис. 1.1.1. Графік: динаміка викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря, м. Кам'янець-Подільський

При побудові (синтезі) математичних моделей екологічних процесів і систем кінцевим результатом є одержання функціональної залежності, яку виражають аналітично (аналітичним виразом, рівністю або рівнянням).

В екології, як правило, створення математичної моделі пов'язаний з послідовним використанням усіх трьох способів задання функції. Табличний спосіб являє собою результати експериментальних досліджень та їх первинної статистичної обробки. Перехід від табличного до графічного способу є необхідним етапом для розуміння структури функціональної залежності.

Перехід від табличного представлення до аналітичного без розгляду графічного зображення хоча і дає змогу побудувати функціональну залежність, проте побудована таким способом математична модель не завжди найкращим способом відображає (віддзеркалює) існуючий зв'язок між змінними, що досліджуються.

Поділ двох змінних величин, що перебувають у функціональній залежності, на аргумент і функцію є в певному відношенні формальним правилом, оскільки в одних випадках змінна x може вважатися аргументом, а змінна y — функцією, в інших випадках або задачах змінну y слід розглядати як аргумент, а змінну x визначати як функцію. Якщо розглядати функціональну залежність в екології, то абсолютно незалежних величин (аргументів), що характеризують стан і розвиток екосистем, не існує взагалі. Абсолютно незалежною змінною для екосистем є тільки час, який позначають буквою t .

Для побудови математичних моделей біологічних та екологічних процесів, що виражаються різними аналітичними виразами (формулами), насамперед потрібно знати структуру і властивості найпростіших функцій, які називаються основними елементарними функціями. Їх застосовують в задачах математичного опису і моделювання найпростіших біологічних і екологічних закономірностей.

1.1.2. Лінійна функціональна залежність. Лінійна функція, її графік. Застосування в екології лінійної функції

Найпростіша залежність між двома змінними величинами задається лінійною функцією, яка визначається такою рівністю (формулами):

$$y = kx + b \quad \text{або} \quad ax + by + c = 0.$$

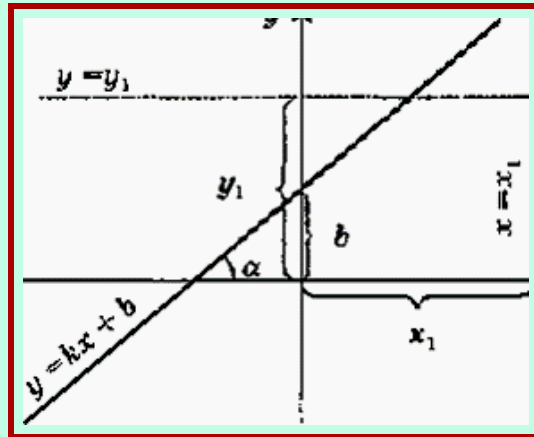


Рис. 1.1.2. Графік лінійної функції

Графіком цієї функції є пряма лінія (рис. 1.1.2). Числа k , b або a , b , c називають параметрами, причому параметр k , який має назву кутівий коефіцієнт, характеризує нахил прямої до осі Ox і дорівнює $k = \operatorname{tg} \alpha$, де α — кут нахилу прямої до осі Ox . Параметр b у рівнянні показує, який відрізок на осі Oy відсікає пряма від початку координат. Отже, якщо пряма проходить через початок координат, то в рівнянні $b = 0$.

Застосування в екології лінійної функції

В біології, як і в екології, лінійна залежність між двома змінними величинами зустрічається дуже рідко, але за певних умов (обмежень) залежність між двома змінними можна описати лінійною функцією. Наприклад, на певному проміжку часу, зокрема на ранній стадії свого розвитку, вага деяких риб лінійно залежить від їх віку, тому, позначивши вагу риби буквою m , її можна знайти за формулою: $m = k \cdot a$, де k — параметр (коефіцієнт пропорційності), a — залежить від виду риби і визначається за даними натурних спостережень.

Отже, використання лінійної функції може бути корисним при визначенні певних параметрів у екології (рис. 1.1.3).

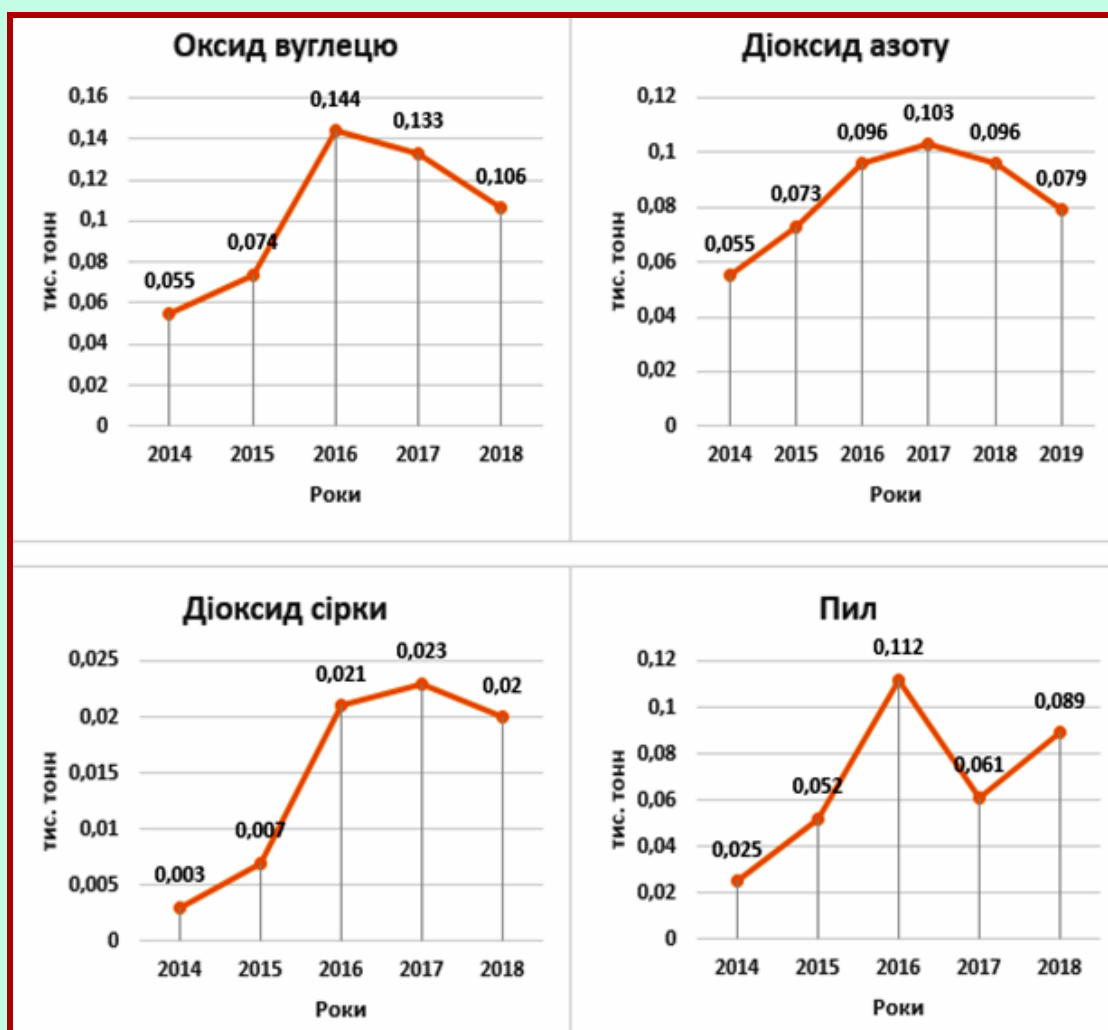


Рис. 1.1.3. Динаміка викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря, в тому числі по найпоширеніших речовинах м. Кам'янець-Подільський

Питання для самоконтролю

1. Які елементарні функції застосовують в екології?
2. Розкажіть про змінну величину і функцію.
3. У чому сутність використання в екології змінних величин і функцій?
4. Які Ви знаєте способи задання функцій? Як це використати в екології?
5. Що таке лінійна функціональна залежність?
6. Лінійна функція, її графік у математиці. Застосування в екології лінійної функції.

1.2. Тема 2. ЕЛЕМЕНТАРНІ ФУНКЦІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЕКОЛОГІЇ

1.2.1. Пряма і обернена пропорціональні залежності. Формули, графіки прямої і оберненої пропорціональних залежностей

Функціональну залежність між двома змінними величинами називають прямо пропорціональною, якщо збільшення (зменшення) однієї з величин у кілька разів приводить до збільшення (зменшення) другої величини в стільки ж разів.

Інакше кажучи, дві змінні величини x і y перебувають у прямій пропорціональній залежності, якщо відношення між ними протягом їх змінювання залишається сталою величиною, тобто $x/y = k = \text{const}$, число k називають коефіцієнтом пропорціональності. Очевидно, лінійна функція

$$y = kx \quad (1.2.1)$$

виражає пряму пропорціональну залежність, де параметр k є коефіцієнтом пропорціональності. Графічно цю залежність зображують у вигляді прямої, що проходить через початок координат. Будь-яка пряма лінія, що проходить через точку $M_0(x_0, y_0)$, виражає пряму пропорціональну залежність між двома змінними величинами $x - x_0$ і $y - y_0$ і описується такою лінійною функцією:

$$y - y_0 = k(x - x_0), \quad (1.2.2)$$

де параметр k , який називають кутовим коефіцієнтом, є коефіцієнтом пропорціональності.

Функціональна залежність між двома змінними величинами називається обернено пропорціональною, якщо збільшення (зменшення) однієї з них в кілька разів приводить до зменшення (збільшення) другої величини в стільки ж разів.

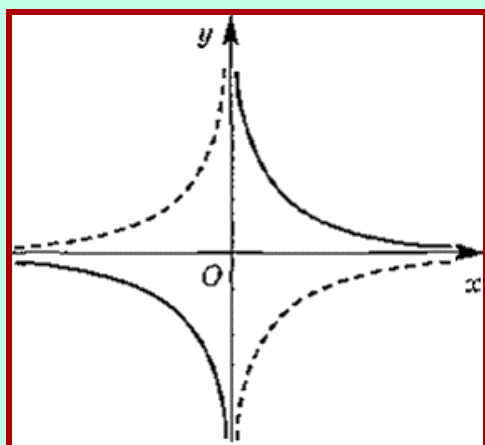
Інакше кажучи, дві змінні величини x і y перебувають в обернено пропорціональній залежності, якщо добуток цих величин у процесі їх зміни залишається постійним, тобто $xy = k = \text{const}$.

Отже, обернено пропорціональна залежність виражається такою функцією:

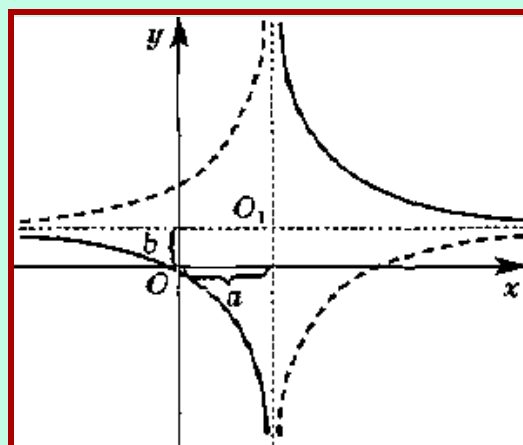
$$y = k/x, \quad (1.2.3)$$

де параметр k називають коефіцієнтом оберненої пропорціональності.

Графіком оберненої пропорційної залежності (1.2.3) є рівностороння гіпербола (рис. 1.2.1, а).



а)



б)

Рис. 1.2.1. а) різностороння гіпербола; б) зміщена гіпербола

У загальному випадку обернено пропорційна залежність між величинами $x - a$ і $y - b$ виражається такою функцією:

$$y = k/(x - a) + b, \quad (1.2.4)$$

де k, a, b — постійні величини (параметри).

Графіком функції (1.2.4) є гіпербола, зміщена відносно осі Oy на величину a і відносно осі Ox — на величину b (рис. 1.2.1, б).

Пряму і обернену пропорційні залежності застосовують в екології.

Наприклад, наведені у попередньому пункті лінійні залежності між довжиною риби та її вагою: $m = k \cdot a$, де k — параметр (коефіцієнт пропорційності), a — залежить від виду риби і визначається за даними натурних спостережень.

Відомо, що між деякими видами існує залежність типу «хижак — жертва». Зокрема, такі відносини виникають між популяціями зайців Nz і вовків Nv , а саме: на деякому періоді свого розвитку залежність кількості популяції зайців від кількості популяції вовків може бути виражена такою функцією:

$$Nz = k/Nv.$$

Отже, чим більше налічується вовків, тим менше буде зайців. Така залежність, крім хижацтва вовків, не враховує інших факторів, які впливають на розмноження і смертність зайців. Тому користуватися цією залежністю можна тільки за певних обмежень для досить наближеного прогнозування.

1.2.2. Дробово-лінійна функція. Рівняння Міхаеліса–Ментен. Означення і формула дробово-лінійної функції. Рівняння Міхаеліса–Ментен

Обернено пропорційна залежність є окремих випадком дробово-лінійної функції, яка має такий вигляд:

$$y = (ax + b) / (cx + d) \quad (1.2.1)$$

де a, b, c, d – постійні величини (параметри). Оскільки знаменник не може бути нулем, то функція y визначається для всіх значень x , крім точки $x = -d/c$.

Якщо $c = 0$ то

$$y = (ax + b) / d = a / d \cdot x + b/d. \quad (1.2.2)$$

Бачимо дробово-раціональну функцію $y = f(x)$, графіком якої є пряма лінія зміщена від початку координат $O(0; 0)$.

Рівняння Міхаеліса–Ментен

У біології відомо, що між кількістю їжі і швидкістю її споживання мікроорганізмами існує тісна залежність, яка може бути виражена дробово-раціональною функцією. Так, вивчаючи розмноження мікроорганізмів на різних поживних речовинах (субстратах), французький мікробіолог Ж. Моно показав, що в багатьох випадках залежність швидкості V поїдання субстрату мікроорганізмами від концентрації S субстрату можна описати рівнянням Міхаеліса–Ментен:

$$V = V_{\max} S / (K_m + S) \quad (1.2.3)$$

де: V_{\max} – максимальна швидкість поїдання (поглинання) субстрату, K_m – постійна, яка називається константою Міхаеліса. Константа K_m дорівнює такій концентрації субстрату, за якої швидкість поглинання субстрату досягає половини максимальної швидкості: $V = 0,5 V_{\max}$

Графіком функції (1.2.3) є гіпербола, яку називають *гіперболою Міхаеліса* (рис. 1.2.2).

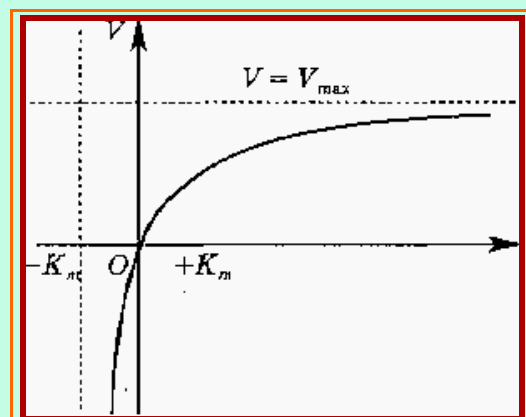


Рис. 1.2.2. Гіпербола Міхаеліса

1.2.3. Степенева функція.

Означення, формула і графіки степеневі функції.

Застосування степеневі функції в екології

Степенева функція визначається рівнянням

$$y = ax^a, \quad (1.2.4)$$

де a — будь-яке сталє число (параметр), a — раціональне число (показник степеня).

Якщо $a > 0$ і a — парне і додатне число, то графіком функції (1.2.4) є парабола з вершиною в початку координат, симетрична відносно осі Oy , причому вітки параболи спрямовані угору (рис. 1.2.3). При $a = 2$ параболу називають квадратичною, при $a = 4$ — параболою четвертого степеня і т. д. При $a < 0$ і a — парному і додатному числі вітки параболи будуть спрямовані вниз (пунктирні лінії на рис. 1.2.3, а).

Якщо $a > 0$ і a — непарне і додатне число, то графіком функції буде парабола, що проходить через початок координат і симетрична відносно початку координат, причому права вітка спрямована угору, а ліва — вниз (рис. 1.2.3). Якщо $a < 0$ і a — непарне і додатне число, то права вітка спрямована вниз, а ліва — угору (пунктирні лінії на рис. 1.2.3, б). При $a = 3$ парабола називається кубічною, при $a = 5$ — параболою п'ятого степеня і т. д.

Характерним для графіків усіх парабол є те, що їх вітки, які відповідають більшим значенням показника a , лежать ближче до осі Ox (рис. 1.2.3).

Якщо $a = m/n$ — дробове число, то функція (1.2.4) матиме вигляд:

$$y = ax^{m/n} \quad (1.2.5)$$

а її графіки для різних значень m і n відрізнятимуться від кривих, зображених на рис. 1.2.3.

При $a = -1$ з рівняння (1.2.4) можна одержати обернено пропорційну функціональну залежність, графіком якої є рівностороння гіпербола, а якщо $a < -1$, то графік відповідної функції називається степеневою гіперболою.

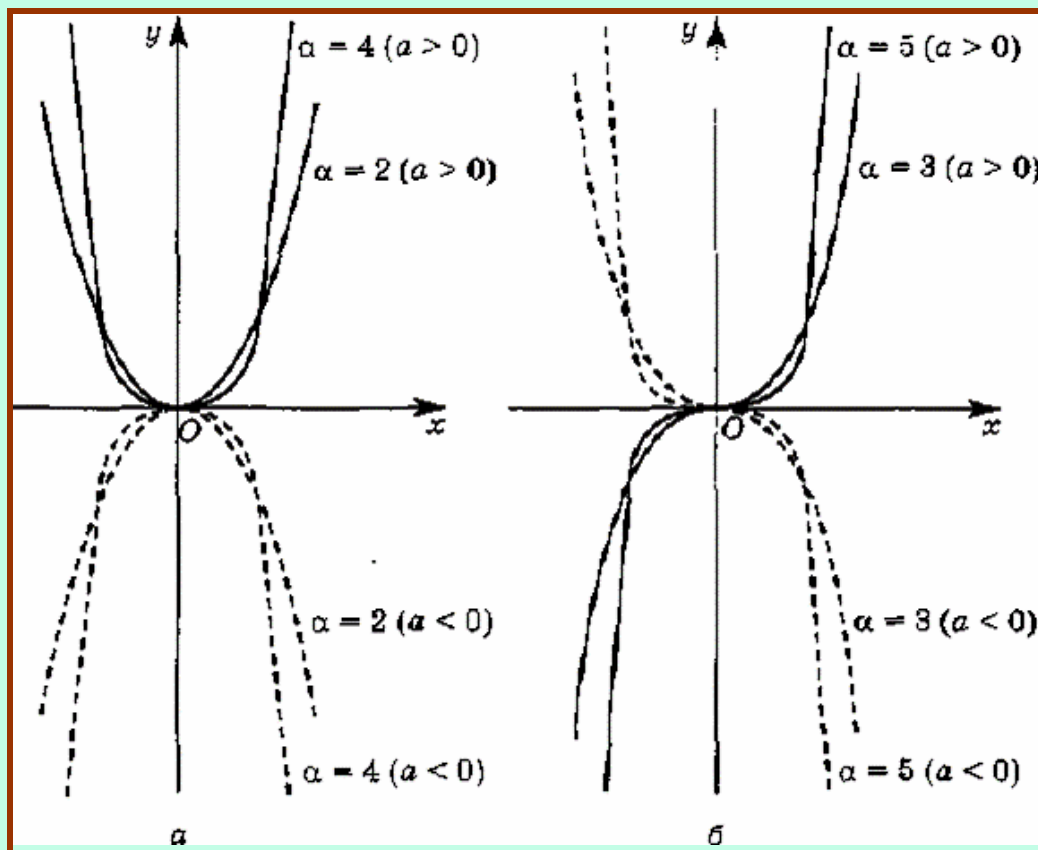


Рис. 1.2.3. Графіки степеневі функції:
а) парабола квадратична; б) парабола кубічна

Застосування степеневі функції в екології

Різні біологічні процеси можна описувати степеневі функцією. Лінійною функцією можна описати вагу риби на ранньому періоді її розвитку (від 2 до 6 років).

Замість лінійної залежності можна обчислювати вагу риби кубічною залежністю (Ф. Баранов, 1961):

$$W = at^3 \quad (1.2.6)$$

Вагу риби визначати через її довжину за допомогою такої степеневі функції:

$$W = bL^3 \quad (1.2.7)$$

де a і b — параметри, які знаходять на основі експериментальних або натурних спостережень.

Швидкість розмноження популяції, як правило, спочатку збільшується, а потім, у зв'язку з недостатнім харчуванням і внутрішньою конкуренцією, починає зменшуватись, прямуючи до значень, близьких нулю. Цим самим підтримується оптимальна за певних умов чисельність

популяції. Встановлення такої рівноваги називають гомеостазом популяції. З огляду на це швидкість розмноження популяції доцільно описати за допомогою степеневих функцій, зокрема такою функцією (квадратним двочленом):

$$V_n = rN - r/K \cdot N^2, \quad (1.2.8)$$

де N – кількість особин, r – питома швидкість розмноження, K – ємність середовища (максимальна чисельність при якій швидкість розмноження припиняється).

Питання для самоконтролю

1. Що таке елементарні функції в математиці та як їх застосувати в екології?
2. Розкажіть про пряму і обернену пропорційну залежності в математиці та в екології.
3. Формули, графіки прямої і оберненої пропорційних залежностей у математиці та в екології.
4. Дробово-лінійна функція в математиці та в екології.
5. Рівняння Міхаеліса–Ментен в біології та в екології.
6. Означення і формула дробово-лінійної функції в математиці та в екології.
7. Степенева функція в математиці та в екології.
8. Означення, формула і графіки степеневої функції в математиці. Застосування степеневої функції в екології.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. *Тема 3.* ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ І ПЕРЕТВОРЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ В ЕКОЛОГІЇ

2.1.1. Комп'ютерне програмне забезпечення еколого-статистичних досліджень

Сьогодні кожний фахівець стикається з великою кількістю інформації, яку він повинен збирати, зберігати, перетворювати, аналізувати та використовувати в своїй діяльності. Таку роботу неможливо ефективно виконувати без застосування комп'ютерної техніки, без знання тонкощів роботи з MS Office-додатками, без використання чисельних методів, за допомогою яких вирішуються фахові задачі.

Розглянемо деякі основоположні терміни.

Інформація – це відомості про осіб, предмети, події, явища, процеси, об'єкти, системи, які використовуються з метою здобуття знань та прийняття рішень. Збирання, обробка та передача інформації створюють **інформаційний процес**.

Комп'ютерна техніка – матеріальний носій для відображення інформації.

Інформаційні технології – сукупність методів і програмно-технічних засобів, які забезпечують збирання, обробку, зберігання передачу та відображення інформації з метою зменшення трудомісткості цих процесів, а також підвищення їх надійності та оперативності.

Система – це сукупність взаємодіючих між собою частин, що утворює деяку цілісність, володіє певними інтелектуальними властивостями, що дозволяє виконувати в середовищі свого існування визначену функцію.

Системологія (системотехніка) – наука, що вивчає теорію складних систем, дослідження з допомогою побудови їх моделей та застосування системного аналізу до розв’язування задач управління системами та оптимізації їх режимів роботи.

Модель – це спеціально створена для цілей дослідження фізична або математична система, яка маючи відповідний ступінь схожості з досліджуваною системою та будучи її спрощеним аналогом, призначена для вивчення поведінки такої системи та отримання нових знань про неї та її властивості. Якщо таке дослідження ведеться на комп’ютері, така модель називається *імітаційною* або *кібернетичною*.

Отже, системне опрацювання текстів на комп’ютері для забезпечення еколого-статистичних досліджень складається з таких етапів (використання найбільш часто вживаного на сьогодні текстового процесора (ТП) **MS Word 2013-2015**): набір та зберігання текстового документа; редагування документа; форматування тексту; макетування; друкування.

Редагування документа забезпечення еколого-статистичних досліджень складається з таких операцій: виправлення помилок; робота з рядками та абзацами; перевірка орфографії; перевірка граматики.

При виправленні документа для забезпечення еколого-статистичних досліджень вилучають зайві, добавляють пропущені, виправляють неправильні символи. Це робиться в режимах «**Заміна**» або «**Вставка**», які включаються клавішею (**Insert**).

Для переміщення фрагментів тексту з метою забезпечення еколого-статистичних досліджень, їх вилучення або копіювання необхідно попередньо відмітити задані об’єкти інверсним кольором.

Форматування текстового документу для забезпечення еколого-статистичних досліджень полягає в наданні документові потрібного вигляду. Для цього встановлюють потрібні масштаби та типи шрифтів, їх вигляд, накреслення, колір, анімацію. На цьому етапі виконують форматування абзаців, встановлюють відступи та інтервали, додають в документ таблиці, списки, нумерують сторінки.

Для побудови таблиці в текстовому документі використовують команду «**Таблиця ⇒ Нарисовать таблицу**» або «**Таблиця ⇒ Вставить**». В місці розміщення курсору миші створюється потрібна за формою, з відповідною кількістю рядків та стовпців, структура таблиці. Після цього відбувається заповнення комірок таблиці потрібною інформацією.

цією. За допомогою формул в таблицях можна вести розрахунки для елементарного забезпечення еколого-статистичних досліджень. Формула починається з символу «=» і складається з адрес комірок таблиці, операцій (+, -, *, /) та імен функцій: ABS (модуль), AVERAGE (середнє значення), INT (взяти цілу частину числа), MAX, MIN (вибрати екстремальне значення із списку даних), MOD (остача від ділення цілих чисел), PRODUCT (добуток чисел), SUM (сума чисел) та інші. Для роботи з множинами чисел застосовують службові числа ABOVE (здіяяти всі числа, що знаходяться над формулою), BELOW (нижче формули), RIGHT (праворуч від формули), LEFT (ліворуч від формули). Наприклад формула «**=AVERAGE (ABOVE)**» розмістить в комірці, де записана формула, середнє значення усіх чисел розміщених зверху, що значно спростить еколого-статистичний розрахунок емпіричних даних. Формула записується в вікні, що викликається командою «**Таблиця ⇒ Формула...**».

Макетування документу в еколого-статистичних дослідженнях

На цьому етапі в текст документа вставляються рисунки, графічні об'єкти, математичні формули.

Часто, особливо в технічних текстах, для забезпечення еколого-статистичних досліджень, доводиться в текст заносити різноманітної складності математичні формули. У Word для цього є інструмент MS Equation 3.0, який викликається командою «**Вставка ⇒ Об'єкт ⇒ MS Equation 3.0**». При цьому в місці розміщення курсору клавіатури з'являється макет занесення формули, а збоку набір шаблонів різноманітних елементів формул. Із цього набору потрібно вибирати потрібні елементи, вставляти їх в макет і заповнювати виділені місця. Створена формула являє собою графічний об'єкт. Його можна активізувати і потім перемістити в інше місце тексту, збільшити чи зменшити.

Для створення красивих заголовків, оголошень, виділення фрагментів текстовий процесор Word має інструмент, який носить назву Word Art. Для його виклику для роботи застосовують команду «**Вставка ⇒ Рисунок ⇒ Об'єкт Word Art**». З'являється колекція об'єкта, із якого потрібно вибрати відповідний тип і натиснути «**ОК**». У робочому вікні розміщуємо потрібний текст і натискаємо «**ОК**».

У текст документа також можна вставити малюнок, якщо він зберігається в комп'ютері з розширенням JPG (від сканера), BMP (створені в редакторах Paint, Paintbrush), GIF (файл із Internet), DOC (малюнок із іншого документа Word). Технологія створення такого об'єкта: «**Вставка** ⇒ **Рисунок** ⇒ **Картинки**» з діалогового вікна вибираємо «**Упорядочити картинки** ⇒ **Коллекция картинок** ⇒ **Мои коллекции** ⇒ **Коллекции Microsoft Office**» далі вибираємо тему і конкретну картинку, «**Копіювати**» та «**Вставити**».

Для друкування документа в одному примірнику досить на панелі інструментів натиснути кнопку **Прінт**. Якщо при друкуванні потрібні варіанти, тоді виконується команда «**Файл** ⇒ **Печать**» з подальшою установкою режимів друкування.

Далі розглянемо використання табличного процесора **MS Excel** (ТП) для забезпечення еколого-статистичних досліджень.

Найчастіше робочий матеріал, з яким працює фахівець (статистичні дані, результати досліджень, бухгалтерські звіти, економічна інформація та інше), представлений в табличному вигляді. Для автоматизації його обробки на комп'ютері в операційному середовищі Windows корпорація Microsoft створила електронну таблицю Excel. Її ще називають електронним процесором (ЕП).

Використання ТП Excel дає можливість користувачеві комп'ютера створювати і редагувати табличний матеріал, проводити будь-які математичні дії над числовими даними із застосуванням різноманітних вмонтованих функцій, перевіряти орфографію текстової частини таблиць, працювати з наповненням таблиць, як з базами даних, проводити аналіз числової інформації з допомогою різноманітних діаграм тощо.

Продуктом створеного документа ЕП Excel є файл, який називається робочою книгою. Книга може мати від одного до 255 робочих листів. Робочі листи мають назву «**Лист 1**», «**Лист 2**» і т.д. У процесі роботи ці назви можна змінювати на інші імена.

Робочий лист складається з комірок, що розміщені по рядкам і стовпцям. Рядків може бути до 65536, а стовпців до 256. Кожен рядок нумерується натуральним рядом чисел, а стовпці буквами латині: А, В, ... Z, AA, AB, ... AZ, BA, BB...

Кожна комірка має свою адресу, складену із імені стовпця та номера рядка, на перетині яких вона знаходиться. Табличний курсор в книзі єдиний. Це саме та комірка з якою в даний момент працює комп'ютер. Рядок і стовпець ЕП Excel, в яких знаходиться табличний курсор, як і сама комірка, називаються активними.

Розрізняють повний і активний лист. Повний має кінцеві комірки A1–IV65536. Активний обмежується прямокутником, що включає останню заповнену комірку в рядках і стовпцях. Таким чином екран монітора є ніби тим вікном, що рухається по активному листу і висвічує його наповнення.

Сьогодні застосування комп'ютера для розв'язку математичних задач не вимагає обов'язкового створення програм. Існують системи, що успішно виконують як числові, так і символічні обчислення. До них відносяться Mathematica, Maple, Derive, MathCad, Matlab та ін. Система MathCad належить до найпопулярніших інструментів розв'язку фахових задач і для забезпечення еколого-статистичних досліджень. Вона включає:

- математичний процесор для числових та символічних обчислень;
- текстовий та формульний редактори;
- можливості інтерактивної роботи з документами;
- унікальну графічну систему.

MathCad має прості інтерфейс та вхідну мову математичних символів, а також має легку для освоєння технологію розв'язку математичних задач.

Розглянемо основи роботи в MathCad

Інтерфейс системи аналогічний будь-якому вікну додатка Windows. Серед особливих елементів найбільш часто вживана панель математики.

Її дев'ять кнопок розкривають набір вікон з командами відповідної тематики. Вікна рухомі і можуть бути розміщені в зоні панелі інструментів, так і за межами робочого вікна. Кнопки панелі мають систему підказок при наведенні на них курсору миші.

MathCad працює з документами, які розміщуються на його робочому полі у вигляді:

- математичних виразів;
- числових та векторних величин;
- текстових фрагментів;
- графічних областей.

Математичні вирази – це типи даних, оператори та функції.

До типів даних відносяться числові константи, звичайні та системні змінні, масиви.

Константами являються об'єкти, які в процесі обчислень не змінюють свого значення: числа, що задані явно, число π , число e тощо.

Змінні в математичних виразах задаються своїми ідентифікаторами, що складаються з літер латинського або грецького алфавіту та цифр, але починаються обов'язково з літери.

У MathCad є деяка група особливих об'єктів, значення яких встановлюється відразу після запуску системи (системні змінні) і в подальшому не змінюються. Наприклад, змінна ∞ означає нескінченність (10^{307}), змінна $ORIGIN=0$ або будь-яке інше число (з «+» чи «-»), у залежності від того з якого номера потрібно визначити індекс першого елемента векторів і матриць, TOL задає допустиму похибку розрахунків (як правило 10^{-3}). Зміну системних значень виконують командою «**Инструменты** \Rightarrow **Параметры рабочего листа** \Rightarrow **Встроенные переменные**».

Звичайні змінні повинні бути обов'язково перед їх використанням попередньо визначені користувачем з допомогою оператора присвоєння.

Отже, комп'ютерне програмне забезпечення: система MathCad – найпопулярніший інструмент розв'язку фахових задач, зокрема з статистичної екології тобто для забезпечення еколого-статистичних досліджень.

2.1.2. Методи узагальнення екологічної інформації

Природничо-екологічне дослідження складається з трьох етапів: збору інформації, обробки інформації і узагальнення інформації.

Останній етап: *узагальнення інформації* – це та стадія роботи з екологічною інформацією, коли оброблений екологічний матеріал потребує узагальнення, наочного подання і відображення складних екологічних ситуацій. Методами наочного подання та викладання фізичних величин, що використовують для більш раціонального та систематизованого викладення цифрової інформації є статистичні таблиці і статистичні графіки, тобто табличний і графічний метод.

Розглянемо кожний метод окремо. Наведемо приклади застосування цих методів в екологічних дослідженнях, які проводили магістри й, згодом, описали і захистили в дипломних роботах.

Табличний метод в екологічних дослідженнях використовують часто для узагальнення, ущільнення, концентрації на основному в дослідженні докільля. Так, статистичні таблиці – це форма раціонального та систематизованого викладення цифрової інформації.

Основною перевагою цифрової інформації, зведеної в таблиці, є компактність, наочність, виразність. Інформація стає легкодоступною і рельєфною, компактною і раціональною.

Мета побудови таблиць багатогранна. Це і: систематизація цифрової інформації; полегшення і прискорення ефекту сприйняття; інтенсифікація пізнавального процесу; економія місця при викладенні інформації.

Таблиці складають не лише на заключному етапі дослідження. У процесі обробки статистичних даних користуються допоміжними, робочими таблицями. Їх слід відрізнити від допоміжних розрахункових таблиць (логарифмічних, таблиць коефіцієнтів). Статистичними таблицями вважають тільки ті, що містять наслідки статистичного аналізу еколого-економічних явищ і процесів.

Наприклад, продемонструємо використання статистичної таблиці (рис. 2.1.1) у дипломному дослідженні Петричук І.А. «ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У М. КАМ'Я-

НЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ ТА ЗА ЙОГО МЕЖАМИ» з метою аналізу індексу і рівня забруднення атмосферного повітря в різних містах України.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТАХ			
Рейтинг найзабрудненіших міст України за станом атмосферного повітря			
Місце у рейтингу	Місто	Індекс забруднення атмосферного повітря	Рівні забрудненості атмосферного повітря
1	Маріуполь	17,9	Дуже високий
2	Дніпро	17,2	Дуже високий
3	Одеса	14,4	Дуже високий
4	Кам'янське	14,3	Дуже високий
5	Миколаїв	13,7	Високий
6	Кривий Ріг	12,7	Високий
7	Херсон	10,5	Високий
8	Київ	9,6	Високий
9	Запоріжжя	8,0	Високий
10	Луцьк	7,7	Високий

Рис. 2.1.1. Статистична таблиця в екологічному дослідженні

Отже, висновковуємо з даного *рисунку 2.1.1*, що використання статистичних таблиць в екологічному дослідженні виявляє аналіз емпіричних даних для узагальнення.

Таким чином, як бачимо з *рис. 2.1.1*, таблиця за своїм логічним змістом розглядається як «статистичне речення», що має свій підмет і присудок. Підмет таблиці характеризує об'єкт дослідження, а присудок – це система показників, що відображує підмет як об'єкт. Статистична таблиця має ряд горизонтальних рядків і вертикальних граф. Перетин рядків і граф утворює клітини таблиці. Ліві бічні і верхні клітини призначені для словесних заголовків, а решта – для числових. Кожна таблиця має три заголовки: загальний – відображає зміст таблиці (його місце над таблицею); ліві (бічні) – найменування рядків, розкривають зміст підмета; верхні – найменування граф, розкривають зміст присудка. Оптимальний за розміром об'єм таблиці складає 25-30 графоклітин, який є добутком рядків і граф.

Розглянемо основні правила побудови таблиць. Вірність побудови залежить від трьох компонентів:

1. Правильності розміщення підмета і присудка: основне місце підмета у бічних заголовках; при відсутності компактності і наочності можуть бути винятки, коли присудок міняється місцем з підметом.

2. Правильності розробки присудка: присудок повинен мати мінімальне число показників; він не повинен загромождуватись подробицями; він повинен займати якнайменше місця і полегшувати читання таблиці.

3. Послідовності розміщення показників присудка: показники повинні розкриватись, виходячи з логіки змісту явищ, що вивчаються і логіки їх пізнань; найбільш важливі повинні розміщуватись попереду другорядних; при наявності великої кількості показників у присудка (>5) потрібно будувати не одну, а систему часткових таблиць, що доповнюють одна одну.

Розглянемо вимоги до оформлення таблиць. Отже, кожна таблиця повинна мати назву, що відображає її зміст: заголовок повинен розміщуватись над таблицею; текст заголовка має бути коротким, лаконічним; відривати (переносити) заголовок від таблиці не можна; назви рядків і граф повинні даватися повністю без скорочень; кожна таблиця повинна мати одиниці виміру; числа в таблиці не повинні бути громіздкими; таблиці іноді потребують нумерації, яка робиться по-різному: перед назвою (ставлять цифри номера); над назвою в правій частині таблиці (пишуть слово «таблиця», знак номера і сама цифра номера).

Існують такі види таблиць. За призначенням і побудовою підмета таблиці поділяють на декілька видів:

1. За призначенням таблиці бувають: аналітичні – складаються для узагальнення і аналізу даних; допоміжні: робочі – складаються в процесі зведення матеріалу; обчислювальні – складаються для одержання результатів готових однотипних обчислень;

2. За побудовою підмета таблиці бувають: прості – містять у підметі перелік будь-яких об'єктів; групові – містять у підметі групування одиниць сукупності за однією ознакою; комбінаційні – містять у підметі групування одиниць за кількома ознаками.

Наприклад, продемонструємо (рис. 2.1.2) таблицю виду «аналітична» і «групова», з дипломного дослідження магістрантки Петричук І.А.

«ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У М. КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ ТА ЗА ЙОГО МЕЖАМИ».

Аналіз перевищення ГДК по контрольних точках м. Кам'янця-Подільського за результатами моніторингу атмосферного повітря 2018-2019 рр.

Точки спостереження	Квітень 2018		Липень 2019		Жовтень 2019	
	Перевищення ГДК		Перевищення ГДК		Перевищення ГДК	
	діоксид сірки	Пил	діоксид сірки	Пил	діоксид сірки	пил
вул. Шевченка, 1	-	-	-	-	в 1,2-1,4 рази	Не виявлено
вул. Хмельницьке шосе, 43	-	-	-	-	в 1,2-1,4 рази	Не виявлено
вул. Івана Франка, 19;	-	-	-	-	в 1,2-1,4 рази	Не виявлено
вул. Огієнка, 59	Не виявлено	Не виявлено	в 1,3-1,5 рази	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
пр. Грушевського, 2	в 1,04-1,2 раз	1,1 разу	-	-	в 1,2-1,4 рази	в 1,1- 1,2 разу
пр. Грушевського, 42	в 1,2-1,4 рази	в 1,1- 1,2 рази	в 1,4 рази	Не виявлено	в 1,2-1,4 рази	в 1,1 разу
вул. Князів Коріатовичів, 76	-	-	В 1,6-1,7 рази	-	-	-
вул. Героїв Небесної Сотні, 5;	-	-	-	-	Не виявлено	Не виявлено
вул. Пушкінська, 37	-	-	-	-	Не виявлено	Не виявлено
вул. Привокзальна, 24	Не виявлено	Не виявлено	-	-	Не виявлено	Не виявлено

Рис. 2.1.2. Таблиця виду «аналітична» і «групова» з екологічного дослідження

Отже, як бачимо, математичний табличний метод узагальнення повністю використовується в екологічних дослідженнях з метою концентрації інформації та ущільнення даних в полі зору дослідника і читача.

Розглянемо ще один математичний метод узагальнення як-от: графічний метод.

Графічний метод в екологічних дослідженнях займає важливе місце за пріоритетністю після табличного. Зазвичай, у екологічних дослідженнях використовують статистичні графіки. Статистичний графік являє собою рисунок, який описує статистичні сукупності умовною мовою геометричних знаків тієї чи іншої форми: крапок, ліній, площин, фігур та різних їх комбінацій. Статистичні графіки – це спосіб умовного зображення цифрової інформації у вигляді крапок, ліній, стовпчиків, кругів або фігур.

Мета побудови потрійна: 1) популяризація цифрової інформації; 2) забезпечення доступності сприйняття інформації; 3) узагальнення цифрової інформації.

Призначення графіків багатогранне: порівняння між собою різних величин; характеристика складу, структури і структурних зрушень сукупностей; з'ясування ступеня розповсюдження явищ в просторі; вивчення взаємозв'язку між явищами і їх ознаками; виявлення хронологічних явищ і їх ознак; дослідження темпів, тенденцій, закономірностей і перспектив розвитку явищ.

Елементами графіка є: графічний образ – це сукупність геометричних або графічних знаків (крапки, лінії, фігури), що замінюють числові дані і використовуються для зображення статистичних даних; допоміжні елементи – складові частини, що роз'яснюють суть графічного образу: загальний заголовок, який розкриває зміст графіка; осі координат, шкали; числові дані на шкалах, які потрібні для уточнення числових значень величин; пояснювальні надписи.

У більшості випадків статистичних графіків використовують не об'ємне зображення, складне за побудовою, а площинне. Площинне зображення досить різноманітне за формою і водночас має ті ж самі складові елементи.

Основні поняття, що використовують при роботі з графіками: поле графіка — це простір, у якому розміщуються геометричні або інші графічні знаки, що утворюють графік (розмір поля графіка залежить від його призначення і характеризується розміром та пропорціями сторін). Просторові орієнтири в статистичних графіках використовують для визначення порядку розміщення геометричних знаків у полі графіка. Вони задаються системою координатних сіток контурних ліній, які ділять це поле на частини. Як правило, у статистиці використовується система прямокутників координат, але іноді може застосовуватися і полярна система (колові графіки).

Масштабні орієнтири визначаються системою масштабних шкал або спеціальними знаками для визначення розмірів графічних знаків.

Експлікація графіка являє собою словесне пояснення основних елементів графіка та його змісту. Вона включає назву графіка, надписи вздовж масштабних шкал, окремі пояснювальні надписи, що розкривають зміст елементів графічного образу. Статистичний графік — це знакова модель, без експлікації його не можна зрозуміти, тобто перенести

знання із формалізованої системи характеристики дійсності на саму дійсність.

Види графіків (рис. 2.1.3) поділяють: за призначенням, за формою графічного образу, за способом побудови. За призначенням виділяють: аналітичні – дають можливість порівняння графічних образів; ілюстративні – допомагають порівнянням геометричних фігур, показують зміну розмірів явищ. За способом побудови виділяють: діаграми – креслення із геометричних фігур і знаків, які замінюють цифри; картограми – показник відображений штриховкою на карті або плані; картодіаграми – діаграми, які накладені на карті або плані території.

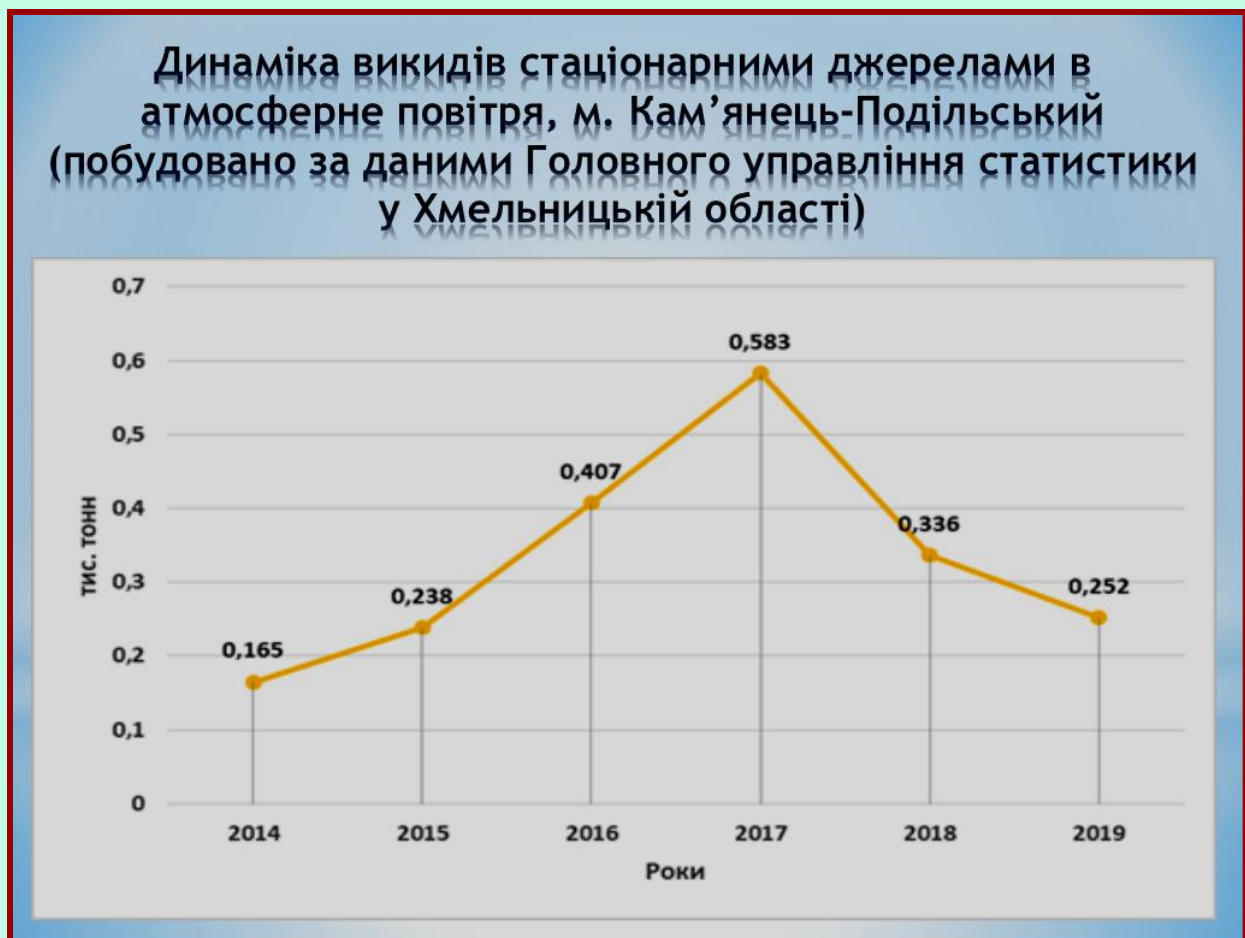


Рис. 2.1.3. Статистичний графік : аналітична діаграма

Отже, з рисунку видно, що даний статистичний графік демонструє динаміку викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря, м. Кам'янець-Подільський. Цю аналітичну діаграму побудовано за даними Головного управління статистики у Хмельницькій області.

Розглянемо вимоги до оформлення – кожен графік повинен: точно відображувати початкові дані; найкращим чином відповідати змісту і логічній природі явищ, що зображуються; бути наочним, зрозумілим,

легко прочитуватись, привертати і утримувати увагу; бути художньо оформленим, графічні образи розмальовані різними кольорами.

Розглянемо основні правила побудови графіків: кожен графік повинен мати назву, яка подається (над графіком в демонстраційних малюнках; під графіком, якщо він вміщується в тексті); графік повинен мати всі необхідні пояснювальні надписи (наявність масштабу; пояснення значення забарвлень, штриховок, назви показників; пропорція шкал графіка має бути із співвідношенням 1:1,5; на горизонтальній шкалі потрібно розміщувати незалежні змінні – роки, об'єкти, на вертикальній – залежні показники); масштаб потрібно вибирати таким, щоб (різниця величин ясно відображалася; показники помістилися на полі графіка; графік був читабельним).

Математичні методи узагальнення: графічний і табличний, – в екологічних дослідженнях, – демонструють пріоритетні способи передачі емпіричних даних у доступній, компактній, ущільненій, читабельній формі сприйняття як для дослідника так і для читача.

2.1.3. Формування бази статистичних даних в екології

Розглянемо інформаційне забезпечення статистичних екологічних даних. Основу інформаційного забезпечення статистичного дослідження становлять дані статистичної звітності, які містяться у: первісних документах статистичної звітності, регіональних статистичних бюлетенях і статистичних щорічниках Держкомстату України, офіційних матеріалах Міністерства економіки України, Міністерства фінансів України, Міністерства праці та соціального захисту України, матеріалах Національного банку України, Державного митного комітету України, Міждержавного статистичного комітету, Українсько-Європейського центру з питань законодавства тощо.

Додатковими інформаційними джерелами можуть служити матеріали спеціально організованих статистичних спостережень, аналітичні матеріали (бізнес-огляди):

• українських НДІ

- Інститут економічного прогнозування НАН України,
- Міжнародний центр перспективних досліджень,
- Інститут економіки НАН України,
- Інститут регіональних досліджень НАН України,
- Інвестиційна компанія ДІКОМ та ін.

• зарубіжних організацій

- Міжнародний статистичний інститут,
- Світовий банк,
- Міжнародна організація праці,
- Міжнародний банк реконструкції та розвитку,
- Міжнародний валютний фонд,
- Міжнародна фінансова корпорація,
- Міжнародна асоціація розвитку,
- Статистична комісія ООН,
- Комісія з питань народонаселення Економічної та Соціальної ради ООН,
- Організація економічного співробітництва і розвитку,
- Конференція європейських статистиків та ін.

Інформацію про екологічні ситуації на окремих територіях чи об'єктах, про вплив антропогенної діяльності на стан довкілля та здоров'я людей можна отримати за даними екологічної експертизи, екологічний стан на окремих об'єктах описується в екологічних паспортах підприємства.

Розглянемо питання про банки екологічної інформації. Банки екологічної статистичної інформації – це вторинна накопичена інформація, певним чином упорядкована чи опрацьована. Найчастіше така інформація подається у вигляді статистичних збірників, щорічників.

Статистичний щорічник України представляє собою накопичену інформацію за ряд років, тобто є по суті банком статистичної інформації про соціально-економічне становище держави. Він складається з таких розділів: національні рахунки, фінанси і кредит, ціни і тарифи, матеріально-енергетичні ресурси, промисловість, інвестиційна та будівельна промисловість, транспорт і зв'язок, торгівля і послуги, зовнішньоекономічна діяльність, структурні зміни в економіці, населення, зайнятість населення, доходи населення, освіта, наука та інформатика, культура і відпочинок, медичне обслуговування, правопорушення, природні ресурси та охорона навколишнього середовища, міжнародні зіставлення. Структура статистичного щорічника побудована таким чином, щоби повною мірою відобразити багатогранність соціально-економічних явищ і процесів, які відбуваються в державі. Особлива увага приділяється показникам ринкового перетворення економіки, структурних змін, змін форм власності, зайнятості населення тощо. Інформація про розвиток економіки України міститься у розділах, які укладено за галузевою ознакою. Співпраця Держкомстату України з міжнародними статистичними організаціями дала змогу навести міжнародні зіставлення показників соціально-економічного становища держав Співдружності, а також міжнародні порівняння по окремих країнах світу.

Статистичні збірники «Довкілля України», «Довкілля Житомирщини» та аналогічні збірники інших регіонів України представляють собою накопичену інформацію за ряд років, тобто є по суті банком статистичної інформації про екологічне становище держави та різних її областей. Він складається з таких розділів:

❖ *охорона атмосферного повітря*, що складається з таких таблиць:

✓ «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря, всього»,
«Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту»,

✓ «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення»,

✓ «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на квадратний кілометр»,

✓ «Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на одну особу»,

✓ «Групування регіонів за рівнем викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на одну особу»,

✓ «Кількість підприємств, що мають стаціонарні джерела забруднення»,

✓ «Частка викидів шкідливих речовин від автотранспорту у загальному обсязі викидів»,

✓ «Обсяги викидів діоксиду вуглецю від стаціонарних джерел забруднення»;

❖ *охорона та використання водних ресурсів*, що складається з таких таблиць:

✓ «Забір води із природних водних об'єктів»,

✓ «Забір води із природних водних об'єктів у розрахунку на одну особу»,

✓ «Забір води із підземних водних об'єктів»,

✓ «Використання свіжої води»,

✓ «Використання свіжої води на господарсько-питні потреби»,

✓ «Використання свіжої води на господарсько-питні потреби у розрахунку на одну особу»,

✓ «Групування регіонів за рівнем використання свіжої води на господарсько-питні потреби у розрахунку на одну особу»,

✓ «Використання свіжої води на виробничі потреби»,

✓ «Використання свіжої води на сільськогосподарські потреби»,

✓ «Економія забору води за рахунок оборотного та повторного водопостачання»,

- ✓ «Загальне водовідведення»,
- ✓ «Водовідведення в поверхневій воді»,
- ✓ «Скидання неочищених та недостатньо-очищених стічних вод у поверхневій воді об'єкти»,
- ✓ «Скидання нормативно-очищених стічних вод у поверхневій воді об'єкти»,
- ✓ «Скидання нормативно-чистих стічних вод у поверхневій воді об'єкти»,
- ✓ «Обсяг оборотної та послідовно (повторно) використаної води»;

❖ *земельні ресурси та їх охорона*, що складається з таких таблиць:

- ✓ «Загальна земельна площа та її розподіл»,
- ✓ «Розподіл сільськогосподарських угідь»,
- ✓ «Структура земельного фонду регіону» – зведена таблиця,
- ✓ «Розподіл загальної земельної площі та сільськогосподарських угідь по землевласниках і землекористувачах» – зведена таблиця,
- ✓ «Зведені показники внесення добрив на всіх землях сільськогосподарськими підприємствами».

❖ *охорона та використання лісових ресурсів*, що складається з таких таблиць:

- ✓ «Обсяг продукції (робіт, послуг) лісового господарства»,
- ✓ «Лісовідновлення»,
- ✓ «Кількість лісових пожеж»,
- ✓ «Лісова площа, пройдена пожежами»,
- ✓ «Збитки, заподіяні пожежами»,
- ✓ «Загибель лісових насаджень»,
- ✓ «Загибель лісових насаджень від несприятливих погодних умов»,
- ✓ «Загибель лісових насаджень»,
- ✓ «Загибель лісових насаджень від пожеж»;

❖ *небезпечні відходи*, що складається з таких таблиць:

- ✓ «Наявність відходів I-III класів небезпеки у спеціально відведених місцях або об'єктах та на території підприємств (на початок року)»,

- ✓ «Наявність промислових токсичних відходів у сховищах організованого складування та на території підприємств»,
- ✓ «Утворилось небезпечних відходів I-III класів безпеки»,
- ✓ «Одержано відходів від інших підприємств I-III класів безпеки»,
- ✓ «Використано відходів I-III класів безпеки»,
- ✓ «Знешкоджено відходів I-III класів безпеки»,
- ✓ «Передано відходів I-III класів безпеки іншим підприємствам»,
- ✓ «Наявність відходів I-III класів безпеки у спеціально відведених місцях або об'єктах та на території підприємств (на кінець року)»;

❖ *економічний механізм природокористування*, що складається з таких таблиць:

- ✓ «Кількість підприємств, яким пред'явлено та які сплатили збори за забруднення НПС»,
- ✓ «Екологічні збори, пред'явлені підприємствам за забруднення НПС»,
- ✓ «Екологічні збори, пред'явлені підприємствам за забруднення природних ресурсів»,
- ✓ «Екологічні збори, сплачені підприємствами за забруднення природних ресурсів»,
- ✓ «Екологічні збори, пред'явлені та сплачені підприємствами за забруднення природних ресурсів в межах встановлених лімітів»,
- ✓ «Екологічні збори, пред'явлені та сплачені підприємствами за забруднення природних ресурсів понад встановлені ліміти»,
- ✓ «Поточні витрати підприємств на основні природоохоронні заходи по природних ресурсах»,
- ✓ «Витрати підприємств на капітальний ремонт основних виробничих фондів природоохоронного призначення».

Отже, формування бази статистичних даних в екології динамічний процес накопичення, обробки, перетворення, узагальнення емпірично-практичних даних для застосування в науково-практичних дослідженнях довкілля.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні способи формування і перетворення статистичних даних в екології.
2. Які інформаційні технології забезпечують еколого-статистичні дослідження?
3. Розкажіть про методи узагальнення екологічної інформації.
4. Як формуються бази статистичних даних в екології?

2.2. Тема 4. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

2.2.1. Математичні методи екології об'єктів природного середовища

Безперервність життя на Землі забезпечується унікальною здатністю живих істот створювати і підтримувати внутрішнє середовище, здійснювати обмін речовин з навколишнім середовищем і передавати ці властивості за спадковістю своїм нащадкам. Середовище – одне з основних екологічних понять.

Середовище – сукупність усіх умов, що діють на організм, популяцію або біоценоз, спричиняючи їх відповідну реакцію, забезпечуючи їх існування та обмін речовин і енергії. Природне середовище в сукупності із соціальним середовищем створюють навколишнє середовище людини.

Природне середовище – узагальнене поняття на позначення натуральних природних систем з усім різноманіттям виконуваних ними функцій. Під соціальним середовищем слід розуміти штучне матеріальне і психологічне (інформаційне) оточення людини.

Розглянемо питання про класифікацію природних факторів.

Сили, що діють з боку навколишнього середовища, називають факторами. Розрізняють багато видів факторів, серед яких найбільш важливими для екології є природні, соціальні та екологічні.

✓ Природний фактор — це будь-який фактор (предмет, явище, рушійна сила процесів, умови їх перебігу), що діє незалежно від людини та без її участі або пов'язаний з її біологічною сутністю. Безпосередня дія природного фактора в певних межах може змінюватися, але цілком не знімається впливом соціальних факторів, включаючи техногенну дію (Реймерс, 1990).

✓ Соціальний фактор – це фактор, що є результатом функціонування людського суспільства.

✓ Екологічний фактор — це будь-який елемент середовища, який здатний справляти прямий чи опосередкований вплив на живі організми, хоча б протягом однієї фази їхнього розвитку.

До 1980 років традиційним підходом до класифікації природних факторів був їх розподіл на природні ресурси і природні умови:

✓ Під природними ресурсами традиційно розуміють тіла і сили природи, що на даному рівні розвитку продуктивних сил можуть бути використані в суспільному виробництві.

✓ Під природними умовами розуміють тіла і сили природи, які мають істотне значення для життя і діяльності людського суспільства, однак безпосередньо або побічно не залучені до сфери виробничої чи невиробничої діяльності людей (наприклад: клімат, космічні промені, ін.).

Принципово новий підхід до класифікації природних ресурсів запропонував М.Ф. Реймерс (1994). Його концепція базується на понятті інтегрального ресурсу, що розглядається як системне утворення, яке експлуатується різними господарськими галузями і підтримує життя на Землі. Більше 76 компонентів, які входять до нього, утворюють інтегральні й комплексні сукупності.

До складу ресурсів М.Ф. Реймерсом включені різні види порушення (забруднення) середовища. Вони перетворюються в невід'ємні компоненти реальних екосистем. Найчастіше екодеструктивні процеси спричиняють додаткові економічні витрати. Однак нерідко вони можуть бути використані і використовуються як корисний ресурс:

- теплове забруднення обігріває міста (звичайно температура урбанізованих територій на 1-2°С вища, ніж за їх межами);
- штучні водоймища значно «пом'якшують» клімат континентальних регіонів;
- пилове забруднення ланів сприяє прискоренню розтавання сніжного покриву, що може сприятливо позначатися на врожаї;
- збудники хвороб можуть використовуватися для створення вакцин, що підвищують імунітет, тощо.

Сьогодні все доквілля перетворилось на єдиний інтегральний ресурс, який інтенсивно використовується людиною. За ознаками віднов-

ності, відтворюваності, замінності та вичерпності в літературі розрізняють такі пари (Реймерс, 1990):

- відновні і невідновні – ресурси, які здатні й не здатні до самовідновлення за терміни, які можна зіставити з періодами їх споживання;
- вичерпні і невичерпні – ресурси, що вичерпуються (виснажуються) в ході їх економічного використання (ґрунт, ліс, дикі тварини, кормові угіддя, копалини, ін.), і ті ресурси, зміни яких прямо не пов'язані з інтенсивністю їх використання (сонячна енергія, атмосфера, енергія припливів і відпливів, ін.);
- замінні і незамінні – ті, що можуть бути замінені (наприклад, метали – пластмасами) і не можуть бути замінені іншими ресурсами (атмосферний кисень для дихання, прісна вода для пиття);
- відтворювані і невідтворювані – ті, що принципово можна відтворити (прискорити відтворення) за рахунок застосування праці людей, і ті, що до такого відтворення не придатні (наприклад, біологічний вид – не відтворюваний ресурс, екосистема – обмежено відтворюваний ресурс і т. ін.).

Більш повне використання людиною природних факторів, перетворення їх у єдиний інтегральний ресурс змушують по-новому підійти до їх класифікації. Оскільки практично всі елементи природи так чи інакше використовуються чи можуть бути використані людиною (потенційні природні ресурси), вважається більш доцільним розглядати природні фактори за їх відношенням до виконуваних функцій:

- якщо природні фактори розглядаються при їх використанні в суспільному виробництві, доцільно застосовувати термін природні ресурси.
- якщо природні фактори виконують екологічні, фізіологічні і соціальні функції, слід вживати терміни природні умови, довкілля або навоколишнє природне середовище, або природне середовище.

Таким чином, одні й ті самі елементи природи можуть бути класифіковані в одному випадку як природні ресурси, в іншому – як природні умови.

Розглянемо питання про класифікацію процесів антропогенного впливу на природу.

Як правило, будь-яке свідоме перетворення людиною природи має своєю метою поліпшення умов життя людини. Існування негативних наслідків господарської діяльності людини змушує вчених і господарників приділяти значну увагу їх вивченню, прогнозуванню, урахуванню в управлінських рішеннях. Будь-які процеси зміни природи, обумовлені діяльністю людини вважаються антропогенним впливом на природу.

Процеси антропогенного впливу на природу можуть бути класифіковані на три групи: нейтральні, негативні та позитивні.

Нейтральні терміни-поняття звичайно характеризують тільки напрямки, характер, вид процесів діяльності людини, безпосередньо пов'язаних зі зміною компонентів природи. Умовно до групи нейтральних можна віднести терміни підкорення, вторгнення, втручання, які внаслідок властивого їм відтінку агресивності мають дещо негативний підтекст.

✓ Негативні терміни-поняття характеризують процеси антропогенної зміни природи, які оцінюються конкретними суб'єктами як негативні для людини, об'єктів її життєдіяльності чи компонентів природного середовища. На відміну від попередньої групи, ці терміни передають ставлення людини не до процесів господарської діяльності, а до їх наслідків. Це різні процеси порушення, руйнування, забруднення природного середовища.

✓ Процес погіршення стану довкілля під впливом антропогенної діяльності може бути визначений терміном порушення природного середовища. Цей процес містить у собі такі можливі дії:

- забруднення (у тому числі інтоксикацію) і засмічення;
- руйнування пейзажу (пейоризацію);
- порушення (деструкцію) ландшафту;
- роз'єднання (взаємну ізоляцію елементів екосистеми);
- знищення, винищування біологічних об'єктів.

В ролі узагальнюючих термінів, що характеризують процес негативного впливу на природу, звичайно використовують поняття: екодеструктивна діяльність, порушення природи, погіршення якості (довкілля). Під ними розуміють антропогенні процеси впливу на природу, що погіршують виконання природою своїх функцій. Щоб охарактеризувати ок-

ремі процеси негативного впливу на природне середовище, зазвичай називають різні види забруднення, порушення (руйнування) ландшафтів, винищування флори і фауни тощо.

✓ Позитивний вплив на природу звичайно характеризується двома групами понять. Перша передає захисну (пасивну) спрямованість діяльності людини, покликану законсервувати існуючий стан довкілля. Друга група понять характеризує активні дії, спрямовані на поліпшення властивостей природного середовища, у тому числі й такі, що відновлюють якість компонентів довкілля та ліквідують наслідки екоде-структивних дій.

Захисна група дій передається поняттями: охорона, захист, збереження, заощадження (природи та/чи її компонентів) або запобігання шкідливому впливу на природу, очищення, уловлювання (шкідливих речовин). Термінологія захисної групи дій містить більш узагальнюючі поняття: зниження екологічного пресу чи зменшення навантаження на природу.

Активна частина дій позитивної спрямованості характеризується поняттями: відтворення (зокрема, природних ресурсів, земель природи, довкілля), відновлення (рослинності, ландшафтів, лісів, популяції тварин), рекультивация (земель, ландшафтів), поліпшення якості (довкілля, природного середовища, атмосфери, водойм, ін.).

Під відтворенням природних ресурсів розуміють:

- для невідновних ресурсів – комплекс дій спрямованих на забезпечення розширеного отримання природних ресурсів (наприклад, розвідка і підготовка до видобутку корисних копалин);
- для відновних ресурсів – штучне підтримання природних ресурсів на певному рівні культивациі чи продуктивного стану (наприклад, риборозведення, агролісомеліорація тощо).

Під відтворенням природного середовища (природи, довкілля) розуміють комплекс заходів, спрямованих на підтримання параметрів природних систем у межах, сприятливих для здійснення їхніх функцій. Поняття відтворення природи охоплює широкий спектр дій, у якому людина бере на себе або інтенсифікацію чи корегування репродуктивності екосистем, або змінювання для досягнення цих цілей геологічної та/або біологічної систем (наприклад, посадка рослинного покриву, вирощування мальків риб та ін.).

На відміну від відтворення термін поновлення передбачає не нові процеси конструювання природних екосистем, а повернення колишнього стану порушених властивостей природного середовища.

Відповідно позитивними змінами природного середовища слід вважати такі зміни, які сприяють прогресивному розвитку екосистем, а негативними – ті, що ведуть до їх деградації. На практиці такий підхід може бути реалізований через екологічний моніторинг, основу якого становлять біологічні індикатори, тобто окремі види рослин і тварин, які відіграють роль своєрідних екологічних стандартів. Поява чи зникнення їх в екосистемах свідчать про зміну (зміщення) динамічної рівноваги в той чи інший бік і про характер (прогресивний чи деструктивний) впливу на екосистему. З даною концепцією оцінки характеру антропогенного впливу, як бачимо, пов'язані визначення екологічної рівноваги та її порушення.

Під екологічною рівновагою розуміють баланс природних чи змінених людиною компонентів і природних процесів, що створюють середовище та забезпечують тривале існування даної екосистеми.

Відповідно порушення екологічної рівноваги – це зміна в процесах взаємодії та в складі компонентів і елементів екосистеми, що веде в остаточному підсумку до її заміни іншою екосистемою на тривалий чи умовно нескінченний термін (Реймерс, 1990).

Оцінка антропогенних процесів впливу на природу, в залежності від кінцевої мети, має різні підходи: економічний, фізіологічний, соціальний.

✓ Економічний підхід – ґрунтується на зміні корисності використання факторів природного середовища в суспільному виробництві. Позитивними змінами можуть вважатися такі, що збільшують інтегральну економічну оцінку компонентів даної екосистеми. В розряд негативних попадають зміни, що знижують економічну корисність факторів природного середовища і, отже, їх інтегральну економічну оцінку. Носієм такого підходу можна вважати поняття збільшення/зменшення продуктивності (природних ресурсів, екосистем, компонентів природи).

✓ Фізіологічний підхід – базується на здійсненні фізіологічних функцій природи, що вимагають підтримання параметрів середовища в надзвичайно вузьких інтервалах. Застосування даного підходу щодо класифікації змін на позитивні і негативні пов'язане зі значними труднощами, оскільки межа між ними дуже тонка. Адже для організму лю-

дини добре тільки те, що перебуває в межах нормальних значень властивостей. Непродумане «поліпшення» відповідних параметрів може погіршити фізіологічні функції природи. Тому оцінку змін природного середовища за фізіологічним критерієм необхідно проводити з надзвичайною обережністю. Тут переважають поняття: оздоровлення (середовища); оптимізація (властивостей середовища за певним параметром: температурою, вологістю, електромагнітними показниками тощо). Термінами поліпшення чи погіршення (якості довкілля) звичайно оперують тільки у випадку відхилення властивостей середовища від оптимальних параметрів.

✓ Соціальні підхід – базуються винятково на використанні інформаційної цінності компонентів природного середовища для розвитку особистості. Соціальний погляд на природу обумовлюють, головним чином, суб'єктивні оцінки. Зокрема, такі поняття, як облагородження / окультурення (ландшафтів) означають наближення природних систем (у тому числі і зруйнованих раніше людиною) до стану, сприятливого (в інформаційному відношенні) для життя і діяльності людини, її духовного розвитку.

Незалежно від критеріальної основи та функціонального призначення всі наведені оцінки так чи інакше мають під собою також і економічний «підтекст». Це означає, що будь-які процеси «порушення» чи «поліпшення» якості довкілля безпосередньо чи опосередковано пов'язані з економічними втратами або вигодами, навіть якщо ці економічні показники не «уловлюються» формальною системою економічних розрахунків. Іншою стороною економічного змісту цих процесів є те, що будь-яке цілеспрямоване поліпшення якості середовища передбачає планування конкретних результатів і відповідне вкладання конкретних коштів.

Розглянемо питання про характеристику процесів порушення природи.

Здійснюючи класифікацію процесів порушення природного середовища, звичайно використовують два основні підходи.

У першому застосовується по компонентний принцип. Це означає, що процеси розглядаються стосовно порушених природних компонентів: атмосфери, гідросфери, літосфери, рослинного і тваринного світу. Однак на практиці найчастіше даний підхід комбінується з функціона-

льним, де екодеструктивні процеси групуються за однорідністю змісту заподіяних змін (наприклад, забруднення, порушення ландшафтів тощо). Такий підхід є більш зручним, оскільки складність процесів екодеструктивного впливу не дає змогу виділити суто компонентні зміни. Так, зміни в гідросфері (забруднення води, зміна режиму стоку рік та ін.) можуть приводити до деградації ґрунтів. Аналогічно і руйнування земельних ресурсів (забруднення, ерозія, створення котлованів, насипів) може різко погіршити якість водних ресурсів. Основними видами процесів порушення природного середовища є:

Використання природних ресурсів

1. Вилучення природних ресурсів: невідновних, відновних, території.
2. Виснаження (вичерпання) природних ресурсів.

Порушення якості компонентів природного середовища

3. Забруднення: механічне, хімічне, фізичне, біологічне, інформаційне.
4. Порушення ландшафтів:
 - порушення ґрунтів: ерозія, висушування, підтоплення, переущільнення, забруднення, засолення;
 - порушення режиму водних систем: зарегулювання стоку рік, вилучення води, зміна русел рік, зміна екосистем, що підтримують водні системи;
 - зміна рельєфу місцевості і вплив на геосистему: формування котлованів і заглиблень, формування відвалів і насипів, руйнування природних геологічних об'єктів (гір, скель, пагорбів, ярів), пнемо вплив на геосферу.

Вплив на людину і біоту

5. Вплив на біоту:
 - прямі процеси впливу на біоту, винищування тварин, знищення рослин;
 - непрямі процеси впливу на біоту: блокування шляхів міграції тварин і рослин, ускладнення репродуктивних функцій, порушення умов існування рослин і тварин, спрощення екологічних зв'язків, гіперт-

рофія популяцій деяких біологічних видів, порушення екологічної рівноваги привнесением чужорідних даній екосистемі екологічних видів.

6. Процеси впливу на організм людини:

- процеси прямого впливу на організм людини: виробничий і побутовий травматизм;
- процеси непрямого впливу на організм людини: погіршення якості умов життя і діяльності людини (склад повітря, температура, вологість, ін.), погіршення якості їжі і питної води (забруднення харчових ланцюгів і питної води).

7. Зниження інформаційної цінності природних систем і психологічний вплив на особистість людини

Вплив на глобальну екосистему Землі

8. Зміна енергетичної системи Землі: зміна клімату Землі, зміна електромагнітної системи Землі.

9. Зміна буферних захисних систем Землі: зменшення озонового шару та ін.

У представленому переліку подано загальну картину процесів еко-деструктивної діяльності людини.

2.2.2. Математичні методи оцінки техногенних впливів

Різноманітність форм людської діяльності, які змінюють біотичні й абіотичні елементи природи, багато вчених об'єднують під загальною назвою антропогенні впливи, або антропогенні чинники.

Чинник – це рушійна сила процесів або умова, що впливає на них, суттєва обставина в будь-якому процесі, явищі. Чинник антропогенний – чинник, що виникає в ході безпосереднього впливу людини на будь-що.

Розрізняють прямі і непрямі, позитивні й негативні антропогенні чинники. До антропогенних чинників належать усі види створюваних технікою і безпосередньо людиною впливів, які пригнічують природу:

- забруднення — внесення в середовище нехарактерних для нього нових фізичних, хімічних чи біологічних агентів або перевищення наявного природного рівня цих агентів;
- технічні перетворення й руйнування природних систем ландшафтів — у процесі добування природних ресурсів, будівництва тощо;
- вичерпання природних ресурсів — корисні копалини, вода, повітря / та ін.);
- глобальні кліматичні впливи — зміна клімату в зв'язку з діяльністю людини;
- естетичні впливи — зміна природних форм, несприятливих для візуального та іншого сприймання.

Узагалі антропогенні чинники — це впливи людини на екосистему, що зумовлюють у компонентів (абіотичних і біотичних) суттєві відгуки (реакції).

Вони можуть бути:

- за походженням — фізичними і хімічними, едафічними і кліматичними, біотичними, урбогенними та техногенними;
- за характером зв'язків — вітальними і сигнальними;
- за часом дії — постійними і періодичними, ледве помітними і катастрофічними.

Будучи за характером впливу екзогенними, вони діють на ендогенні чинники і завдяки їм «зсередини» — на екосистему або на її компоненти.

Вплив людини на природу може бути як свідомим, так і стихійним, випадковим. Користуючись знанням законів розвитку природи, людина свідомо виводить нові високопродуктивні сорти рослин і породи тварин, усуває шкідливі види, творить нові біоценози. Проте нерідко вплив людини на природу має небажаний характер. До випадкових належать впливи, які є наслідком діяльності людини, але не були наперед передбачені або заплановані: випадкове завезення насіння бур'янів, випас худоби, розорювання земель, рекреаційні деградації тощо.

Антропогенні едафічні і кліматичні чинники витісняють природну рослинність, збіднюють тваринний світ, обмежують діяльність мікроорганізмів – деструкторів. Тому екосистеми великих міст та індустріальних центрів є енергетичне субсидовані, їх діяльність часто повністю залежить від втручання людини (газони, квітники, сади, сквери, захисні смуги, агрокультури).

Урбогенні та техногенні процеси, які часто діють сумісно, завдають природі особливої шкоди. Великі міста, як правило, мають промислові зони, транспортні магістралі, щільну забудову і, таким чином, творять великі площі мертвої підстилаючої поверхні, яка акумулює додаткове тепло. Над містами здійснюються "гарячі острови" з пилу та сажі, а також газові викиди, які погіршують якість життєвого середовища, роблячи його шкідливим для здоров'я людей. Основними урбогенними негативними чинниками є теплові, хімічні, радіаційні, електромагнітні, світлові, звукові, вібраційні тощо. Часто в містах вони діють одночасно, особливо це стосується транспортних магістралей із високою інтенсивністю руху. Як наслідок дії цих чинників зникають окремі види рослин і тварин, руйнується ґрунт, порушується екологічна рівновага.

Чинник екологічний — будь-які умови середовища, на які живе відповідно реагує пристосування (за межами пристосованих особливостей лежать летальні чинники).

У вузькому розумінні екологічний чинник слід розуміти як біоекологічний.

Класифікація екологічних чинників

- ✓ За часом: еволюційний; історичний; чинний (нині).
- ✓ За періодичністю: періодичний; неперіодичний.

- ✓ За черговістю виникнення: первинний; вторинний
- ✓ За умовами дії: той, що залежить від щільності; той, що не залежить від щільності
 - ✓ За походженням: космічний; абіотичний (абіогенний); біогенний; біотичний; біологічний; природно-антропогенний; антропогенний (у т. ч. техногенний); антропічний (у т. ч. непокоєння).
 - ✓ За середовищем виникнення: атмосферний; водний (фактор вологості); геоморфологічний; едафічний; фізіологічний; генетичний; популяційний; біоценологічний; екосистемний; біосферний.
 - ✓ За характером: інформаційний; предметно-енергетичний; фізичний; біогенний (біотичний); геофізичний; системоутворювальний; термічний; кліматичний (світло, опади); хімічний; солоності; кислотності; екологічний; географічний; еволюційний; комплексний.
 - ✓ За об'єктом дії: індивідуальний; груповий; екологічний; економічний; соціальний; соціально-психологічний; соціально-видовий.
 - ✓ За спектром дії: вибірковий; загальної дії.
 - ✓ За ступенем дії: летальний; екстремальний; лімітуючий; мутагенний; тератогенний; неспокою.

Так, розвиток людського суспільства завжди відбувався і відбувається в тісній взаємодії з природою. Взаємодіючи з природою, людина завжди прагнула поліпшити свій добробут, зробити життя більш комфортним і матеріально забезпеченим. Це обумовило збільшення виробництва необхідної продукції промисловості та сільського господарства і спричинило необмежене використання різноманітних природних ресурсів. Виробництво продукції, як відомо, пов'язане з утворенням відходів, які, потрапляючи в навколишнє природне середовище, забруднюють його. Крім того, в процесі життєдіяльності людина цілеспрямовано перетворює природу, створюючи на місці природних систем техногенні об'єкти і території — міста і промислові комплекси, шляхи і лінії електропередач, водосховища і кар'єри.

Розглянемо питання про комплексну оцінку техногенного впливу на біосферу.

Процес незворотного перетворення людиною частин біосфери на техногенні об'єкти і території дістав назву *техногенезу*, а частина біосфери, штучно перетворена в результаті життєдіяльності людини і за-

повнена її продуктами, називається технічною оболонкою біосфери (*техносферою*).

Основне завдання комплексної оцінки техногенного впливу:

- вивчення техногенних чинників забруднення довкілля,
- класифікація джерел забруднень,
- визначення джерел походження забруднень,
- всі проблемами людства, які породжують забруднення біосфери.

Техногенні чинники забруднення довкілля об'єднують у такі групи:

- атмосферні – хімічне, фізичне, механічне і теплове забруднення;
- водні – океани і моря, забруднення поверхневих і підземних вод;
- ґрунтові – хімічне, ерозійне забруднення, ущільнення, засолення, заболочення тощо;
- геологічні – негативні екзогенні процеси – зсуви, підтоплення, обвали, абразії берегів тощо;
- біотичні – деградації екосистем, збіднення біорізноманіття, мутації, зникнення лісів і пасовищ, біогенна акумуляція шкідливих речовин тощо;
- комплексні – порушення природної структури ландшафтів, поява пустель, деградація земель.

Забруднення класифікують за галузевим принципом:

- промислові – хімічна промисловість, металургійна, видобувна тощо;
- транспортні – автотранспорт, авіаційний, морський тощо;
- енергетичні – теплові і атомні електростанції;
- сільськогосподарські – засоби захисту рослин, мінеральні та органічні добрива тощо;
- пов'язані з військовою діяльністю.

Тепер про вплив техносфери на стан атмосфери:

- *найбільший вплив на стан атмосфери* чинять теплоенергетика, металургійна промисловість, підприємства хімічної та будівельної індустрії, автотранспорт, що викидають у повітря пил, важкі метали, вуглеводні, оксиди карбону, бенз(а)пірен та інші речовини;
- *найбільший вплив на хімічний склад* атмосферного повітря чинить спалювання кам'яного вугілля;

- *найпотужнішим негативним техногенним чинником є енергетика* – підприємства чорної металургії утворюються пил та оксид сірки, хімічна і нафтохімічна промисловість продукують майже у два рази менше викидів при значно більшій різноманітності забруднюючих речовин; крім газоподібних речовин у повітря потрапляють рідкі і тверді частинки у вигляді аерозолів;
- *серед усіх видів транспорту автомобільний посідає перше місце за кількістю і різноманітністю забруднюючих речовин, а також за кількістю незворотних змін ландшафтів та інших негативних впливів на довкілля. У містах з розвинутою промисловістю внесок автотранспорту в забруднення довкілля досягає 80% усіх забруднень.*

Проблеми, пов'язані з гідросферою, зумовлені нестачею прісної води для потреб людства, її забрудненням, порушенням природних кругообігів та зменшенням продуктивності водних екосистем. Найбільшими забрудниками водних ресурсів є промисловість, комунальне і сільське господарства країни, які в структурі забруднення водних ресурсів України складають стосовно 60, 20 і 17%. Важливою проблемою України є також забруднення підземних вод. У підземні води забруднюючі речовини потрапляють зі звалищ побутових і промислових відходів, при будівництві метро, бурінні свердловин внаслідок виливів нафти і нафтопродуктів під час добування чи переробки, у разі протікання нафтопроводів тощо. Всі ці забруднювачі (пестициди, нітрати, важкі метали, вуглеводні) можуть потрапляти з питними водами і в організм людини, спричиняючи отруєння чи захворювання.

2.2.3. Математичні методи аналізу екологічності виробництва

Будь-який вплив людини на природні екосистеми призводить до їх змін, які викликають позитивні чи негативні наслідки для економіки і для всього суспільства. При вирішенні сучасних екологічних проблем великого значення набуває комплексна оцінка регіональних екологічних проблем, яка базується на глибокому вивченні та врахуванні всіх природних і соціально-економічних умов і факторів регіонів. Суть такої оцінки полягає в дослідженні просторової структури історично складених природно-територіальних комплексів та проведенні на цій основі розділу території країни (районуванню) на природні зони (області), округи та райони.

Основне завдання комплексної оцінки в конкретних регіонах полягає у:

- виявленні комплексу несприятливих факторів, що складають необхідний вихідний матеріал для прогнозування можливих негативних наслідків господарської діяльності,
- визначенні характеру і масштабів наслідків;
- виявленні причини на основі встановлення причинно-наслідкових зв'язків,
- розробці заходів, спрямованих на ліквідацію,
- попередженні і компенсації цих наслідків.

Основною метою комплексної оцінки території є встановлення суспільної значимості наслідків за існуючих масштабів господарського впливу на рівновагу екосистем.

Процедура комплексної оцінки території ґрунтується на вивченні механізму взаємодії в системі «населення – господарство – природні системи». Ця оцінка спрямована на вивчення:

- а) спричиненого діяльністю людини впливу на природні екосистеми регіону;
- б) змін у природних екосистемах під впливом цієї діяльності;
- в) наслідків впливу змінених природних систем на суспільство і економіку в цілому.

Методичні підходи. Існують різні підходи до екологічної оцінки територій:

- *економічна оцінка* – відображає наслідки для економічної діяльності суспільства (економічне зростання, ефективне використання ресурсів та ін.);
- *соціальна оцінка* – виявляє наслідки для соціального життя суспільства (рівень життя, культурне середовище, екологічна освіта та ін.);
- *природно-ресурсна оцінка* – виявляє наслідки для природних екосистем (зниження біорізноманіття, антропогенний вплив на живі організми та ін.).

Моделі, що використовуються при комплексних оцінках. Для отримання екологічних оцінок застосовуються різні моделі:

- *блокові моделі* системи «населення – господарство – природні системи» розробляються у вигляді загальної (базової) і часткової (територіальної);
- *матричні моделі* будуються у вигляді прямих і зворотних матриць;
- *картографічні моделі* створюються для визначення територіальних зв'язків між впливами і наслідками;
- *статистичні моделі* відображають кількісні залежності між впливами – змінами – наслідками.

Для деяких видів залежностей відомі моделі, що адекватно їх описують: закон логарифмічно нормального розподілу, закон дифузії та ін. Більшість зв'язків потребує виявлення виду залежностей і значень коефіцієнтів, що часто мають регіональний характер. Метою побудови моделей є виявлення величини і видів впливу; тенденцій їх розвитку; найбільш інтенсивних впливів та їх зв'язків із масштабами, структурою і динамікою виробництва а також вивчення розміщення джерел впливу по території; ареалів розповсюдження; територіальних форм і сукупності їх впливу.

Територіальні рівні оцінок. Джерелами впливу на природні екосистеми є господарство та населення, які можуть аналізуватися на трьох територіальних рівнях:

- *мікрорівень* – окремі виробничі та сільськогосподарські підприємства або їх підрозділи, окремі об'єкти міського господарства або функціональні зони населених пунктів;

- *мезорівень* – промислові пункти, центри або вузли, великі сільсько-господарські підприємства, міські та сільські поселення;
- *макрорівень* – промислові та сільськогосподарські райони, агломерації, територіально-виробничі комплекси. Головною метою моделювання для отримання екологічних оцінок є послідовне взаємопов'язане дослідження процесу „взаємодія – зміна – наслідок» за допомогою системи показників.

Методи оцінки. Залежно від показника виміру для екологічної оцінки території застосовується ряд кількісних і якісних методів оцінки:

Якісна бальна оцінка. Її застосовують для оцінки естетичної цінності ландшафту, комфортності середовища, порушення культурних та історичних пам'яток та ін. Цей метод широко використовується в наукових розробках при кадастрових оцінках земель, при оцінці розміру сукупних виробничих ресурсів, при рейтинговій соціально-екологічній оцінці областей.

Рейтингова соціально-екологічна оцінка областей полягає в розрахунку інтегрального індексу соціально-екологічної комфортності регіону, що складається з розрахунку інтегрального індексу комфортності проживання населення та індексу рівня забруднення навколишнього середовища.

Інтегральний індекс соціально-екологічної комфортності розраховується кумулятивним методом на базі групових індексів:

- індексу забезпеченості житлом,
- індексу благоустрою житлового фонду,
- індексу споживання комунальних послуг,
- індексу благоустрою населеного пункту.

Індекс рівня забруднення навколишнього середовища розраховується на основі даних про забруднення атмосфери та поверхневих водних об'єктів у розрахунку на одного жителя.

Розглянемо *еколого-економічний аналіз виробництва* підприємств-забруднювачів.

Аналіз цей ґрунтується на системі показників та інформації, необхідних для прийняття оптимальних управлінських рішень у сфері раці-

аналізації природокористування й охорони навколишнього середовища, екологізації та екологічності виробництва.

Екологізація – процес послідовного впровадження нової техніки і технології, нових форм організації виробництва, виконання управлінських та інших рішень, які дають змогу підвищити ефективність використання природних ресурсів з одночасним збереженням природного середовища та його поліпшення на різних рівнях. Екологізація економіки – цілеспрямований процес перетворення економіки, пов'язаний зі зниженням інтегрального екодеструктивного впливу виробництва і споживання товарів і послуг у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Екологічність виробництва характеризує частку екологічних витрат у сукупних витратах виробництва конкретного виду продукції. Важливим показником екологізації виробництва виступає екологічність продукції, тобто сукупність екологічних витрат в одиниці вартості продукції.

Розглянемо класифікацію показників екологічності виробництва.

Загальна класифікація еколого-економічних показників з метою оцінки й аналізу екологічності виробництва (ЕВ) у промисловості може бути подана за такими ознаками: за змістом, за рівнем визначення, за часовим інтервалом, за об'єктом оцінки, за характером використання:

✓ за змістом еколого-економічних показників:

- *натуральні* – показники екологічності (екобезпеки) технологічних процесів, техніки (включаючи природоохоронне устаткування), виробничо-господарської діяльності в цілому та її окремих складових. Наприклад, ступінь очищення промислових викидів, комплексність використання сировини (ресурсна ефективність виробництва), обсяги викидів (скидів) шкідливих речовин у навколишнє середовище та ін.;
- *натурально-вартісні* – еколого-економічний збиток у розрахунку на одиницю товарної продукції в натуральному вираженні, збиткоємність маси викиду (скиду), екологічний результат у розрахунку на одну гривню капітальних вкладень;
- *вартісні* – розмір економічного збитку в розрахунку на одиницю продукції у вартісному вираженні, повні екологічні витрати виробництва, екологічні платежі за забруднення довкілля;
- *локальні* – показники вимірюють окремих параметр ЕЕРВ і можуть бути основою формування інтегральних показників, а також ви-

користовуватися для аналізу впливу екологічних чинників (показників) на узагальнюючі результати виробничо-господарської діяльності;

- *узагальнюючі* – показники є головною, підсумковою і регулюючою оцінкою еколого-економічної ефективності технологічних процесів, забезпеченості підприємства основними природоохоронними фондами, рівня впливу виробництва на навколишнє природне середовище і т.д.

✓ *за рівнем визначення:*

- *народногосподарський рівень* – аналізуються макроекономічні показники екологічної спрямованості;
- *галузевий рівень* – галузь розглядається в основному як сукупність підприємств, які об'єднуються за схожими характерними організаційно-технічними ознаками, оскільки сьогодні в основному відсутній дієвий галузевий організаційно-адміністративний розподіл матеріального виробництва;
- *регіональний рівень* – область, район;
- *мікрорівень* – підприємство;
- *рівень внутрішньовиробничих підрозділів підприємств.*

✓ *за часовим інтервалом:*

- ретроспективні, поточні, фактичні, оперативні, прогнозні, планові.

✓ *за об'єктом оцінки:*

- *виробництво в цілому*, окремі етапи відтворювальних процесів (виробничо-технологічні, переробні, організаційні, природоохоронні, ресурсозберезні та ін.);
- *виробництво конкретних видів продукції* (послуг);
- *види (складові) виробничо-господарської діяльності* підприємств (виробнича, інвестиційна та ін.).

✓ *за характером використання:*

- *регулюючі* (дієві) – це показники, що безпосередньо застосовуються в процесі регулювання (управління) екологічності виробництва і якості навколишнього середовища, а також стану екосистем у процесі використання;
- *індикаторні* – показники, за допомогою яких може здійснюватися узагальнююча характеристика *ЕВ* у процесі аналізу;

- *допоміжні* показники забезпечують розрахунок комплексних, узагальнюючих еколого-економічних показників; можуть відігравати допоміжну роль при прийнятті складних, управлінських рішень.

Розглянемо питання про систему статистичних показників екологічності виробництва.

Еколого-економічний рівень промислового виробництва може бути представлений у вигляді системи показників, які формують основні складові екологічної діяльності підприємства у взаємозв'язку з виробничо-господарською діяльністю. Система показників еколого-економічного рівня виробництва враховує основні аспекти природоохоронної діяльності підприємства (організаційно-технічний рівень, управління, фінансування і т.д.), а також ступінь впливу виробництва на навколишнє середовище у взаємозв'язку з кінцевими результатами.

Еколого-економічні показники — показники, що характеризують різні аспекти використання природних благ. Можна застосовувати такі системи показників:

- економічні показники, що базуються на обліку величини екологічних витрат (економічного збитку або витрат на його запобігання);
- енергетичні показники, що враховують енергоємність здійснюваних процесів і використовуваних товарів і послуг (непрямо з цим пов'язуються екодеструктивні процеси);
- показники екологічного навантаження на землю (так звані показники «екологічного відбитка»), що характеризують площу землі, необхідної для забезпечення життя і діяльності однієї людини;
- показники порівняння, що характеризують рівень екологічності даної сфери виробництва або споживання в зіставленні з іншими зразками (наприклад, зарубіжними або вітчизняними аналогами);
- показники наявності або відсутності вузлів екологічної деструкції в циклі виробництва і споживання виробів.

Показники організаційно-технічного рівня екологічної діяльності підприємств (ЕД):

- екологічність, екобезпечність технологічного процесу;
- озброєність і забезпеченість природоохоронними фондами;
- організаційний рівень *ЕД*;
- рівень управління *ЕД*.

Виділення показників організаційно-технічного рівня екологічної діяльності підприємств у межах оцінки *ЕВ* в принципі дозволяє говорити про організаційно-еколого-економічний рівень господарювання.

Показники еколого-економічного використання (розміру) виробничих і природних ресурсів:

- основні виробничі фонди,
- природні ресурси,
- матеріальні ресурси,
- трудові ресурси.

Показники еколого-економічного рівня товарної продукції:

- якість (екологічність) продукції,
- собівартість продукції,
- ціна реалізованої продукції,
- прибуток від реалізації продукції,
- рентабельність виробництва продукції.

Показники еколого-економічного рівня впливу підприємства на навколишнє середовище та ефективність виробничих витрат:

- вплив на компоненти довкілля,
- вплив на реципієнтів,
- еколого-економічна ефективність виробничих і природоохоронних витрат.

Показники рівня фінансової забезпеченості і платоспроможності ЕД:

- фінансування *ЕД* підприємством і державою,
- платоспроможність платного природокористування.

Системи цих еколого-економічних показників може бути основою для реалізації стандартної схеми управління (регулювання) екологізацією виробництва промислових підприємств-забруднювачів.

Саме тому дану систему еколого-економічних показників слід використовувати з метою:

- дослідження впливу екологічного чинника на кінцеві виробничі, економічні і фінансові результати виробничо-господарської діяльності;

- загальної, комплексної і деталізованої характеристики *ЕВ* підприємств у часі (наприклад, у рамках стратегічного планування природокористування і охорони навколишнього середовища);
- регулювання природокористування на основі ретельного врахування екологічного чинника при приватизації державного майна, ціноутворенні, маркетингових дослідженнях, розробленні бізнес-планів і т. ін.
- розроблення практичних рекомендацій щодо регулювання *ЕВ* промислових підприємств.

Систему показників *ЕВ* доцільно використовувати і при створенні інформаційних систем, призначених для дослідження і регулювання еколого-економічних проблем промислового виробництва.

Розглянемо питання про комплексну оцінку екологічності виробництва.

Під комплексною оцінкою *ЕВ* розуміють висновок про рівень екологічності господарської діяльності з урахуванням чинника техногенної безпеки у взаємозв'язку з виробничими ресурсами, умовами і фінансово-економічними результатами господарської діяльності. Можна також сказати, що комплексна оцінка *ЕВ* підприємства являє собою його характеристику, отриману в результаті дослідження, і містить висновки про результати екологічної діяльності підприємства, галузі, регіону.

Функції комплексної оцінки. Комплексна оцінка *ЕВ* підприємства може бути:

- інструментом обліку, аналізу, планування і регулювання;
- показником еколого-економічного стану господарського об'єкта;
- критерієм порівняльної оцінки екологічності виробництва різних об'єктів;
- показником ефективності прийнятих управлінських рішень у сфері природокористування й охорони навколишнього середовища, а також повноти їх реалізації;
- основою вибору можливих варіантів розвитку екологізації виробництва.

Таким чином, оцінювання екологічної діяльності суб'єктів господарювання, *ЕВ* і стану соціально-еколого-економічної системи проводиться за одним показником (критерієм), який характеризує всі сторони

функціонування об'єкта. Отримання комплексної оцінки екологічної діяльності підприємства та *ЕВ* на основі системи показників має елемент порівняння (як і комплексна оцінка господарської діяльності). Тобто вона (комплексна оцінка) по-суті виступає як порівняльна комплексна або рейтингова оцінка.

Вимоги до комплексної оцінки ЕВ. Комплексна оцінка *ЕВ* має задовольняти такі вимоги:

- виражати сутність виробничих та еколого-економічних відносин;
- охоплювати головні сторони виробничо-господарської та екологічної діяльності підприємства;
- використовувати обмежену кількість узагальнених еколого-економічних показників;
- бути еластичною – побічно визначати динаміку суспільне необхідних (повних) витрат у сфері природокористування і охорони навколишнього середовища;
- забезпечувати порівняльність показників у часі та просторі;
- вибір показників має визначатися метою регулювання природокористування.

Методологічна основа комплексної оцінки ЕВ. Методологічною основою оцінки складових *ЕВ* виступає індексний метод. За допомогою індексів (у межах від 0 до 1) характеризується наближення того чи іншого показника до необхідного (оптимального).

Етапи комплексної оцінки ЕВ. Процедура комплексної порівняльної оцінки *ЕВ* виконується у вигляді таких відносно самостійних етапів:

- поставлення цілей і завдань комплексної оцінки *ЕВ*, включаючи вибір підприємств і видів їх виробничо-економічної діяльності;
- обґрунтування та вибір системи еколого-економічних і фінансово-економічних показників;
- організація збирання вихідної інформації, розрахунку і оцінки окремих показників і вагових коефіцієнтів;
- вибір об'єкта як бази для порівняння;
- розроблення алгоритму і розрахунку комплексних показників *ЕВ*;
- перевірка адекватності комплексних узагальнених оцінок еколого-економічної ситуації;

- аналіз і використання порівняльних комплексних рейтингових оцінок у процесі прийняття управлінських рішень щодо екологізації промислового виробництва.

База порівняння при комплексній оцінці ЕВ. Реалізація методів порівняльної комплексної рейтингової оцінки передбачає наявність бази порівняння. В економічному аналізі використовуються поняття підрозділу-еталона, підприємства-еталона або об'єкта-еталона. Ряд авторів пропонує використовувати як підприємство-еталон так зване абсолютне підприємство, у якому всі розглянуті показники мають найкраще значення серед даної сукупності підприємств галузі. У ряді випадків типовим об'єктом порівняння вважається об'єкт, значення показників якого дорівнюють середнім арифметичним або нормативним величинам досліджуваної сукупності підприємств.

Коефіцієнт відносної вагомості показників комплексної оцінки ЕВ. Коефіцієнт відносної вагомості (важливості) тих чи інших еколого-економічних показників може визначатися статистичним, математичним методами або методом експертних оцінок і багатократного балотування їх значень.

Таким чином, як написано вище, безперервність життя на Землі забезпечується унікальною здатністю живих істот створювати і підтримувати внутрішнє середовище, здійснювати обмін речовин з навколишнім середовищем і передавати ці властивості за спадковістю своїм нащадкам. Математичні методи аналізу екологічного стану довкілля включає природну, антропогенну, технічну і виробничу складові для нормування середовища, у якому живуть живі істоти.

Питання для самоконтролю

1. На які групи можна класифікувати процеси порушення довкілля?
2. Охарактеризуйте такі види екологічного порушення, як вилучення природних ресурсів та виснаження (вичерпання) природних ресурсів.
3. Дайте визначення забруднення.
4. Які види забруднення довкілля можна виділити?
5. Яким чином пов'язані забруднення і ступінь виконання компонентами навколишнього середовища своїх функцій?
6. Назвіть і коротко охарактеризуйте процеси порушення (руйнування) ґрунтів.
7. Роль взаємодії антропогенних і суто природних процесів у формуванні наслідків впливу на ґрунти.
8. Назвіть і коротко охарактеризуйте процеси порушення режиму водних систем.
9. Охарактеризуйте причини, що обумовлюють особливий характер впливу на водні ресурси, виходячи зі специфічної ролі води.
10. Назвіть і коротко охарактеризуйте процеси трансформації рельєфу.
11. Які фактори формують урбанізоване середовище?
12. Які критерії (показники, параметри) можуть формувати оцінку масштабу антропогенного впливу на природне середовище в місті?
13. У чому полягають проблеми утворення та утилізації відходів у місті?
14. Наведіть можливі класифікаційні ознаки забруднювачів довкілля.
15. Як розвиток енергетики впливає на довкілля? Наведіть приклади.
16. Обґрунтуйте, чому автотранспорт є шкідливим для довкілля.
17. Які ви можете назвати функції екологічної оцінки території?
18. Охарактеризуйте основні підходи до екологічної оцінки територій.
19. Наведіть основні моделі, за допомогою яких проводять екологічну оцінку.
20. За якими рівнями можна аналізувати джерела впливу на природні екосистеми?

21. У чому полягає якісний підхід до екологічної оцінки території?
22. За допомогою яких показників здійснюється кількісна оцінка?

РОЗДІЛ 3

БАНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

3.1. Тема 5. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ БАНКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

3.1.1. Математичні методи групування в екології

У системі статистичних методів групування займають особливе місце. Це пояснюється тим, що на відміну від інших методів групування виконує дві функції: по-перше, розподіляє сукупності на однорідні групи, а по-друге, визначає межі і можливості застосування інших статистичних методів (середніх величин, кореляційно-регресійного тощо). Використання цих методів потребує однорідності статистичних сукупностей, що зумовлює статистичне групування як важливий етап обробки статистичних даних.

Метою статистичного групування є поділ сукупностей на однорідні типові групи за існуючими для них кількісними ознаками з метою всебічної характеристики їхнього стану, розвитку і взаємодії. Метод статистичних групувань робить статистику одним з наймогутніших знарядь соціального пізнання і використовується для вирішення трьох взаємопов'язаних завдань: виділення різних соціально-економічних типів явищ (процесів) та всебічна їх характеристика; дослідження структури масової сукупності; вивчення взаємодії між окремими ознаками сукупності.

Розглянемо питання про математичне статистичне групування, його суть і завдання

Групування – це статистичний метод розмежування складного масового явища на істотно різні групи однорідні в тому чи іншому розумінні з метою всебічної характеристики його стану, розвитку і взаємозв'язків.

Групуванням називають розподіл сукупності на групи (частини) за рядом характерних для них ознак.

При цьому використовується найважливіші положення такого розподілу (рис. 3.1.1): в одну групу об'єднуються елементи сукупностей, певною мірою подібні між собою; міра подібності між елементами одної групи значно вища, ніж між елементами, що належать до інших груп.



Рис. 3.1.1. Групування екологічних даних за ефектами

Суть методу статистичних групувань полягає у тому, що складне масове явище розглядається не як єдине нероздільне ціле, а в ньому виділяються окремі групи одиниць із статистичними показниками, які дають кількісну характеристику якісно своєрідній частині одиниць усієї сукупності. Тобто кожна з одержаних груп об'єднує однорідні одиниці сукупності.

Принципове значення при побудові групувань має вибір *групувальної ознаки*, на основі якої виділяють різні типи, групи і підгрупи. За групувальну – приймають найістотнішу ознаку яка може бути атрибутивною (якісною) або кількісною. Залежно від складності явища та мети дослідження групувальних ознак може бути декілька. Якщо групування

здійснюється за *атрибутивною ознакою*, то виділяють стільки груп, скільки є найменувань ознаки. Наприклад, ілюструється розподіл міських земель за видами забудови (атрибутивними ознаками).

З *рис. 3.1.1* легко бачити, виділення найістотнішої якісної ознаки органічного сільськогосподарського виробництва, як-от «Ефект»: економічний, соціальний, екологічний.

Групування за *атрибутивною ознакою* називають класифікацією або номенклатурою. *Класифікація* у статистиці – це систематизований розподіл явищ та об'єктів на певні групи, класи, розряди на підставі їх збігу або різниці. Різновидом класифікацій є товарні *номенклатури* як стандартизований перелік об'єктів та груп. Розрізняють такі види статистичних класифікацій:

- *економічні*, які впровадженні з метою вивчення економічних аспектів розвитку суспільства;
- *соціальні*, що використовуються для вивчення населення, житла та охорони здоров'я;
- *екологічні*, призначені для вивчення земле- та водокористування, відходів виробництва, витрат на охорону навколишнього середовища;
- *інші класифікації* (вантажів, назв країн та ін.).

Наприклад.

1. «Класифікація видів економічної діяльності» (КВЕД), де в якості ознаки класифікації приймається одна з трьох ознак: призначення виробленої продукції; єдність технології виробництва; однорідність використаної сировини;
2. «Державний класифікатор продукції та послуг» (ДКПП);
3. «Класифікація організаційно-правових форм господарювання» (ПФГ), де здійснена класифікація суб'єктів підприємницької діяльності (державне, колективне, приватне підприємство та ін.), організацій, що займаються підприємницькою діяльністю (заклад, установа тощо), відокремлених підрозділів (філія, представництво).

Групування взагалі, як основний елемент статистичного зведення, є розподіл сукупності масових явищ і процесів суспільного життя на типи і групи за найбільш характерними ознаками. Якщо ознаками виступають *кількісні показники*, то такий вид робіт (на відміну від класифіка-

цій) називають у вузькому розумінні безпосередньо *статистичним групуванням*.

Розглянемо види статистичних групувань

Статистичні групування поділяються на види за декількома ознаками:

- залежно від мети та завдань дослідження – на типологічні; структурні; аналітичні;
- залежно від кількості групувальних ознак, покладених в основу групування – на прості та комбінаційні;
- залежно від виду групувальної ознаки – на факторні і результативні;
- залежно від способу побудови групувань – на первинне і вторинне.

Типологічні групування – це такі групування, які приводять до виділення у складі масових явищ їх соціально-екологічних типів (тобто однорідних частин за якістю та умовами розвитку, в яких діють одні й теж закономірності факторів). Їх застосовують при вивченні стану забруднення природних сфер за видами типів і класів забруднювачів, за джерелами забруднень тощо. Прикладом цього виду групувань є групування областей, районів за природноекономічними умовами, групування підприємств за формою власності тощо.

Структурні групування характеризують склад однорідної сукупності за будь-якою ознакою. З допомогою таких групувань аналізують структуру сукупності і структурні зрушення в розвитку екологічних явищ і процесів.

Потреба в таких групуваннях виникає тому, що однорідність явищ, елементів, з яких складається статистична сукупність, ще не означає їх тотожності. У межах однорідної сукупності елементи відрізняються один від одного, числові значення властивих їм ознак варіюють. За допомогою структурних групувань вивчають склад методів, способів вимірювань, метрологічних характеристик показників екологічного стану середовища, складу небезпечних відходів.

Аналітичні групування спрямовані на виявлення зв'язку між окремими ознаками явища, що вивчається. Вони проводяться за факторною ознакою і в кожній групі визначається середня величина результативної ознаки. Взаємозв'язок проявляється у систематичній зміні ре-

зультативної ознаки у зв'язку зі зміною факторної ознаки. При наявності зв'язку між ознаками середні групові систематично збільшуються (прямий зв'язок) або зменшуються (зворотний зв'язок).

Факторне групування – це групування, яке проводиться за факторною ознакою, тобто ознакою, яка впливає на інші ознаки.

Групування за факторними ознаками дає змогу показати різноманітність виникаючих форм і ступінь впливу того чи іншого фактора на результативні показники. За допомогою факторних групувань встановлюються і вивчаються причинно-наслідкові зв'язки між ознаками однорідних явищ, виявляються фактори розвитку сукупності та ефект впливу фактора на результат (різниця між груповими середніми результативної ознаки). Зокрема, це стосується аналітичних групувань, хоча аналітичні функції притаманні типологічним і структурним групуванням.

Факторні групування ґрунтуються на вивченні того, як у масових явищах зі зміною одного або кількох факторних ознак змінюється результативна ознака. Факторні групування дають можливість робити висновки про наявність зв'язку, про його форму (прямий, обернений) і наближено характеризувати тісноту зв'язку.

При побудові факторних групувань треба дотримуватись певних правил (за І.П. Сусливим):

1. Факторні ознаки слугують основою групувань; з метою зручності і можливості зіставлення їх зображують, як правило, у вигляді рівних закритих інтервалів; число інтервалів беруть від 3 до 6-8, встановлюють його шляхом проб різних варіантів.

2. Результативну ознаку дають у вигляді інтенсивних статистичних показників. Для більшої визначеності і наочності ці ознаки часто підлягають деяким перетворенням.

3. Оскільки найважливішою підставою вивчення зв'язків за допомогою факторних групувань є положення про можливість погашення впливу інших причин, то правильні висновки можуть бути зроблені лише на підставі груп і підгруп досить великого обсягу.

Факторні ознаки мають важливіше аналітичне значення, даючи можливість кількісно оцінити вплив окремих факторів на досліджувані явища.

Результативне групування – це групування, яке проводиться за результативною ознакою, тобто ознакою, яка є залежною від факторних ознак.

Групування за результативними ознаками дають можливість досить надійно виділити виробничі типи і дати в середньому характеристику їх особливостям. Але за ними не можна виділити всю різноманітність форм і показати ступінь впливу того чи іншого фактора на результат виробництва.

Результативні ознаки, оскільки в основу групувань покладено результат впливу багатьох факторів, дозволяють у певних випадках «бачити» загальні типові різниці незалежно від форм, у яких вони виступають. Такі групування досить ефективні в аналізі соціально-економічних явищ, коли ставиться на меті принципова розвідувальна оцінка зв'язку різних факторів, які наводяться в присудку таблиці, з групувальною результативною ознакою.

При статистичному групуванні велике пізнавальне значення має поєднання факторних і результативних ознак. У такому разі будуються комбінаційні групування за формою факторно-результативних або результативно-факторних. Тобто одна з групувальних ознак є факторною, друга – результативною. Вибір схеми «факторно-результативна» чи «результативно-факторна» залежить від мети дослідження, знання природи екологічних явищ і досконалого володіння методикою статистичних групувань.

Комбінаційне групування – це групування, яке проводиться за двома і більше групувальними ознаками. У комбінаційних групуваннях групи з однією ознакою поділяються на підгрупи за іншою ознакою.

Аналіз таких угруповань проводиться по горизонталі, вертикалі і діагоналі; в першому випадку по кожній групі вивчається зміна результативного показника по підгрупах, тобто наявність залежності від ознаки підгруп; в другому випадку по кожній підгрупі простежується зміна результативного показника по групах, тобто наявність залежності від ознаки груп; в третьому випадку – залежність від двох ознак.

Так всі числа по всіх строках зростають від підгрупи до підгрупи характеризуючи наявність прямого зв'язку. Те ж саме можна відмітити, розглядаючи дані по стовпчиках. Якщо розглядати дані по діагоналі з верхнього лівого кута до нижнього правого, то помітна дуже висока ступінь зростання значень показника, що аналізується в залежності від

двох групувальних ознак. Таким чином, можна констатувати прямо пропорційну залежність результату від обох групувальних ознак.

Комбінаційне групування має більш широкі аналітичні можливості, ніж просте, його використовують переважно для вивчення взаємозв'язків між ознаками. Порядок комбінації ознак обґрунтовується економічно і може бути легко змінений (при необхідності). Якщо по кожній з ознак є підсумкова група, комбінаційне групування можна «згорнути» у будь-якому напрямі в просте. Наведемо приклад (схему) комбінаційного групування сільськогосподарських підприємств за трьома ознаками: за розміром площ сільськогосподарських угідь, якістю та рівнем удобреності ґрунтів.

Поряд з комбінаційним групуванням найбільш часто використовують просте групування. Це групування, яке проводиться за однією ознакою. Прикладами простих групувань виступають всі види попередніх *групувань*.

Розглянемо основи методології групувань

У кожному конкретному статистичному дослідженні вирішують такі питання: що взяти за основу групування; скільки груп необхідно сформувати; як розмежувати групи. Залежно від того, як виконано групування, якими принципами керувалися при розподілі сукупності на групи, можна зробити різні, часом протилежні висновки. Тому, виділяючи групи, треба *дотримуватись єдиних наукових вимог*.

- *першою вимогою* використання статистичних групувань є всебічний глибокий аналіз суті і природи явища, що дозволяє визначити його типові риси і відмінності;
- *другою вимогою* – є чітке визначення істотних ознак, за якими воно проводиться.
- *третьою вимогою* – є об'єктивне, обґрунтоване визначення інтервалів групування таким чином, щоб в утворені групи об'єднувались подібні одиниці сукупності, а окремі групи суттєво відрізнялись одна від одної.

Групування статистичної сукупності починають з вибору групувальних ознак.

Групувальна ознака – змінна ознака, на основі якої проводиться розподіл сукупності на групи. Від вибору групувальної ознаки залежить

розв'язання питання про утворення груп. Групування може проводитися за атрибутивними або кількісними ознаками – для *атрибутивної ознаки* число групи відповідає числу її різновидів. Якщо ознака альтернативна, можливі лише дві групи, при групуванні за *варіаційною ознакою* постає питання щодо кількості груп і інтервалів групування.

У групуваннях за кількісною ознакою слід правильно визначати *верхню і нижню межі груп «включно» чи «виключно»*. Щоб надати інтервалам групування більшої певності або у разі, коли ознака групування визначається лише цілими числами, верхня межа попередньої і нижня межа наступної груп позначається по-різному.

Величину, на яку збільшуються або зменшуються інтервали групування від однієї групи до іншої, називають *кроком інтервалу*. Крок інтервалу може бути однаковим або змінюватись від групи до групи. На практиці для різних сукупностей часом використовують різні інтервали групування за однією і тією ж ознакою. Величина інтервалу пов'язана з *кількістю груп*. При визначенні достатньої кількості груп враховують обсяг сукупності, варіацію групувальної ознаки, характер закономірності розподілу. Надто велика кількість груп спричинить розпилення елементів сукупності, подібні елементи попадуть до різних груп. Якщо кількість груп мала, навпаки, в одну групу об'єднуються елементи різних типів, що призведе до помилкових висновків. Іноді важливо, щоб елементи сукупності об'єднувались у приблизно однакові за чисельністю групи. Таке утворення груп відбувається за принципом рівних частот. При цьому не буває малочисельних груп, що дозволяє отримати вірогідну характеристику кожної групи. Проте застосування принципу рівних частот можливе лише при нерівних інтервалах.

Отже, метод групування в екології потрібен для дослідження об'єктів за відповідними ознаками.

3.1.2. Квадратичний, дисперсійний аналіз в екології

Жодне явище в природі та суспільстві не можна зрозуміти й вивчити, якщо брати його ізольовано, поза зв'язком з навколишніми явищами. Так, в екології усяка результативна ознака (обсяг викидів, скидів тощо) зазнає впливу багатьох факторів: кількості підприємств-забруднювачів, кількості викидів та скидів кожного з них та ін. У зв'язку з цим результативні ознаки зазнають значної як міжрегіональної, так і внутрішньо регіональної диференціації. Значна варіація результативних ознак спостерігається навіть в межах одного адміністративного району.

Тільки розкриваючи взаємозв'язки між явищами, можна пізнати їхню суть і розвиток. Вивчаючи взаємозв'язки суспільних явищ і процесів, статистика надає числового виразу закономірностям, які в них проявляються. Числову характеристику взаємозв'язків отримуємо в результаті розрахунку цілого ряду статистичних характеристик, що відбивають різні аспекти залежності між факторними та результативними ознаками. Для кількісної оцінки взаємозв'язків і їхньої суттєвості при незначній кількості спостережень застосовується дисперсійний аналіз.

Головне призначення дисперсійного аналізу – статистично виявити вплив різних факторів на мінливість ознаки, що вивчається. Дисперсійний аналіз, або аналіз розсіювання дослідних даних, являє собою найбільш досконалий метод статистичної обробки різноманітного експериментального матеріалу. В результаті дисперсійного аналізу одержуються дані, що характеризують загальне розсіювання, або дисперсію ознаки, обумовлену дією всіх факторів; часткову або факторну дисперсію, викликану впливом організованих і врахованих дослідником факторів; та залишкову дисперсію, пов'язану з невідомими експериментатору, випадковими, неорганізованими факторами.

Розглянемо сутність і значення дисперсного аналізу

Дисперсійний аналіз – це математико-статистичний метод вивчення результатів спостереження, що залежать від різноманітних одночасно діючих факторів.

Дисперсійний аналіз – метод дослідження залежності між явищами при невеликому числі спостережень.

Застосування дисперсійного методу дає можливість розв'язувати досить важливі завдання. Основне призначення дисперсійного аналізу – статистично виявити вплив факторів на варіацію ознаки, що вивчається, визначити частку впливу різних факторів відокремлено, а також їх сумарний вплив на мінливість ознаки (рис. 3.1.2).



Рис. 3.1.2. Застосування дисперсійного методу у вигляді картосхеми ступеню придатності земель для органічного землеробства в Україні

З рис. 3.1.2 легко бачити, що статистично виявлений вплив фактора «грунти землеробства України» на варіацію ознаки «ступінь придатності», і тут же виявлена частка впливу : розмежовано різними п'ятьма кольорами.

Особливий інтерес становить використання цього методу в тих випадках, коли зміна згаданої ознаки зумовлена одночасно дією факторів, частка впливу яких різноманітна. Зокрема, за його допомогою розв'язуються такі завдання:

- кількісне вимірювання сили впливу факторних ознак та їх сполучень на результативну;
- визначення вірогідності впливу та його довірчих меж;

- аналіз окремих середніх та статистична оцінка їх різниці.

Загальне варіювання експериментальних даних можна розчленувати методом дисперсійного аналізу на складові частини, що відповідають дуже важливим джерелам мінливості одержуваних цифр. Загальне варіювання в будь-якому досліді обумовлене дією досліджуваних факторів, тобто варіантів досліду, повтореннями, а також багатьма причинами випадкового характеру (технічними помилками, неуточненими факторами тощо).

Загальна варіація – це сумарна варіація результативної ознаки, зумовлена всіма причинами як систематично діючими, так і випадковими. В нашому прикладі це буде сумарна варіація досліджуваної сукупності.

Систематична варіація – це частина загальної варіації результативної ознаки, яку можна пояснити і яка викликана систематичною дією факторних ознак.

Випадкова варіація – це варіація, яку неможливо пояснити, тобто частина загальної варіації результативної ознаки, викликана дією випадкових факторів. Випадкову варіацію іноді називають *залишковою*, оскільки вона відбиває варіацію результативної ознаки, викликану усіма іншими факторами, не врахованими в обсязі систематичної варіації. Її завжди можна легко обчислити.

Розкладання загальної варіації дає змогу вивчити залежність результативної ознаки від однієї чи декількох факторних ознак. Причому в різних регіонах оцінки будуть значно відрізнятися, оскільки в одних випадках одні й ті ж фактори можуть бути суттєвими, а в інших – несуттєвими. Крім того, розкладання загальної варіації дає змогу встановити основні причини мінливості результативної ознаки в конкретних умовах виробництва: чим більшою буде частка систематичної варіації в обсязі загальної варіації, тим більшою буде варіація результативної ознаки.

У зв'язку з цим дисперсійний аналіз використовують для оцінки ступеня впливу випадкових факторів, оцінки достовірності взаємодії між ними, оцінки достовірності відмінностей між парами середніх. Визначення достовірності варіації дозволяє з заданим ступенем імовірності встановити, чи варіація викликана систематично діючим фактором, чи дією випадкових факторів.

Передумовою застосування дисперсійного аналізу є наявність сукупності, розчленованої за однією або декількома ознаками на певні групи.

Міжгрупова варіація є систематичною варіацією і характеризує вплив на результативну ознаку систематичних факторів. Вона являє собою варіацію між групами. Сума квадратів відхилень групових середніх від загального середнього становитиме міжгрупову варіацію.

Внутрішньогрупова варіація є випадковою залишковою варіацією і характеризує дію на результативну ознаку випадкових неврахованих факторів. Вона являє собою варіацію результативної ознаки в середині кожної групи.

Такою є загальна схема розкладання варіації, коли вивчається варіація результативної ознаки під дією одного фактора. Однак, як відомо, варіація результативної ознаки зумовлюється не одним, а багатьма факторами. Схема розкладання варіації при багатофакторному аналізі буде більш складною.

Загальна дисперсія складається під впливом безлічі факторів і характеризує варіацію числових значень результативної ознаки, пов'язану з варіацією всіх факторів, що на неї впливають.

Міжгрупова дисперсія характеризує варіацію групових середніх, тобто варіацію результативної ознаки, яка пов'язана з варіацією групової ознаки, що обумовлена дією систематичних факторів.

Внутрішньогрупова дисперсія характеризує варіацію ознаки всередині конкретної групи, що обумовлена дією випадкових факторів.

Аналіз розкладання дисперсій може бути застосований для оцінки результатів як однофакторних, так і складних багатофакторних дослідів. У залежності від числа факторів дисперсійний аналіз підрозділяють на:

- *однофакторний* – дослідження впливу одного фактора,
- *багатофакторний* – дослідження впливу декількох факторів.

За однофакторною схемою вивчення здійснюють, маневруючи лише однією ознакою, вважаючи інші незмінюваними. Такий метод не дає змоги виявити взаємодію факторів при одночасній їх зміні. Цих недоліків позбавлений багатофакторний аналіз, при якому кожне спостереження дійсне для одночасної оцінки усіх факторів та їх взаємодій. Суть

його полягає в тому, що коли кілька повністю незалежних факторів діють одночасно й зумовлюють загальну змінюваність ознаки, то сума окремих дисперсій, що вимірюють їх вплив, дорівнює загальній дисперсії.

Сутність дисперсного аналізу складається в зіставленні між собою різних видів дисперсій (варіацій):

- міжгрупової і загальної;
- внутрішньогрупової (залишкової) і загальної;
- міжгрупова і внутрішньогрупової (залишкової).

Відношення складових дисперсій до загальної характеризує ступінь факторних ознак у формуванні загальної мінливості результативної ознаки. За статистичною структурою перші два відношення є часткою варіації результативної ознаки, яка пов'язана з варіацією факторної ознаки а також випадкової варіації.

Відношення складових дисперсій між собою є свідченням наявності (відсутності) зв'язку між ними.

Таким чином, використовуючи метод дисперсійного аналізу, дослідник може оцінити (у відсотках) частку впливу того чи іншого фактора на варіацію досліджуваної ознаки.

Завдання дисперсного аналізу:

- оцінка сили і ступеня впливу одного або декількох факторів;
- оцінка сили і ступеня впливу випадкових факторів;
- оцінка вірогідності взаємодії між ознаками.

Значення дисперсного аналізу. Крім самостійного значення методи дисперсного аналізу використовуються для оцінки форми взаємозв'язку, надійності, дії факторів і доцільності включення в модель конкретних факторів:

- у вибіркових спостереженнях;
- у кореляційному аналізі.

Для вимірювання варіацій та інших кількісних співвідношень застосовують спеціальні показники.

Отже, дисперсійний аналіз в екології потрібен для оцінки ступеня впливу одного об'єкта на інший.

3.1.3. Взаємозв'язковий, кореляційний аналіз зв'язків в екології

Для поглибленого дослідження взаємозв'язку явищ дисперсійний аналіз не придатний, оскільки він не дає змоги виразити існуючий зв'язок між ознаками у вигляді певного математичного рівняння, яке б характеризувало механізм взаємодії факторних і результативних ознак. Крім того, дисперсійний аналіз є ефективним лише при малій кількості факторних ознак, тоді як екологічні явища формуються під впливом багатьох причин. Разом з тим взаємозв'язки між ознаками, як правило, проявляються лише у великих за обсягом сукупностях. Тому логічним продовженням дисперсійного аналізу, поглибленням дослідження й кількісною оцінкою характеру та механізму взаємодії факторних і результативних ознак є метод аналізу регресії та кореляції, тобто кореляційний аналіз.

Існує два типи залежності явищ: функціональний і кореляційний.

При функціональному зв'язку зміна однієї ознаки чи показника на певну величину веде за собою зміни другої ознаки чи показника на чітко визначену величину. Такого роду залежність у її чистому вигляді трапляється в математиці, фізиці, хімії.

При кореляційній залежності будь-якому значенню однієї змінної величини може відповідати декілька чи навіть безліч різноманітних, тобто варіюючих значень іншої змінної величини.

Головна відмінність кореляційної залежності від функціональної полягає в тому, що функціональний зв'язок має місце в кожному окремому випадку спостереження, а кореляційний проявляється так само лише в середньому або в цілому для всієї даної сукупності спостережень і є неточним у відношенні окремих спостережень.

Розглянемо сутність і значення кореляційного аналізу

Кореляцією називається неповний зв'язок між досліджуваними явищами. Це така залежність, коли будь-якому значенню однієї змінної величини може відповідати декілька різноманітних значень іншої змінної (рис. 3.1.3). Вона відображає закон множини причин і наслідків і є вільною неповною залежністю. Кореляція (від англ. співвідношення, ві-

дповідність) – взаємозв'язок між ознаками, що полягає в зміні середнього значення однієї з них залежно від зміни іншої.

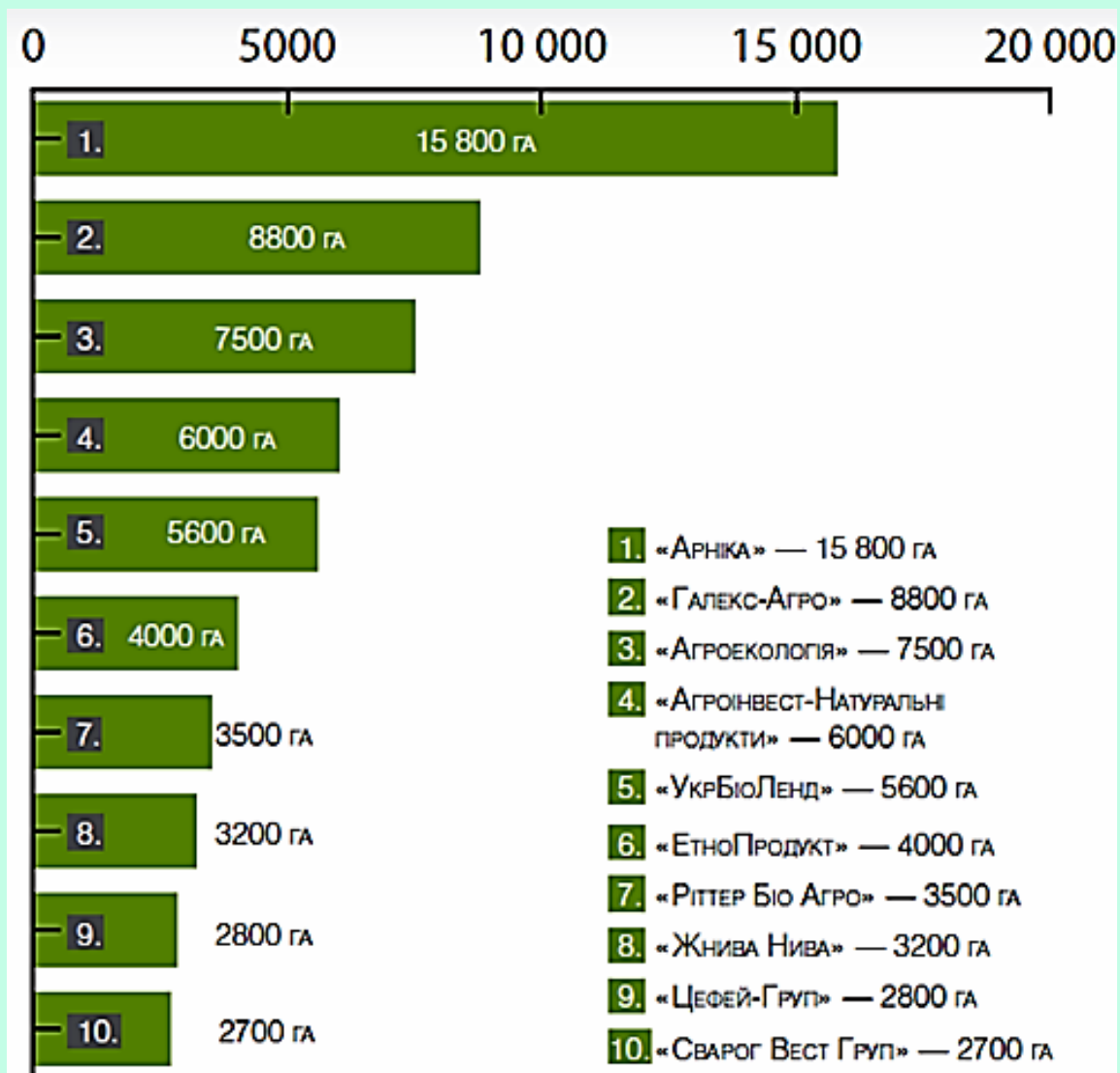


Рис. 3.1.3. Кореляційний взаємозв'язок агрокомпаній України і розмірами банку сертифікованих органічних земель

З рис. 3.1.3 легко бачити взаємозв'язок між площею сертифікованих органічних земель і сходинкою в рейтингу агрономічних компаній в Україні.

Ознаки, пов'язані кореляційним зв'язком, називаються *корельованими*.

Кореляційний аналіз – метод, що вивчає кількісні *N* характеристики кореляційних зв'язків.

Кореляційний аналіз є свого роду логічним продовженням (розвитком) методу статистичних групувань, його поглибленням. Він допомагає вирішити цілий ряд нових завдань в економічному аналізі. Розраху-

нки на основі кореляційних моделей підвищують ступінь точності аналізу, часто виявляють недоліки попереднього аналізу. Перевага цього методу полягає також і в тому, що він дає можливість розв'язувати задачі, які не можна вирішити за допомогою інших методів економічного аналізу, як, наприклад, відокремлення впливу багатьох факторів, які діють взаємопов'язано і взаємозумовлене. У дослідженнях важливо вивчати не стільки міру кореляції, скільки форму її й характер зміни однієї ознаки залежно від зміни іншої. Ці задачі розв'язуються методами регресійного аналізу.

Використання методу кореляції і регресії дозволяє вирішити такі *основні завдання*:

- встановити характер і тісноту зв'язку між досліджуваними явищами;
- визначити і кількісно виміряти ступінь впливу окремих факторів і їх комплексу на рівень досліджуваного явища;
- на підставі фактичних даних моделі залежності екологічних показників від різних факторів розраховувати кількісні зміни аналізованого явища при прогнозуванні показників і давати об'єктивну оцінку діяльності підприємств.

Суть кореляційного аналізу полягає в побудові, рішенні й аналізі економіко-математичної моделі у виді функції (рівняння) зв'язку між результативною та факторною або факторними ознаками.

Статистичне дослідження кореляційної залежності включає завдання визначення форми зв'язку і знаходження кількісної характеристики цієї форми. Процес встановлення форми зв'язку і вибору математичного рівняння, яке могло б найбільш повно відобразити характер взаємозв'язку між ознаками досліджуваного явища, має вирішальне значення в кореляційному аналізі. Важливість цього етапу полягає в тому, що правильно встановлена форма зв'язку дає змогу добрати й побудувати найбільш адекватну модель і на основі її розв'язання отримати статистично достовірні й надійні характеристики зв'язку.

Під формою кореляційного зв'язку розуміємо тип аналітичного рівняння, що виражає залежність між досліджуваними ознаками.

Розрізняють дві форми зв'язку: лінійну і нелінійну.

Лінійна виражається рівнянням прямої лінії, *нелінійна* – рівнянням кривих ліній: гіперболи, параболи, степеневі, показникової тощо.

За напрямками зв'язки бувають *прямими* й *зворотними*. У першому випадку обидві ознаки змінюються в одному напрямі, тобто із зростанням факторної ознаки зростає результативна і навпаки, а в другому випадку обидві ознаки змінюються в різних напрямках.

За щільністю зв'язки бувають – *сильними*, *слабкими* та ін. Коли визначається зв'язок між двома ознаками, кореляція називається *простою*; якщо ж явище розглядається як результат впливу декількох факторів – *множинною*.

Встановлення форми зв'язку означає вибір рівняння регресії, що найбільш повно відбиває характер взаємодії між результатом і фактором, за яким проводяться розрахунки.

Особливості, властиві кореляційному аналізу:

✓ при використанні кореляційного методу вирішальне значення має всебічний, економічно усвідомлений попередній аналіз даних господарської діяльності. Слід пам'ятати, що зв'язок між ознаками і властивостями – не результат математичних розрахунків, а лежить у природі самих екологічних явищ і за допомогою методів математичної статистики можна лише об'єктивно виразити існуючі закономірності економічних процесів;

✓ кореляцію можна виявити, лише досліджуючи достатньо велику сукупність спостережень, оскільки кореляційні зв'язки виявляються у формі спряженого варіювання двох або кількох зіставлених ознак.

Кореляційно-регресійний аналіз включає три етапи:

- математико-екологічне моделювання;
- рішення прийнятої моделі шляхом знаходження параметрів кореляційного рівняння (рівнянням регресії);
- оцінка та аналіз одержаних результатів.

Значення кореляційного аналізу у тому, що параметри рівняння використовуються: як знаряддя цілеспрямованої зміни результатів, як знаряддя техніко-економічне нормування, планування, прогнозування, як критерії напруженості плану, як знаряддя впливу на кінцевий результат.

Вивчення взаємозв'язків кореляційного типу має істотне значення особливо при аналізі явищ, які складаються під впливом великої кількості певних умов.

У практичних розрахунках в екологічних дослідженнях, для оцінювання надійності коефіцієнта кореляції, як правило, використовують таблиці вірогідних значень коефіцієнта кореляції для відповідної кількості спостережень і рівня ймовірності.

Термінологічний апарат складається з таких понять

Кореляційний аналіз – метод, що вивчає кількісні характеристики кореляційних зв'язків.

Кореляція – взаємозв'язок між ознаками, що полягає в зміні середнього значення однієї з них залежно від зміни іншої.

Парна кореляція – вивчення залежності результативної ознаки від однієї факторної ознаки.

Множинна кореляція – вивчення залежності результативної ознаки від декількох факторних ознак.

Форма кореляційного зв'язку – це тип аналітичного рівняння, що виражає залежність між досліджуваними ознаками.

Кореляційне поле – графік, на якому у вигляді точок зображена кожна одиниця спостереження за двома корельованими ознаками.

Коефіцієнт еластичності є характеристикою ступеня і вагомості впливу фактора на варіацію результативної ознаки.

Коефіцієнти кореляції – показник щільності або сили зв'язку.

Коефіцієнт детермінації – показник, що служить для оцінки ступеня впливу факторів.

Отже, кореляційний аналіз в екології потрібен для встановлення взаємозв'язку між досліджуваними об'єктами (явища, чинниками, факторами тощо).

3.1.4. Параметричний, індексний метод в екології

Статистична практика при вивченні екологічних явищ широко використовує індекси (хоча деякі екологи не підготовлені для такої роботи). Знання методології побудови індексів значно розширює аналітичні можливості дослідника, збагачує результативну інформацію досліджень.

Розглянемо сутність індексів і основи індексного методу

Індекс англійський термін і означає число – показник. Статистичні індекси – це відносні величини, які одержують внаслідок порівняння складних екологічних явищ, утворених з різнорідних елементів, що не підлягають безпосередньому підсумовуванню.

Індекс у статистиці – узагальнюючий відносний показник, який характеризує співвідношення в часі чи просторі соціально-екологічних явищ і процесів (рис. 3.1.4).

За своєю суттю статистичний індекс характеризує зміну рівня будь-якого суспільного явища в часі, просторі чи порівняно з планом, нормою, стандартом. У цих випадках зіставляються між собою числові значення однойменних показників, що мають однаковий екологічний зміст. Отже, індексом можна назвати відносну величину динаміки, виконання плану, порівняння.

З рис. 3.1.4 легко бачити, узагальнюючий відносний показник (індексний), який характеризує співвідношення в просторі соціально-екологічних процесів органічного землеробства.

За допомогою індексів можна характеризувати зміну в часі і просторі найрізноманітніших показників: обсяги викидів в атмосферу, скидів шкідливих речовин у водне середовище, інтенсивність забруднень і т. д. Їх поділяють на дві групи: до першої належать *об'ємні* (сумарні) *показники* (наприклад, обсяг викидів та скидів, кількість забруднювачів, площа забрудненої території та ін.), які виражаються абсолютними величинами; до другої – показники, розраховані на певну одиницю (наприклад, викиди в розрахунку на одиницю земельної площі або на одного жителя, працівника і т. д.). Останні умовно можна назвати *якісними показниками*, і виражаються вони у вигляді середніх величин. Ця особливість зумовлює поділ індексів на *індекси кількісних* та *індекси якісних показників*.

Категорії показників (Типи індексів)	Показники (Види індексів)
Екосистема	
<ul style="list-style-type: none"> - різноманітність флори - різноманітність фауни - різноманітність природного середовища - ландшафт 	
Природні ресурси	
Ґрунт	<ul style="list-style-type: none"> - органічні речовини - біологічна активність - структура - ерозії
Ґрунтові і поверхневі води	<ul style="list-style-type: none"> - вилуговування нітратів - пестициди - біогенне навантаження
Клімат і повітря	<ul style="list-style-type: none"> NH₃ CO₂ N₂O CH₄ Пестициди
Вхідна та вихідна продукція сільськогосподарського виробництва	
<ul style="list-style-type: none"> - використання поживних речовин - використання енергії - використання води 	
Здоров'я і благополуччя	
Захист тварин і здоров'я людини	<ul style="list-style-type: none"> - господарство - харчування - здоров'я
Якість продукції що випускається	<ul style="list-style-type: none"> - залишки пестицидів - вміст нітратів - наявність мікотоксинів - залишки важких металів - необхідні речовини

Рис.3.1.4. Індексний метод продемонстрований на прикладі екологічних показників аналізу органічного землеробства

За допомогою статистичних індексів можна відображувати зміну в часі і просторі як окремих простих показників (наприклад, обсяг викидів вуглецю, окислів азоту, сірки і т.д.), так і однойменних показників за складними сукупностями (наприклад, зміна обсягу викидів по місту, району, області в цілому і т.д.).

За допомогою індексного методу вирішуються такі завдання:

- ✓ характеризують загальну зміну складного економічного явища чи окремих його елементів (складових);
- ✓ виділяють вплив одного з факторів через елімінування впливу інших;
- ✓ відокремлюють вплив зміни структури явища на зміну індексованої величини.

При цьому сама міра впливу може бути визначена як у відносних вимірниках, так і в абсолютних

Класифікація індексів. Класифікують індекси за різними ознаками:

- за змістом досліджуваних об'єктів, явищ і процесів – індекси обсягу, індекси якісних показників;
- за повнотою охоплення елементів сукупності – індивідуальні індекси, зведені (групові, загальні) індекси;
- за формою зображення – агрегатні індекси, середні зважені індекси (арифметичні, гармонійні);
- за базою порівняння – індекси динаміки (базові, ланцюгові), індекси виконання плану, територіальні індекси;
- за характером впливу на зміну складного явища – індекси сталого складу, індекси структурних зрушень;
- за коефіцієнтами співвимірювання – індекси зі змінними вагами, індекси зі сталими вагами.

Обчислення загальних індексів, що дають змогу співвіднести між собою показники за складними сукупностями, являє собою особливий прийом дослідження, який називається *індексним методом*. За його допомогою можна не тільки вивчати динаміку показників, а й вимірювати вплив окремих факторів на динаміку складного показника. При цьому залежно від завдань аналізу можна фактори вивчати ізольовано, абстрагуючись від дії інших, або розглядати їх взаємопов'язано.

Методологічні принципи побудови індексів. Індексний метод має свою термінологію та символіку. Її дотримання є обов'язковою умовою в індексному аналізі.

Для побудови статистичного індексу необхідно мати вихідну інформацію, як мінімум, за два періоди. Один з таких періодів називається

базисним, другий – поточним. *Базисний* – це період, з яким порівнюють досліджувані явища, *поточний* – період, що порівнюється. Так, в індексах динаміки базисним є показник попереднього періоду (моменту) часу, в індексах порівняння з нормативною базою – нормативний рівень, а в індексах порівняння (в просторі) базисним може бути показник, що належить до якоїсь з територій. Якщо досліджуються дані за кілька періодів, то один з них (як правило, початковий) буде базисним, а решта – поточними, або звітними.

У теорії індексів показник, зміну якого характеризує індекс, називають *індексованою величиною*, а пов'язану з нею величину, що використовують як постійну, – *елімінованою величиною*, або вагою. Остання відіграє роль сумірника. Використання цих двох видів величин вважається особливістю індексного методу аналізу. При побудові статистичних індексів насамперед необхідно вирішити такі питання:

- який набір різнорідних елементів досліджуватиметься;
- які показники виступатимуть індексованими величинами;
- які величини виступатимуть сумірниками (вагами).

При цьому встановлюють, які досліджувані показники при побудові індексів вважаються базисними, а які – поточними.

Стандартні позначення, що використовують при побудові індексів:

◆◆ *підписна нумерація* – за її допомогою позначається період, до якого належать дані – показники базисного періоду мають у формулах підрядковий знак «0», а поточного – «1»; якщо зміна явища вивчається не за два, а більше періодів, то кожний з них позначається відповідно «0», «1», «2», «3» тощо.;

◆◆ *основні умовні позначення показників*: x – рівень показника, який вивчається; x_0 – рівень показника за базовий період; x_i – рівень цього ж показника за поточний період (якісний показник); m – статистична вага показника в ряду розподілу, або об'ємний показник; T і T_i – теж за базисний та поточний періоди; i – індивідуальний індекс; I – зведений індекс.

Числове значення індексу (i) означає, що відповідний показник за досліджуваний період змінився в (j) разів, на $(i-j) \cdot 100\%$ відсотків.

Розглянемо види і форми індексів

Серед багатьох видів індексів найбільш простими, елементарними індексами є індивідуальні індекси.

Індивідуальні індекси характеризують зміну в динаміці або відображають співвідношення в просторі якогось одного показника, наприклад, обсягу викидів певного виду шкідливої речовини чи токсиканта.

При індексному вивченні динаміки індивідуальних явищ слід враховувати властиві цьому процесу закономірності, які виражені у вигляді певних взаємозв'язків між показниками.

Індекси для кожного з періодів можуть визначатись за двома способами – *базисним* та *ланцюговим*. Добуток ланцюгових індексів дорівнює кінцевому базисному.

✓ Частка від ділення наступного базисного індексу на попередній дорівнює відповідному ланцюговому.

✓ Індивідуальні індекси, що характеризують зміну явищ, поєднаних між собою як співмножники, мають такий взаємозв'язок – добуток індексів співмножників дорівнює індексу добутку. Такі індекси називають *співзалежними*.

✓ Частка від ділення одиниці на індивідуальний індекс прямого показника дорівнює *індивідуальному* індексу, що характеризує зміну оберненого йому показника. Так, якщо індекс кількості виробленої продукції за одиницю часу дорівнює, наприклад, 1,25, то індекс затрат часу на виготовлення одиниці продукції (трудомісткість) становитиме $1/1,25 = 0,8$.

Зведені індекси – це співвідношення рівнів показника, до складу якого входять різномірні елементи. Такими елементами є окремі сфери навколишнього середовища, окремі види природних ресурсів, окремі види забруднень середовища тощо. Якщо сукупність, що вивчають, складається з декількох груп, то в цьому випадку можна визначити *зведені групові індекси* і зведений індекс по всій сукупності, тобто *загальний індекс*. Так, прикладом загального індексу може бути індекс динаміки забруднення повітря, води, земель, індексу ресурсного потенціалу, індексу еколого-ресурсного потенціалу тощо. Зведені індекси забруднення визначені для кожної із сфер, називають *груповими*.

В аналітичній роботі зі статистичними даними часто оперують різномірними елементами. Наприклад, при аналізі сукупної зміни забруд-

нюючих речовин за певний проміжок часу мають справу з їх різними видами. Об'єднання різних елементів в одну сукупність називають *агрегатуванням*, а об'єднану сукупність елементів – *агрегатом*. Для аналізу змін, що відбуваються в таких агрегатах, найкращим прийомом вважається розрахунок індексів.

За своєю формою загальні індекси поділяють на *агрегатні* і *середньозважені*. Вибір тієї чи іншої форми залежить від мети дослідження та наявної інформації.

Агрегатний індекс вважається основною формою загального індексу. Його застосовують для вивчення складних суспільних явищ, які містять у собі різнойменні елементи. Особливу групу становлять *індекси середніх величин* (індекси змінного та фіксованого складу, індекс структурних зрушень).

Загальні індекси позначають буквою *I*, а підрядковий знак вказує на показник, зміну якого характеризує той чи інший індекс. Методика побудови і розрахунку загального індексу більш складна. Щоб розрахувати загальний індекс, необхідно подолати несумірність окремих елементів досліджуваної сукупності. Це досягається введенням в індекс сумірника (ваги). Побудова формули загального індексу – одне з головних питань теорії індексів.

Екологічні явища і показники, що їх характеризують, можуть бути *порівнянними*, якщо вони мають якусь спільну міру, і *непорівнянними*, *якісними* і *об'ємними*. Так показники забруднення атмосфери і показники забруднення гідросфери або літосфери непорівнянні і безпосередньо підсумовувати їх не можна. Непорівнянність зумовлюється тим, що окремі види забруднень мають різні одиниці виміру. В той же час різні види викидів у повітря є порівнянними і загальну кількість їх можна підсумувати. Тому перш ніж будувати той чи інший загальний індекс, слід привести різні види забруднення до порівнянного виду. Це можна здійснити за допомогою таких коефіцієнтів – сумірників. Перемноживши обсяг викидів кожного виду на відповідний сумірник, дістанемо показники, які можна підсумувати, а отже, і порівняти їх у цілому по сукупності. Слід відзначити, що дія множення в цьому випадку дозволяє не лише вирішити проблему порівнянності, а й врахувати ваги сумірників у реальних екологічних процесах.

Одним з важливих положень побудови і застосування загальних індексів є класифікація факторів-співмножників. У кожному конкретному випадку слід визначити суть кожного з них. Серед двох факторів-співмножників виділяють об'ємний (*екстенсивний*) і якісний (*інтенсивний*).

Коли при побудові індексу необхідно один з факторів залишати незмінним (*фіксованим*), то слід дотримуватись правила, яке прийняте в статистичній практиці:

- якісні фактори-співмножники фіксуються на рівні базисного періоду,
- об'ємні – на рівні поточного.

Кожний із незмінних співмножників при побудові індексів відіграє різну роль. Якщо незмінним є об'ємний показник, то він виступає в ролі ваги, а якщо якісний – то в ролі сумірника.

Таке розмежування показників необхідне лише при побудові загальних індексів і саме тоді, коли індекс має характеризувати зміну якогось складного явища за рахунок окремого фактора.

Цей загальний індекс характеризує зміну обох показників, вплив кожного з них можна виділити окремо за допомогою фіксації показника ваги і в чисельнику і знаменнику на одному й тому самому рівні.

У кожному з названих загальних індексів один із співмножників є величина індексована, а другий – фіксована, що умовно залишається незмінною.

Правила побудови загальних індексів. Побудову загальних індексів здійснюють за таким правилом:

- індексована величина у формулі індексу завжди стоїть на першому місці після знака суми; за її назвою визначається назва індексу;
- індексована величина в чисельнику завжди фіксуються – на рівні поточного періоду, у знаменнику – базисного;
- в індексах динаміки якісних показників ваги фіксуються на рівні поточного періоду, вагою виступає такий абсолютний показник, в розрахунку на одиницю якого обчислювалася індексована величина;
- в індексах динаміки об'ємних показників – сумірники фіксуються на рівні базисного періоду.

Ця умова забезпечує можливість побудови системи співзалежних індексів.

Форму обчислення наведених трьох індексів називають *агрегатною*.

Таким чином, *агрегатним індексом* називається загальний індекс, одержаний зіставленням підсумків, які виражають величину складного показника у звітному та базисному періодах, за допомогою сумірників (незмінних). Сам спосіб обчислення загального індексу називають *агрегатним*. Порівнювані суми в агрегатному індексі відрізняються між собою за індексованими величинами; сумірники тут незмінні.

Такі індекси дають змогу дати порівняльну характеристику рівнів складного явища, до якого входить ряд різнорідних елементів. Це узагальнюючі показники, за допомогою яких можна охарактеризувати динаміку того чи іншого складного суспільно-економічного явища.

Середньозважені індекси. Агрегатна форма індексів дозволяє розв'язати ряд конкретних завдань екологічного аналізу. Зміст чисельника і знаменника будь-якого з таких індексів не викликає щонайменших труднощів, а тому чітким і беззаперечним є і зміст самого індексу. Проте в окремих випадках неможливо вивчити динаміку складного екологічного явища на основі безпосередньо цієї форми індексу. Тому виникає потреба у використанні інших форм зведених індексів – найчастіше *арифметичного* чи *гармонійного*. Вибір тієї чи іншої форми індексу залежить від мети, з якою він визначається, і вихідних даних. Так, якщо треба охарактеризувати зміну об'ємного показника в середньому по сукупності різнорідних елементів, використовують *середній арифметичний зважений індекс*.

Індекси із змінними і постійними вагами. При вивченні складних суспільних явищ більш ніж за два періоди застосовують ряди індексів за ланцюговою і базисною системами. Вибір системи залежить від мети дослідження. При побудові таких індексів виникає проблема вибору ваги чи вимірника індексів, оскільки вони можуть бути постійними, тобто фіксованими на рівні якогось одного періоду, і змінними, тобто змінюватись від одного періоду до іншого. Найчастіше при вирішенні цього питання дотримуються такого правила: індекси інтенсивних (якісних) показників визначають зі змінною вагою, а індекси екстенсивних (кількісних) показників – із постійними вимірниками.

При обчисленні зведених індексів з постійною вагою (чи вимірниками) діють згадані вище взаємозв'язки між індивідуальними індексами. На зведені індекси зі змінною вагою чи вимірниками ці правила не поширюються.

Територіальні індекси. При вивченні явищ суспільного життя в статистиці широко застосовують метод порівняння показників у розрізі окремих країн, економічних районів, міст, підприємств тощо. Узагальнюючі показники, тобто відносні величини, що дають порівняльну характеристику в розрізі територій і об'єктів – це і є територіальні індекси. Що стосується визначення індивідуальних територіальних індексів, то ніяких проблем не виникає, бо мова йде в цьому випадку про звичайні величини порівняння.

При побудові загальних територіальних індексів виникає питання вибору бази порівняння і району (об'єкта), на рівні якого слід зафіксувати вагу індексу. У кожному конкретному випадку його вирішують, виходячи з мети самого дослідження.

Порівняння показників можна здійснювати або по двох територіях (об'єктах), або по колу територій (об'єктів). У першому випадку базою може бути показник будь-якої з територій, а в другому – база порівняння повинна бути екологічно обґрунтованою. Так, якщо порівнюється, наприклад, викиди по колу однотипних підприємств з приблизно однаковими техніко-економічними умовами виробництва, то цілком очевидно, що за базу порівняння слід взяти підприємство, яке має найнижчий рівень викидів.

При побудові територіальних індексів якісних показників вагами можуть бути:

- об'ємний показник, що відноситься до території, на якій якісний показник є більш характерним;
- середня величина якісного показника по сукупності одиниць порівнюваних територій;
- е об'ємний показник, прийнятий за стандарт.

При побудові територіальних індексів об'ємних показників вимірником може виступати середній рівень якісного показника:

- по території, по якій здійснюється порівняння;
- встановлений для території, прийнятої за стандарт.

Саме стандартні показники найчастіше використовують як вагу та сумірники при побудові територіальних індексів.

Розглянемо системи співзалежних індексів і визначення впливу окремих факторів

Для визначення кількісної оцінки впливу окремих чинників на результуючий показник (вислід) використовують *мультиплікативні індексні моделі*, за допомогою яких індекс узагальнюючого показника розкладається на добуток двох або більше індексів. Прикладом такої моделі може служити розклад індексу викидів забруднюючих речовин в атмосферу на добуток двох індексів – індексу середніх викидів підприємств та індексу кількість підприємств, що мають викиди в атмосферу.

Співмножники в подібних випадках виступають як факторні показники, від величини яких функціонально залежить результат. Так, зміна загальних викидів в атмосферу є результатом зміни чи середніх викидів, чи кількості підприємств, де є викиди, або того і іншого.

У зв'язку з цим при аналізі динаміки екологічних явищ виникає потреба визначити роль окремих факторів у зміні результативного показника, що має досить істотне практичне значення. Так, з екологічної точки зору, не байдуже, за рахунок чого збільшились або зменшились загальні викиди. Зростання середніх викидів кожним підприємством, тобто якісного фактору, чи збільшення кількості підприємств, де є викиди, тобто об'ємного.

Індексний метод оцінки впливу окремих факторів. Оцінка може бути здійснена як у відносному, так і абсолютному вираженні. Оцінити вплив кожного з факторів означає обчислити індекси факторних показників відповідної системи співзалежних індексів.

Визначення абсолютного приросту результативного показника за рахунок зміни кожного фактора теж здійснюється при побудові системи індексів. Якщо йдеться про один вид викидів, то використовують систему індивідуальних індексів. При цьому слід будувати індекси з урахуванням специфіки індексного методу, яка полягає у зважуванні і фіксуванні ваги. Абсолютні прирости за рахунок окремих факторів обчислюють як різницю між чисельником і знаменником відповідних факторних індексів.

Цей метод називають *методом ланцюгових підстановок*. Відносно індивідуальних індексів за умови, що результативний показник, по-

даний як добуток двох факторів – співмножників, можна зробити такий висновок:

✓ абсолютний приріст результативного показника за рахунок об'ємного фактора A дорівнює приросту цього фактора, помноженому на базисний рівень якісного фактора x_0 ;

✓ приріст за рахунок якісного фактора x дорівнює приросту самого якісного фактора, помноженому на рівень об'ємного фактора в звітному періоді A_1 .

Розкладання абсолютного приросту за факторами на основі зведених індексів здійснюють аналогічно індивідуальним індексам. Різниця між чисельником і знаменником відповідних індексів із знаком «+» означає абсолютний приріст, а із знаком «-» – абсолютне зниження (зменшення).

У багатофакторній індексній моделі кожен чинник вважається незалежним, тобто його вплив позначається лише на висліді.

Розглянемо використання індексного методу аналізу в екології

В екологічному аналізі нерідко доводиться порівнювати такі якісні показники, як середні викиди забруднюючих речовин в атмосферу, у водойми, ґрунт. У даному разі йдеться про середні, що обчислені. По-перше, на основі групових середніх, по-друге, по однойменним викидам, фізичний обсяг яких можна підсумувати. Так, в області рівень різних якісних показників, що функціонально пов'язані з фізичним обсягом викидів в окремих районах, буває неоднаковий.

Середній рівень викидів буде залежати як від викидів в окремих підприємствах, так і від частки окремих підприємств у загальній їх кількості по області.

Отже, зміна середнього рівня якісного показника зумовлена впливом тих факторів, від яких залежить сама середня.

Аналіз динаміки середнього рівня здійснюють на основі побудови системи співзалежних індексів. Індекс, що характеризує зміну середнього рівня якісного показника за рахунок зміни всіх факторів в цілому, дорівнює добутку індексів-співмножників, кожний з яких характеризує зміну лише одного фактора і тим самим вплив цієї зміни на динаміку середньої.

Відношення середніх рівнів якісного показника за поточний і базисний періоди являє собою індекс змінного складу.

Величина цього індексу залежить від двох факторів: зміни як самого осередненого показника, так і співвідношення частот, тобто структурних зрушень.

Визначити зміну середнього рівня якісного показника за рахунок першого фактора дозволяє індекс фіксованого складу, а за рахунок другого – індекс структурних зрушень.

У цьому індексі структура сукупності фіксується, що й дає змогу проаналізувати зміну середньої лише за рахунок зміни рівнів інтенсивного показника. У цьому індексі фіксується на рівні базисного періоду якісний показник i , таким чином, визначається зміна середньої за рахунок структурних зрушень.

Методика індексного аналізу резервів зниження (збільшення) розмірів результативного показника за рахунок окремих факторів.

Етапи:

1. Моделювання характеру взаємозв'язків між результативним і факторними показниками.

2. Побудова системи взаємозалежних індексів (який характер зв'язку між показниками, такий і між індексами).

3. Визначення швидкості зміни індексів.

4. Визначення відносної змін результативної ознаки.

5. Виявлення ступеня впливу факторів на відношення розкладання по доданках, що складаються.

6. Визначення абсолютної зміни результативного і факторних показників.

7. Визначення міри впливу факторів на результат.

8. Оцінка вагомості впливу факторів.

9. Резерви росту визначаються на сьомому етапі: чисельне значення міри з позитивним знаком вказує на наявність резервів; абсолютне значення – на величину резервів.

Опишемо основні терміни даного пункту для формування професійного лексикону майбутнього фахівця з 101 Екології.

Індексний метод в екології – методологія побудови та використання індексів в статистичному аналізі екологічних явищ.

Індекс у статистиці – узагальнюючий відносний показник, який характеризує співвідношення в часі чи просторі соціально-екологічних явищ і процесів.

Індексована величина – величина, зміну якої вивчають.

Сумірник – постійна величина, що приводить різнорідні елементи сукупності до порівнюваного виду (для загальних індексів кількісних показників).

Вага – (для загальних індексів якісних показників).

Об'ємні показники (кількісні) – ті, що виражаються абсолютними величинами.

Якісні показники – ті, що розраховані на певну одиницю.

Індекси кількісних показників – це індекси, що розраховані за абсолютними величинами

Індекси якісних показників – це індекси, що розраховані за якісними показниками.

Індивідуальні індекси характеризують зміну в динаміці або відображають співвідношення в просторі якогось одного показника.

Зведені індекси – це співвідношення рівнів показника, до складу якого входять різнорідні елементи.

Зведені групові індекси – це зведені індекси для декількох груп.

Загальний індекс – це зведений індекс по всій сукупності.

Середній індекс – це індекс, що характеризує динаміку середніх показників.

Агрегатний індекс – загальний індекс, одержаний зіставленням підсумків, які виражають величину складного показника у звітному та базисному періодах, за допомогою сумірників.

Індекс змінного складу – це відносна величина, що характеризує динаміку двох середніх показників для однорідної сукупності.

Індекс постійного складу – це індекс, який відображує динаміку середніх величин при фіксованій структурі явища.

Індекси із змінними вагами – це індекси побудовані за різними вимірниками (вагами).

Індекси із постійними вагами – це індекси розраховані з постійною вагою.

Територіальні індекси – це індекси, що дають порівняльну характеристику в розрізі територій і об'єктів.

Отже, індексний метод в екології впроваджують для визначення пріоритетності / параметричності об'єкта (явища, середовища тощо).

Питання для самоконтролю

1. Що називають статистичним групуванням?
2. У чому полягає значення групувань?
3. Назвати мету статистичного групування.
4. Що розуміють під групувальною ознакою?
5. За якими ознаками здійснюється групування?
6. Розмежувати поняття «інтервал груп» та «крок інтервалу».
7. Назвати види інтервалів.
8. Назвати види групувань.
9. Яким видом групувань вирішується завдання вивчення причинно-наслідкових зв'язків між досліджуваними ознаками?
10. Яка статистична таблиця називається комбінаційною?
11. Що характеризують типологічні, структурні та аналітичні групування?
12. Що досліджується за допомогою дисперсійного аналізу?
13. Що покладено в основу дисперсійного аналізу?
14. Суть дисперсійного аналізу.
15. Які спеціальні показники застосовують для вимірювання кількісних співвідношень різних видів варіацій?
16. Призначення дисперсійного аналізу.
17. Від чого залежить кількість складових при розкладанні загальної варіації?
18. Назвати, що вимірює сумарна дисперсія, середня дисперсія?
19. Назвати основні показники дисперсійного аналізу
20. Який зв'язок називається кореляційним?
21. Що таке кореляційний аналіз, кореляція, регресія?
22. Дати визначення поняття «форма кореляційного зв'язку».
23. Як називається кореляція, коли ознака розглядається як результат дії двох і більше факторів?
24. Як називається зв'язок, при якому значення результативної ознаки змінюється в протилежному напрямі щодо факторної?
25. Назвати послідовність етапів кореляційного аналізу?
26. Який можна зробити висновок про характер кореляційного зв'язку, якщо величина одержаного коефіцієнта кореляції становить $-0,816$?

27. Дати визначення показника коефіцієнта кореляції.
28. Як називають в індексному аналізі об'єднання різнорідних елементів в одну сукупність?
29. Яка з відповідей дає визначення статистичного індексу?
30. Які індекси відображують співвідношення простих одиничних показників?
31. Як називається постійна величина, пов'язана з індексованою а також показник, зміну якого характеризує індекс?
32. Як класифікуються індекси за способом побудови, за ступенем охоплення елементів явищ; залежно від періоду часу, взятого за основу порівняння?
33. Якими способами можна побудувати індекс фізичного обсягу?
34. Як називається індекс, одержаний за рівнянням $I = I_0 \cdot r$?
35. За якою формою середньої розраховують середні індекси?
36. Який термін використовують при інтерпретації індексів, якщо за базу порівняння при обчисленні береться 100%?
37. Знайдіть правильну відповідь, якщо: у 2020 р. індекс викидів щодо 2013 р. підвищився від 115 до 120%.
38. Як називається індекс, представлений відносною величиною, що характеризує динаміку двох середніх показників?
39. Яку статистичну характеристику одержують відношенням індексу змінного складу до індексу фіксованого складу?
40. Яку статистичну характеристику одержують добутком індексу структури та індексу фіксованого складу?
41. Яка відповідь відображує основні види економічних індексів?
42. Як називаються індекси, що характеризують співвідношення рівнів явищ у просторі?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березінський П.С., Михалюк Н.І. Системи технології: навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 288 с.
2. Берко А.Ю., Верес О.М. Організація баз даних: практичний курс: практичний курс. Львів: Львівська політехніка, 2003. 152 с.
3. Білявський Г. О. Основи екології: підручник. Київ: Либідь, 2004. 408 с.
4. Білявський Г. О. Основи екології: теорія та практикум: навч. посіб. Київ: Лібра, 2006. 368 с.
5. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології: підручник. Київ: Либідь, 1993. 304 с.
6. Васильченко І.П. Вища математика: підручник. Київ: Знання, 2007. 454 с.
7. Верлань А.А., Федорчук В.А., Іванюк В.А. Комп'ютерне моделювання в задачах динаміки електромеханічних систем. Кам'янець-Подільський: К-ПНУ ім. І. Огієнка, 2010. 204 с.
8. Вища математика: спеціальні розділи. Київ: Либідь, 1996. 336 с.
9. Вінклер І.А., Тевтуль Я.Ю. Екологічна безпека джерел енергії: від традиційних до сучасних і перспективних: навчальний посібник. Львів: Новий Світ 2000, 2012. 276 с.
10. Гаврилук І.П., Макаров В.Л. Методи обчислень: навч. посібник для вузів: у 2-х ч. Київ: Вища шк., 1995. Ч. 1. 367 с.
11. Гаврилук І.П., Макаров В.Л. Методи обчислень: навч. посібник для вузів: у 2-х ч. Київ: Вища шк., 1995. Ч. 2. 431 с.
12. Гайдаржи В., Дацюк О.А. Основи проектування та використання баз даних: навч. посібник для вузів. Київ: Політехніка, 2004. 220 с.
13. Гайна Г.А. Основи проектування баз даних: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2007. 204 с.
14. Гільберг Т.Г., Шаробура І.М., Долинська О.О. Рідний край Хмельниччина: посібник для учнів загальноосвітніх навчальних закладів Хмельницької обл. Хмельницький: ФОП Цюпак А.А., 2013. 178 с.
15. Гудима У. В. Лінійне програмування в прикладах і задачах: навч. посібник. Кам'янець-Подільський: Медобори-2006, 2012. 104 с.
16. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика: навч. посібник для вузів. Київ: Вища шк., 2001. 678 с.
17. Екологічне управління: підручник. Київ: Либідь, 2004. 432 с.
18. Електронний каталог бібліотеки Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка // http://library.kpnu.edu.ua/ufd/page_lib.php
19. Еріна А.М. Статистичне моделювання і прогнозування. Київ: КНЕУ, 170 с.

20. Жалдак М.І., Кузьміна Н.М., Михалін Г.О. Теорія ймовірностей і математична статистика: підручник для студ. фіз.-мат. спец. пед. ун-тів. 2-ге вид., переробл. і доповн. Полтава: Довкілля-К, 2009. 500 с.
21. Завадський І.О. Основи баз даних: посібник. Київ: Видавець, 2011. 192 с.
22. Іванюк В.А. Математичні пакети прикладних програм: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: К-ПНУ ім. Івана Огієнка, 2015. 160 с.
23. Ігошин М. І. Математичні методи і моделювання у фізичній географії: підручник. Практикум. Одеса: Астропринт, 2005. 233 с.
24. Інформатика. Комп'ютерна техніка. Комп'ютерні технології: підручник. Київ: Академія, 2003. 704 с. (Альма-матер).
25. Конет І.М. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посібник для пед. ун-тів. Кам'янець-Подільський: К-ПДПІ, НВВ, 1999. 214 с.
26. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: підручник. Київ: Кондор, 2009. 288 с.
27. Крисаченко В.С. Людина і біосфера: основи екологічної антропології: підручник. Київ: Заповіт, 1998. 688 с.
28. Лаврик В.І. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник. Київ: Академія, 2014. 400 с.
29. Лук'янова В.В. Комп'ютерний аналіз даних: посібник. Київ: Академія, 2003. 344 с.
30. Медична біологія: підручник. 3-є вид. Вінниця: Нова книга, 2017. 607 с.
31. Методи оцінки екологічних втрат / за ред. Л.Г. Мельника, О.І Карінцевої. Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. 288 с.
32. Міждержавний стандарт ГОСТ 20522-75 «Методи статистической обработки».
33. Основи екології та екологічного права: навч. посіб. 2-у вид. Київ: Княгиня Ольга, 2005. 368 с.
34. Природа Хмельницької області. Львів: Высшая школа, 1980. 152 с.
35. Семерня О.М., Петричук І.А. Екологічна оцінка забруднення атмосферного повітря у м. Кам'янець-Подільський та за його межами. *Modern science: problems and innovations*. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2020. Pp. 25-33. URL: <https://sciconf.com.ua/viii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-modernscience-problems-and-innovations-18-20-oktyabrya-2020-goda-stokgolm-shvetsiyaarhiv/>
36. Семерня О.М. Використання математичних методів узагальнення для екологічних досліджень. VI Международная научно-практическая конференция «The World of Science and Innovation», 14-16 січня 2021 року. – Лондон, Великобританія.
37. Семерня О.М. Екологічна безпека: навчальний посібник [Електронний ресурс]. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2018. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.
38. Семерня О.М. Оцінка впливу довкілля: практикум: навчальний посібник [Електронний ресурс]. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2019. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

39. Семерня О.М. Формування професійних компетентностей екологів: монографія [Електронний ресурс]. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет ім. Івана Огієнка, 2020. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.
40. Статистика: підручник / С.С. Герасименко, А.В. Головач, А.М. Єріна та ін. 2-е вид. Київ: КНЕУ, 2000. 467 с.
41. Тарасова В.В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань). Підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 392 с.
42. Тарасова В.В. Методи екологічних досліджень. Частина 1. Інформаційні характеристики про середовище. Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 2013. 306 с.
43. Тарасова В.В. Методи екологічних досліджень. Частина 2. Методи досліджень в екології. Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 2013. 262 с.
44. Тарасова В.В. Методи екологічних досліджень. Частина 3. Комплексна оцінка стану довкілля. Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 2013. 250 с.
45. Шаблій О.І. Основи загальної суспільної географії: підручник. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. 444 с.
46. Шмандій В.М., Солошин І.О. Управління природоохоронною діяльністю: навч. посіб. Київ: ЦНЛ, 2004. 296 с.
47. Шматько В.Г., Нікітін Ю.В. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навч. посіб. Київ: КНТ, 2006. 304 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Банки екологічної інформації

Вища математика

Графічний метод в екології

Дисперсійний / квадратичний аналіз в екології

Дробово-лінійна функція

Елементарні функції

Застосування в екології елементарних функцій

Застосування в екології лінійної функції

Застосування в екології степеневої функції

Застосування статистики в екології

Змінна величина

Індексний / параметричний, метод в екології

Комп'ютерне програмне забезпечення еколого-статистичних досліджень

Кореляційний / взаємозв'язковий аналіз зв'язків в екології

Лінійна функціональна залежність

Лінійна функція

Математичні методи групування в екології

Математичні методи дослідження

Математичні методи екології об'єктів природного середовища

Математичні методи екологічності виробництва

Математичні методи оцінки техногенних впливів

Методи узагальнення екологічної інформації

Пряма і обернена пропорціональні залежності

Рівняння Міхаеліса-Ментен

Способи задання функцій

Статистичний аналіз екологічного стану довкілля

Статистичні дані в екології

Степенева функція

Табличний метод в екології

Формування бази статистичних даних в екології