

**Л.Д. Пляцук Т.В. Козуля Л.Л. Гурець  
В.Ф. Моїсєєв І.Ю. Аблєєва**

---

# **СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА:**

**корпоративні екологічні системи,  
хімічна екологія**

**П і д р у ч н и к**

для студентів закладів вищої освіти  
технічних спеціальностей



Суми  
ПФ «Видавництво «Університетська книга»»  
2018

УДК 504:519.722  
С 39

Затверджено вченою радою Сумського державного університету як підручник для студентів технічних ЗВО. Протокол № 7 від 12.04.2018 р.

Рецензенти:

*В.Г. Скляр*, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету;

*І.В. Удалов*, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри гідрогеології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

**Системні** дослідження навколишнього середовища: корпоративні екологічні системи, хімічна екологія: підручник / Л.Д. Пляцук, Т.В. Козуля, Л.Л. Гурець, В.Ф. Моїсєєв, І.Ю. Аблеєва. Суми: ПФ «Видавництво “Університетська книга”», 2018. 460 с.: іл. 48.; табл. 27; бібліогр.: 94 назв., додаткова 23 назв.

ISBN 978-966-680-861-8

Підручник містить теоретичне обґрунтування концепції корпоративної екологічної системи, або комплексної оцінки екологічності систем (КЕС), ентропійного підходу в хімічній екології довкілля, розвитку системних методів вивчення і моделювання стану та процесів у складних соціально-еколого-економічних системах.

Для спеціалістів і магістрів інформаційного та екологічного напрямку навчання, аспірантів, викладачів інформаційно-екологічних дисциплін, фахівців у галузі еколого-економічного аналізу.

**УДК 504:519.722**

ISBN 978-966-680-861-8

© Л.Д. Пляцук, Т.В. Козуля, Л.Л. Гурець,  
Моїсєєв В.Ф., Аблеєва І.Ю., 2018

© ПФ «Видавництво “Університетська  
книга”», 2018

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>
<b>Частина 1</b>	
<b>ПРИНЦИПИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ З МОДЕЛЮ-</b> <b>ВАННЯ КОРПОРАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ.....</b>	<b>10</b>
<b>Модуль 1.</b> Методична основа і головні завдання дослідження стану і процесів природно-техногенних систем.....	<b>10</b>
<b>1.1.</b> Моніторинг як інформаційна складова системних дослі- джень у вирішенні екологічних проблем.....	<b>11</b>
<b>1.2.</b> Корпоративні системи екологічного управління та інформаційне забезпечення досліджень через моніторинг.....	<b>18</b>
<b>1.3.</b> Природа об’єктів навколишнього середовища та оцінка екологічної якості природно-техногенних комплексів.....	<b>39</b>
1.3.1. Механізми регулювання екологічної якості природно-техногенного середовища .....	<b>41</b>
1.3.2. Синергетична природа об’єктів і процесів техногенно-екологічної безпеки.....	<b>48</b>
1.3.3. Ентропійна основа комплексного оцінювання стану ко- рпоративних систем.....	<b>54</b>
Контрольні питання до модуля 1.....	<b>68</b>
<b>Модуль 2.</b> Термодинамічний підхід: універсальна оцінка яко- сті системних об’єктів.....	<b>70</b>
<b>2.1.</b> Ентропійно-інформаційна оцінка стану системних об’єктів дослідження .....	<b>71</b>
2.1.1. Запровадження функції ентропії для оцінки стану природно-техногенних утворень.....	<b>71</b>
2.1.2. Використання функції ентропії та інформації для харак- теристики системних об’єктів на рівні стану і процесів.....	<b>78</b>
<b>2.2.</b> Ентропійно-негентропійний аналіз «стан – процес – стан» як основа оцінки якості природно-техногенних систем	<b>88</b>
2.2.1. Оцінка динаміки стану природно-техногенних утворень за ентропійною функцією.....	<b>88</b>
2.2.2. Упорядкування систем, ентропійний підхід у регулюванні якості стану природно-техногенних об’єктів.....	<b>100</b>
2.2.3. Термодинаміка у визначенні рівноваги стану об’єктів і	

природних процесів.....	110
2.2.4. Роль законів термодинаміки у визначенні природних процесів регулювання гомеостазу складних систем.....	119
2.2.5. Практика вирішення технічних і екологічних завдань на основі термодинамічного аналізу складних систем.....	137
Практичні завдання до частини 1.....	155
Контрольні питання до модуля 2.....	161
<b>Частина 2</b>	
<b>СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ: ХІМІЧНА ЕКОЛОГІЯ ДО-ВКІЛЛЯ</b>	163
<b>Модуль 3. Дослідження стану об'єктів природного середовища і процесів у них: екологічна складова.....</b>	163
<b>3.1. Хімічна екологія атмосфери, фізико-хімічні процеси в атмосферному повітрі.....</b>	164
3.1.1. Фізико-хімічні властивості повітря.....	165
3.1.2. Радіоактивність, поширення радіонуклідів, процеси за їх участю.....	190
3.1.3. Контроль якості та програмне забезпечення розрахунку розсіювання викидів у атмосферному повітрі.....	199
<b>3.2. Хімічна екологія гідросфери: стан і процеси відновлення антропогенно-навантажених водних систем.....</b>	206
3.2.1. Фізико-хімічні властивості води, процеси у гідроекосистемі.....	206
3.2.2. Основні характеристики забруднення водних ресурсів, складу технічної і стічної води .....	223
<b>3.3. Хімічна екологія ґрунтів як природно-техногенної системи, особливості фізико-хімічних процесів у ґрунтах.....</b>	238
3.3.1. Природні та природно-техногенні ґрунти: властивості та хімічні перетворення в них.....	238
3.3.2. Особливості забруднення територій природно-техногенних комплексів.....	246
3.3.3. Теоретично-практичні аспекти дослідження геохімічно-трансформаційної міграції поллютантів у ґрунті .....	252
Практичні завдання до модуля.....	272
Контрольні питання до модуля 3.....	285

<b>Модуль 4. Оцінка техногенного впливу і нормування навантаження на навколишнє середовище.....</b>	<b>288</b>
<b>4.1. Нормування як важливий елемент регулювання якості природного середовища.....</b>	<b>289</b>
4.1.1. Концептуальні основи екологічного нормування.	291
4.1.2. Базові аспекти нормування.....	294
4.1.3. Науково-теоретична та метрологічна база екологічного нормування.....	295
<b>4.2. Методичне забезпечення і структура державної системи екологічного нормування.....</b>	<b>298</b>
<b>4.3. Концептуальні основи розроблення нормативної бази охорони навколишнього середовища. Оцінка рівня екологічного нормування. Нормування в агропромисловому комплексі.....</b>	<b>308</b>
<b>4.4. Екологічні норми, вимоги безпеки та еколого-економічні механізми регулювання техногенних впливів .....</b>	<b>316</b>
<b>4.5. Нормативна база охорони атмосферного повітря, еколого-економічні механізми екологічного управління.....</b>	<b>334</b>
4.5.1. Характеристика забруднення антропогенними джерелами атмосфери .....	334
4.5.2. Методичне забезпечення розрахунку рівня забруднення повітря техногенними викидами.....	342
4.5.3. Регулювання техногенного впливу на атмосферне повітря, економічні засоби екологічного управління: дозволи, ліміти.....	354
<b>4.6. Основні положення нормування техногенного впливу на природні водні об'єкти.....</b>	<b>368</b>
4.6.1. Економіко-екологічна оцінка якості водного середовища, нормування якості поверхневих вод.....	368
4.6.2. Охорона водних об'єктів при скиданні зворотних (стічних) вод і різних видах господарської діяльності.....	372
4.6.3. Методичні й організаційні основи встановлення та виконання гранично допустимого скиду речовин.....	377
<b>4.7. Розроблення, обґрунтування та контролювання робіт з нормування навантаження на довкілля при утворенні відходів.....</b>	<b>386</b>
<b>4.8. Сучасні напрямки екологізації діяльності та технології «зеленого комп'ютера».....</b>	<b>401</b>

Практичні завдання до модуля 4.....	416
Контрольні питання до модуля 4.....	420
Приклади індивідуального завдання до курсу «Екологія».....	423
<b>СЛОВНИК СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ</b> .....	443
<b>ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....	448
<b>СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	451
<b>СПИСОК ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	458

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВВП	валовий внутрішній продукт
ВОЗ	всесвітня організація здоров'я
ГДВ	гранично допустимий викид
ГДР	гранично допустимий рівень
ГДС	гранично допустимий скид
ГК	громадський контроль
ЕЕ	екологічна експертиза
ЕК	екологічний контроль
ЕМ	екологічний моніторинг
ЕО	екологічна оцінка
ЕП	екологічна паспортизація
ЕПС	екологічна природна система
ЕС	економічна система
ЗР	забруднювальна речовина
КЕМ	корпоративний екологічний менеджмент
КМУ	кабінет міністрів України
НПС	навколишнє природне середовище
НС	навколишнє середовище
ОВНС	оцінка впливу на навколишнє середовище
ОНС	охорона навколишнього середовища
ПЗ	програмне забезпечення
ПТГС	природно-техногенна геосистема
СППР	система підтримання прийняття рішення
СС	соціальна система
ТЕС	теплові електростанції
ТХД ЗАШ	процеси термохімічної деструкції зношених автомобільних шин
ХЗЗР	хімічні засоби захисту рослин

## ВСТУП

Сталий розвиток потребує поєднання, гармонізації двох начал – динамічного розвитку людства, «запрограмованого» на поліпшення свого становища, та природного середовища, яке залежно від сукупних дій людей може набувати різних станів – від прийнятних до неприйнятних. Збереження екологічної безпеки населення та навколишнього середовища в умовах господарської діяльності – складна соціально-економічна проблема, вирішення якої залежить від характеру взаємодії економічних, соціальних та екологічних чинників. Встановлення оптимальних зв'язків між сферою техногенезу, зростанням темпів його розвитку та станом навколишнього природного середовища (НПС) в умовах впливу зовнішніх техногенних факторів здійснюється на базі соціально-еколого-економічних моделей у системі екологічного моніторингу й управління [1–6].

Оцінка екологічної якості та безпечності передбачає:

- оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС);
- екологічну експертизу;
- оцінку екологічних ризиків;
- оцінку економічного збитку від впливу на середовище;
- оцінку програм з охорони навколишнього середовища (природоохоронних заходів) (Міжнародний банк реконструкції та розвитку (МБРР) і Міжнародна асоціація розвитку (МАР)).

З огляду на сучасні екологічні проблеми, більшою мірою пов'язані з відсутністю гармонійного функціонування та розвитку екологічної, соціальної й економічної систем як єдиного цілого, необхідність розроблення теоретично-практичних засад для прийняття екологічного управлінського рішення у підручнику запропоновано нову концепцію корпоративної екологічної системи (КЕС) з метою дослідження складної соціально-еколого-економічної системи.

Теоретичну базу для розроблення структури, визначення механізмів функціонування КЕС становлять положення термодинаміки і синергетики. Докладний аналіз класичних уявлень щодо функціонування природних екосистем, процесів і явищ обумовив необхідність не просто



враховувати зовнішній антропогенний вплив на розвиток цих систем, а й визнати тісний зв'язок між розвитком екосистем і соціально-економічного середовища, тобто сприйняття їх як єдиного цілого.

Аналіз наукових підходів щодо вивчення механізмів функціонування природних систем (ч. 1, модуль 1), особливостей саморегулювання і самовідновлення екосистем в умовах техногенезу дозволив дійти висновку щодо необхідності й доцільності формування корпоративного підходу з метою впровадження в інформаційну складову системного аналізу цілісної соціально-еколого-економічної системи як корпоративної екологічної системи – концепція КЕС (структура аналітичної системи, заснованої на систем-системному (корпоративному) підході дослідження складних природно-техногенних об'єктів, який містить сучасні положення термодинамічної теорії рівноваги і синергетики, ризик-аналіз як основу вирішення практичних завдань у межах техногенної безпеки, корпоративного екологічного менеджменту).

Можливості концепції системного аналізу складних об'єктних утворень з позицій екологізації життя пов'язані з сучасними тенденціями розширенням інформаційної складової системних досліджень щодо розв'язання завдань управління якістю природного середовища (дослідження процесів саморегулювання в ґрунтах: міграція і трансформація); нормування якості природного середовища як основи здоров'я населення – еколого-гігієнічне нормування (ч. 2).

Сучасні напрямки розвитку екології вимагають запровадження інформаційних технологій у різні галузі цієї сфери діяльності. Саме цим питанням у підручнику приділено окрему увагу: SMART-технології, озеленення виробництва, зелені інформаційні технології, технології «зеленого комп'ютера» тощо (ч. 2).

Підручник є результатом багаторічної роботи авторів у галузі хімічної екології, практичних робіт у дослідженні фізико-хімічних механізмів функціонування складних природних систем, а саме: ґрунтів у НТК «Інститут монокристалів» НАН України. Призначений для викладання магістерських навчальних дисциплін «Оптимізація систем моніторингу», «Корпоративні екологічні системи» і окремих тем «Екологія» для студентів технічних спеціальностей закладів вищої освіти (ЗВО).

**Частина 1**  
**ПРИНЦИПИ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО МОДЕЛЮВАННЯ**  
**КОРПОРАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**МОДУЛЬ 1. Методична основа і головні завдання дослідження стану та процесів природно-техногенних систем**

Нова парадигма екологічного управління стосовно вирішення завдань екологічної безпеки ґрунтується на принципі сталого розвитку (СР) і приходить на зміну «адитивному» врахуванню екологічних проблем початкового етапу корпоративного екологічного менеджменту (КЕМ) [1]. Екологічні проблеми розуміються як наслідок стилю життя суспільства в цілому: обмеження техногенних емісій і випуск екологічно безпечної продукції, розумна раціональність та екологічна доцільність споживання.

Неврахування будь-якої складової управління – екологічної, соціальної або економічної – зумовлює незбалансованості подання цих систем у більш складних об'єктах, і, як наслідок, – до неможливості управлінням досягти сталого соціально-еколого-економічного розвитку взагалі. Кожна система характеризується своїми властивостями, тому об'єкт екологічної безпеки запропоновано подати як систем-системне утворення й урахувати для прийняття рішення особливості еволюційного розвитку кожної складової соціально-еколого-економічної системи.

Суттєвим недоліком корпоративного екологічного управління в наш час вважається методологія оцінки екологічності на підставі порівняння наслідків діяльності корпорації з експериментально встановленими нормативами безпеки, інформаційно-контрольний механізм дотримання нормативів як основа оцінки стану життєвого циклу продукції [2].

Для уникнення цих недоліків для інтегративної екологічної системи управління за концепцією СР пропонується, по-перше, подання об'єкта дослідження у вигляді моделі оцінки комплексної екологічності територіально-об'єктних систем (модель КЕС); по-друге, розроблення системи екологічного управління (КСЕУ) з урахуванням принципів корпоративності при застосуванні екологічного менеджменту. По-третє, розвиток системи моніторингу як інформаційної бази реалізації методології комплексної оцінки екологічності на основі відповідності якості системних об'єктів за даними імовірісно-ентропійного аналізу.

## **1.1. Моніторинг як інформаційна складова системних досліджень у вирішенні екологічних проблем**

*Основні сучасні тенденції розвитку екологічного моніторингу. Системний рівень досліджень складних природно-техногенних геосистем. Екологічні завдання відповідно до концепції сталого розвитку, концепції екологічної політики України*

Вирішення екологічних проблем сьогодні є складним завданням для всіх країн. Важливою проблемою в цьому аспекті є економічні труднощі. Це, у свою чергу, породжує такі негативні явища в екології, як антропоцентризм, прийняття економічно вигідного, а не екологічно оптимального рішення. Вважається неправильним на цей час прийняття рішення щодо більш-менш стійкої стабілізації стану, процесів і взаємодій в екологічній системі без урахування ситуації, що склалася в соціальній та економічній системах. Ці системи суттєво пов'язані між собою, і, як показав досвід створення системи екологічного управління, вирішення проблем тільки суто екологічних систем не дає довгострокових оптимальних результатів. Надалі головним у системі екологічного моніторингу постає завдання створення системи екологічного управління на глобальному рівні, яка була б пов'язана з новою системою прийняття управлінського рішення і спрямована на гармонізацію взаємодії і сталого рівноважного розвитку трьох систем – природної (екологічної), соціальної, економічної.

Поняття моніторингу навколишнього середовища вперше було запропоновано професором Р. Манном на Стокгольмській конференції ООН з навколишнього середовища в 1972 р. і сьогодні дістало міжнародного поширення й визнання.

Під моніторингом навколишнього середовища розуміють систему повторних спостережень одного й більше елементів навколишнього природного середовища в просторі й у часі з певною метою відповідно до заздалегідь підготовленої програми. Однак незабаром стало зрозуміло, що таке визначення звужує рамки змісту моніторингу й не дозволяє в усій повноті розкрити його мету й завдання.

У Росії одним із перших теорію моніторингу навколишнього середовища став розробляти Ю.О. Израель [3].

Уточнюючи визначення моніторингу навколишнього середовища, ним зроблено акцент не тільки на спостереженні, а й на прогнозуванні,

взявши до уваги антропогенний фактор як основну причину передбачених змін. Отже, моніторинг навколишнього середовища – це система спостережень, оцінки й прогнозу антропогенних змін стану навколишнього природного середовища й управління якістю середовища (рис. 1.1).

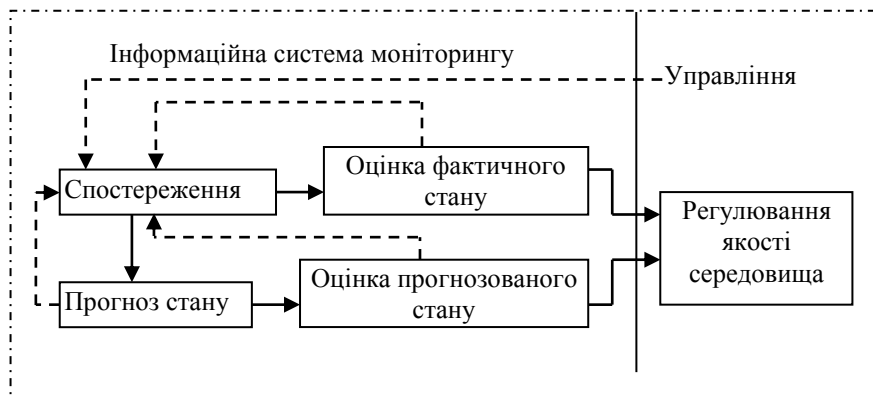


Рисунок 1.1 – Блок-схема системи моніторингу

Одна з перших оглядових класифікацій систем і підсистем моніторингу різних типів була складена на початку 1970-х рр. Ю.О. Ізраєлем [3]. Системи моніторингу можуть поділятися за різними ознаками:

- 1) просторовим охопленням;
- 2) об'єктом спостереження (абіотична компонента: атмосферне повітря, води суші й морів, ґрунти, геологічне середовище; біотична компонента: рослинний і тваринний світ, жива природа на охоронних природних територіях, людина; фізичні фактори впливу: іонізуюче випромінювання, електромагнітне і теплове випромінювання, шуми, вібрація);
- 3) методами (прямий інструментальний вимір, дистанційна зйомка, непряма індикація, опитування, щоденникові спостереження);
- 4) ступенем відносин ефекту й процесу, за яких ведуться спостереження;
- 5) типом впливу (геофізичний, біологічний, медико-географічний, соціально-економічний, суспільний);
- 6) метою (визначення сучасного стану середовища, дослідження явищ, оцінка й градування моделей навколишнього середовища, короткотерміновий прогноз, довгострокові висновки, оптимізація й підвищення