



Затверджено Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України для використання
у вищих навчальних закладах

ЕКОЛОГІЯ

Базовий підручник
для студентів
вищих навчальних закладів



УДК 504
ББК 28.081
Е45

Затверджено Міністерством освіти і науки
України як підручник для студентів
вищих навчальних закладів
(Лист № 1/11—11406 від 12.07.2013)

Громадська рада:

*В. С. Бакіров, Ю. Я. Бобало, А. Г. Величко, В. В. Грабко,
Л. В. Губерський, І. М. Коваль, М. О. Крижанівський,
П. М. Куліков, А. А. Мазаракі, О. А. Мінаєв, М. В. Поляков,
Д. В. Табачник (голова), В. Я. Тацій, Ю. В. Холін (відповідальний
секретар), С. М. Шкарлет*

Рекомендовано до друку:

Рішенням Вченої ради
Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара
(протокол № 11 від 24 травня 2013 р.)

Рецензенти:

І. Г. Ємельянов,
чл.-кор. НАН України, д-р біол. наук, професор;
М. Ю. Євтушенко,
чл.-кор. НАН України, д-р біол. наук, професор;
В. І. Парпан,
д-р біол. наук, професор, завідувач кафедри біоекології
Прикарпатського національного університету гірського лісівництва
ім. П. С. Пастернака

Авторський колектив:

Ю. П. Бобильов, В. В. Бригадиренко, В. Л. Булахов,
В. А. Гайченко, В. Я. Гасо, Я. П. Дідух, А. В. Івашов,
В. П. Кучерявий, М. С. Мальований, Л. П. Мищик,
О. Є. Пахомов, Й. В. Царик, Д. А. Шабанов

За загальною редакцією
О. Є. Пахомова

Художник-оформлювач
Г. В. Кісель

ISBN 978-966-03-6619-0

© Колектив авторів, 2014
© Г. В. Кісель, художнє оформлення,
2014

Е 45 **Екологія:** підручник для студентів вищих навчальних закладів / кол. авторів; за загальною ред. О. Є. Пахомова; худож.-оформлювач Г. В. Кісель. — Харків: Фоліо, 2014. — 666 с.

ISBN 978-966-03-6619-0.

У підручнику розглядаються основні етапи становлення екології як науки, простежено закономірності утворення екологічних систем, охарактеризовано взаємини живих організмів із середовищем їх існування, визначено фундаментальні екологічні питання. Біосферу в цілому представлено як єдине, цілісне утворення, яке перебуває під інтенсивним впливом людини. Викладено сучасні уявлення про механізми та наслідки деградації екологічних систем, накреслено шляхи збереження біологічного та ландшафтного різноманіття окремих екосистем та біосфери в цілому.

Для студентів вищих навчальних закладів, а також для підготовки та підвищення кваліфікації керівників підприємств і організацій, спеціалістів у галузі охорони навколишнього середовища.

УДК 504
ББК 28.081

ЗМІСТ

Вступ	10
-------------	----

Частина перша КЛАСИЧНА ЕКОЛОГІЯ

<i>Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ</i>	17
1.1. Визначення екології та її основні поняття	17
1.2. Предмет і об'єкт дослідження, структура екології	19
1.3. Методи екологічних досліджень	24
1.4. Основні проблеми та наукові напрямки сучасної екології	27
<i>Розділ 2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЇ</i>	32
2.1. Основні етапи становлення екології як науки	32
2.2. Передумови формування екології як науки	35
2.2.1. Доісторичний етап	35
2.2.2. Античний етап	39
2.2.3. Відродження	43
2.3. Напрямки розвитку екології	46
2.3.1. Редукціоністський напрямок	46
2.3.2. Холістичний напрямок	55
2.3.3. Функціональний напрямок	59
<i>Розділ 3. АУТЕКОЛОГІЯ</i>	67
3.1. Організм і середовище	68
3.1.1. Екологічні чинники	68
3.1.2. Адаптації	69
3.1.3. Закономірності впливу екологічних чинників	71
3.2. Екологічна ніша	74
3.2.1. Історичний розвиток поняття екологічної ніші	74
3.2.2. Розмірність ніш і оцінка їх перекриття	77
3.2.3. Спеціалізація ніш	79
3.2.4. Структуризація еконіш	81
3.3. Загальні принципи адаптації	83
3.3.1. Типи пристосування	83
3.3.2. Правило оптимуму	84
3.3.3. Комплексний вплив чинників	85
3.3.4. Лімітуючі фактори. Правило мінімуму	88
3.3.5. Правило двох рівнів адаптації	89
3.3.6. Принципи екологічної класифікації організмів	91
3.3.7. Активна життєдіяльність і спокій	93
3.4. Найважливіші абіотичні фактори та адаптації до них	95

3.4.1.	Тепло	95
3.4.2.	Світло	108
3.4.3.	Водне середовище	118
3.4.4.	Наземно-повітряне середовище життя	126
3.4.5.	Ґрунт і рельєф	128
3.4.6.	Погодні та кліматичні особливості наземно-повітряного середовища	136
<i>Розділ 4. ДЕМЕКООЛОГІЯ (ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ)</i>		
4.1.	Поняття популяції	145
4.2.	Структура популяції	148
4.2.1.	Популяційний ареал	148
4.2.2.	Кількість особин	149
4.2.3.	Щільність популяції	150
4.2.4.	Вікова структура	150
4.2.5.	Статева структура	151
4.2.6.	Просторова структура	152
4.2.7.	Віталітетна структура	155
4.2.8.	Етологічна структура	155
4.3.	Динаміка популяцій	156
4.3.1.	Динаміка чисельності	156
4.3.2.	Експоненційне та логістичне зростання чисельності популяції	156
4.3.3.	Виживання популяції	158
4.3.4.	Швидкість відновлення популяції	160
4.3.5.	Обмежувальні чинники зростання популяції	160
4.3.6.	Причини вимирання популяцій	161
4.3.7.	Уявлення про стратегію популяцій	163
4.4.	Керування популяціями та їх життєздатність	166
4.4.1.	Життєздатність популяцій	166
4.4.2.	Керування популяціями	167
4.4.3.	Охорона популяцій	168
4.4.4.	Експлуатація промислових популяцій	170
4.4.5.	Моніторинг популяцій	172
4.5.	Типи взаємодії між популяціями	174
4.5.1.	Модель Лотки—Вольтерра	174
4.5.2.	Класифікація відносин між популяціями	175
4.5.3.	Мутуалізм	179
4.5.4.	Протокооперація	181
4.5.5.	Коменсалізм	182
4.5.6.	Різноманітність форм експлуатації	183
4.5.7.	Хижацтво	185
4.5.8.	Паразитизм	191
4.5.9.	Конкуренція і правило Гаузе	194
4.5.10.	Аменсалізм і нейтралізм	197
<i>Розділ 5. ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ</i>		
5.1.	Системний підхід в екології	203
5.1.1.	Система. Загальні визначення	203
5.1.2.	Складна система	204
5.1.3.	Екосистема — основний об'єкт екології	206

5.2.	Різноманіття живих систем	207
5.2.1.	Роль живої речовини в утворенні середовища існування	207
5.2.2.	Біосфера як цілісна система	210
5.2.3.	Різноманітність форм життя та біогенний кругообіг	211
5.2.4.	Рівні організації живої матерії	215
5.3.	Екологія угруповань (синекологія) та екосистемологія	219
5.3.1.	Регуляція біосистем	219
5.3.2.	Екосистеми та біогеоценози	221
5.3.3.	Компоненти екосистем	222
5.3.4.	Природа та характеристики угруповань	223
5.3.5.	Екологічний баланс	225
5.4.	Консорції як елементарні екосистеми	227
5.4.1.	Історія виникнення і розвитку вчення про консорції	227
5.4.2.	Індивідуальна консорція як елементарна екологічна система та загальнобіологічне явище	232
5.4.3.	Роль генетичного фактора в консорційних зв'язках	234
5.4.4.	Гетеротрофні консорції	238
<i>Розділ 6. ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ</i>		246
6.1.	Роль кліматопу у функціонуванні екосистем	247
6.1.1.	Загальні особливості кліматопу	247
6.1.2.	Сонячна радіація	248
6.1.3.	Газовий склад атмосфери та роль її складових у біосфері	250
6.1.4.	Вологість атмосфери	251
6.1.5.	Рух атмосфери	252
6.1.6.	Атмосферні опади	252
6.2.	Функціональна роль ґрунту та підстилки	253
6.3.	Функціональна роль гідросфери	257
6.4.	Роль фітоценозу в екосистемах	263
6.4.1.	Роль фітоценозу у наземних екосистемах	263
6.4.2.	Роль фітоценозу у водних екосистемах	266
6.5.	Роль мікробоценозу в екосистемах	269
6.5.1.	Роль бактерій у наземних екосистемах	269
6.5.2.	Роль бактерій у водних екосистемах	279
6.6.	Функціональна роль зооценозу в екосистемах	283
6.6.1.	Продукційна роль тварин	283
<i>Розділ 7. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ</i>		303
7.1.	Класифікація екосистем	304
7.2.	Класифікація біомів	309
7.2.1.	Визначення біома	309
7.2.2.	Наземні біоми	309
7.2.3.	Прісноводні біоми	311
7.2.4.	Морські біоми	312

7.3.	Лісові екосистеми	312
7.3.1.	Загальні риси лісів	312
7.3.2.	Вічнозелені дощові тропічні ліси	313
7.3.3.	Неморальні ліси	317
7.3.4.	Хвойні ліси	322
7.4.	Трав'яні типи екосистем	325
7.4.1.	Степи, прерії	325
7.4.2.	Лучні екосистеми	330
7.5.	Болотні екосистеми	333

Частина друга
ПРИКЛАДНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ ЛЮДИНИ

<i>Розділ 8.</i>	ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛЮДИНИ	341
8.1.	Людина та тварини	341
8.2.	Унікальні екологічні особливості людини	346
8.2.1.	Глобальність (обмін ресурсами між популяціями)	346
8.2.2.	Використання викопної первинної продукції	347
8.2.3.	Використання атомної енергії	347
8.2.4.	Залежність від вичерпних невідновних ресурсів	349
8.2.5.	Створення техносфери як головного споживача ресурсів	350
8.2.6.	Штучні біогеоценози — агросистеми, що субсидуються енергією з невідновних джерел	352
8.3.	Біологічні особливості людини	354
8.4.	Культурне успадкування	356
8.5.	Екологічна криза сучасності	361
8.6.	Демографічний вибух	364
8.7.	Демографічний перехід	368
8.8.	Чи можна обмежити чисельність населення Землі?	374
8.9.	Екоконверсія	378
<i>Розділ 9.</i>	АГРОЕКОЛОГІЯ	382
9.1.	Агроекологія як окремий розділ екології	382
9.2.	Основні екологічні проблеми сучасного землеробства	383
9.3.	Шляхи вирішення екологічних проблем сільського господарства	388
9.4.	Боротьба зі шкідниками	393
<i>Розділ 10.</i>	ВПЛИВ ПРОМИСЛОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА СЕРЕДОВИЩЕ	400
10.1.	Головні типи промислових виробництв, їхня характеристика	400
10.1.1.	Теплові (ТЕС) та атомні (АЕС) електростанції	400
10.1.2.	Гірничодобувна промисловість	404
10.1.3.	Хімічна промисловість	407

10.1.4.	Металургійна промисловість	411
10.1.5.	Машинобудівний комплекс	414
10.1.6.	Транспорт і довкілля	417
10.2.	Забруднення біосфери та екосистем	420
10.2.1.	Забруднення атмосфери	421
10.2.2.	Забруднення гідросфери	424
10.2.3.	Забруднення ґрунту	427
10.2.4.	Біозабруднення екосистем	429
10.3.	Міграція інгредієнтів забруднення в екосистемах і організмах	432
10.4.	Вплив забруднення довкілля на популяції та екосистеми	435
10.4.1.	Вплив забруднення довкілля на природні популяції	435
10.4.2.	Вплив забруднення довкілля на біогеоценози	443
10.5.	Головні заходи забезпечення та знешкодження техногенного впливу на екосистеми (загальна оптимізація довкілля в індустріальних регіонах)	446
10.5.1.	Екологізація виробництва	446
10.5.2.	Очищення промислових викидів в атмосферу	449
10.5.3.	Очищення промислових стоків	451
10.5.4.	Екологічні заходи з оптимізації відпрацьованих земель і трансформованих екосистем	453
10.6.	Засоби зберігаючої технології у виробництві	456
10.6.1.	Агрономічні засоби зберігаючого обробітку земель	456
10.6.2.	Зоотехнічні засоби попередження забруднення середовища	458
10.6.3.	Технологічні засоби у промисловому виробництві — запорука збереження природного середовища (екологічно чисте виробництво)	460
Розділ 11. УРБООКОЛОГІЯ		466
11.1.	Об'єкт і предмет урбоекологічних досліджень	466
11.2.	Природно-просторові ресурси міста	467
11.3.	Місто як соціально-екологічна система	478
11.4.	Міські біогеоценози	486
11.5.	Градентна ординація біогеоценотичного покриву міста	491
11.6.	Місто як гетеротрофна екосистема	510
11.7.	«Здоров'я» міської екосистеми	518
11.8.	Криптоіндикаційна оцінка середовища (оцінка із застосуванням криптофітів)	530
Розділ 12. ОПТИМАЛЬНЕ КОРИСТУВАННЯ ЕКОСИСТЕМАМИ ТА ЇХНІМИ КОМПОНЕНТАМИ		540
12.1.	Природокористування як наука	540
12.1.1.	Визначення природокористування	540
12.1.2.	Види природокористування	542

12.1.3.	Природні ресурси та природні умови	546
12.1.4.	Економічна оцінка природоресурсного потенціалу	548
12.1.5.	Оцінка паливно-енергетичного ресурсу України	550
12.1.6.	Нестача природних ресурсів	553
12.1.7.	Забезпечення екологічно збалансованого природокористування в Україні	555
12.2.	Рациональне використання природних ресурсів	556
12.2.1.	Рослинні природні ресурси, їх використання, відтворення та збереження	557
12.2.2.	Тваринні природні ресурси, їх використання, відтворення та збереження	560
12.2.3.	Поняття про обсяги та порядок вилучення живих природних об'єктів	564
12.2.4.	Охорона ґрунтів і заходи боротьби з ерозією	565
12.2.5.	Рациональне використання надр землі	568
12.3.	Експертна оцінка впливу проектованої та здійснюваної антропогенної діяльності на довкілля	571
12.3.1.	Правові та нормативні основи експертної оцінки впливу проектованої та здійснюваної антропогенної діяльності на довкілля	572
12.3.2.	Оцінка впливу проектованої (ОВНС) та здійснюваної (НЕЕО) антропогенної діяльності на компоненти довкілля	574
12.3.3.	Оцінка впливу на довкілля за допомогою екологічного ризику	578
12.3.4.	Особливості розробки та передачі на експертизу ОВНС та НЕЕО	581
12.3.5.	Порядок і послідовність проведення екологічної експертизи впливу проектованої та здійснюваної антропогенної діяльності на довкілля	583
12.4.	Економічні аспекти природокористування	585
12.4.1.	Оцінка природних ресурсів	586
12.4.2.	Економічна оцінка екологічних збитків від забруднення	588
12.4.3.	Еколого-економічна оцінка інвестицій	589
12.4.4.	Економічні механізми охорони навколишнього середовища	591
12.5.	Правові аспекти впливу діяльності людини на середовище	593
12.5.1.	Екологічна стандартизація	594
12.5.2.	Екологічна сертифікація	595
12.5.3.	Екологічне нормування	597
12.5.4.	Ліцензування екологічно значимої діяльності	599
12.5.5.	Екологічний контроль і моніторинг	601
12.5.6.	Екологічний аудит	602

12.5.7.	Управління в галузі охорони навколишнього середовища	604
12.5.8.	Державне управління	606
<i>Розділ 13. ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА</i> . 614		
13.1.	Головні напрямки збереження природного середовища	614
13.1.1.	Сучасний стан біологічного та ландшафтного різноманіття України	615
13.1.2.	Охорона біорізноманіття як основа для збереження функцій екосистеми	616
13.1.3.	Система заповідних об'єктів як засіб збереження природи	619
13.1.4.	Рекультивация, ремедіация та заповідання відпрацьованих земель	622
13.1.5.	Території та об'єкти природно-заповідного фонду як елементи національної екомережі	625
13.2.	Глобальні екологічні проблеми і стан навколишнього середовища в Україні	629
13.2.1.	Програма Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища	629
13.2.2.	Стан глобального навколишнього середовища	629
13.2.3.	Антропогенне та техногенне навантаження на навколишнє середовище в Україні	642
13.3.	Міжнародні та державні програми і законодавчі акти в галузі збереження середовища та раціонального використання природних ресурсів	645
13.3.1.	Міжнародні програми та постанови про збереження природних ресурсів	646
13.3.2.	Законодавчі акти України про збереження природи	650
13.3.3.	Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року	654
13.4.	Сталий розвиток і його забезпечення	657
13.4.1.	Концепція сталого розвитку, цілі та завдання	657
13.4.2.	Забезпечення умов переходу України на засади сталого розвитку	660

ВСТУП

Сьогодні багато екосистем, які підтримують життєдіяльність людства, знаходяться у критичному стані і продовжують деградувати під дією антропогенного преса. Біологічні та інші ресурси виснажені, й існує реальна загроза, що в найближчому майбутньому ми можемо залишитися без води і їжі.

Люди, об'єднаймося ж у наших думках, словах і, головне, в діях перед грізними глобальними викликами нашого часу, щоб вижити і процвітати разом із природою!

Нині з екологією як наукою в пострадянських країнах склалася неоднозначна ситуація. Як, мабуть, у жодній із відомих наук, її зміст викликає найбільші суперечки та розбіжності, причому як серед учених найрізноманітніших напрямків, так і серед широкої громадськості.

Сьогодні «екологія» — одне з найпопулярніших слів, яке «у всіх на вустах». Про неї говорять вчені й політики, домогосподарки й підприємці. Часто доводиться чути про «погану» та «добру» екологію міста, району і навіть хімічного підприємства або якогось транспорту. У державному устрої України є навіть міністерство з назвою цієї науки. Таке використання слова «екологія» неправильне. *Екологія — перш за все наука про живе та взаємодію його з навколишнім середовищем.* Ставити ж навколишнє середовище на чільне місце абсолютно неправильно, бо розгляд одного лише середовища без живих організмів, популяцій, угруповань і екосистем, і без людини у тому числі, просто втрачає будь-який сенс. Тому правильно говорити не про погану чи добру екологію, а про сприятливе чи несприятливе для людини або інших живих організмів навколишнє середовище. Або, на крайній випадок, застосовувати словосполучення «несприятлива екологічна ситуація» у тому чи іншому регіоні, області тощо. Хоча і таке тлумачення не використовується у більшості країн світу, у тому числі й у країнах Європейської спільноти, до якої ми прагнемо приєднатися.

Отже, чому?

Ще у 1866 році німецький вчений, зоолог Ернст Геккель уперше дав визначення *екології як науки, що вивчає взаємини організму з навколишнім середовищем*. Надалі, вже на початку ХХ століття, у відомому підручнику російського вченого Д. М. Кашкарова (1933) йдеться про екологію як про науку, що вивчає не тільки організми окремих видів, а й *взаємини різних видів у угрупованнях*. Таким чином, екологія отримала перше розширення свого змісту.

Одночасно дослідники багатьох груп організмів дійшли висновку про те, що *екологічна наука повинна вивчати не тільки окремі організми, а й їх сукупності, що відносяться до одного виду*. Інтерес до таких досліджень підігрівався уявленнями еволюціоністів про те, що нові види виникають у «надрах» популяцій, під дією природного добору, а отже, екологічні фактори та їхній вплив на організми — центральний момент у цьому вивченні. Таким чином, до екології додалася нова галузь: *екологія популяцій*, або *демекологія*. Приблизно в 1970-ті роки до неї увійшов остаточно сформований розділ «*Екологія угруповань*», що знайшов своє місце у фундаментальній праці з екології, написаній Ю. Одумом (1971, у перекладі російською — 1975). У ній автор також виклав основи останнього розділу класичної екології — вчення про екосистеми, яке пізніше отримало назву «*Екосистемологія*» (Голубець, 2000). Слід зазначити, що, як і інші розділи, екосистемологія має набагато більш ранні витоки. Ще у 1935 році англійський ботанік А. Тенслі, а в 1940 році радянський геоботанік та еколог В. М. Сукачов прийшли до розуміння єдності, що виникає внаслідок взаємодії угруповання живих організмів і неживих тіл навколишнього середовища. А. Тенслі назвав таку єдність екосистемою, а В. М. Сукачов — біогеоценозом. Доповнення вчення про екосистеми як останньої та найвищої ланки у «вертикальному сходженні» екології деякі вчені трактують як те, що екосистема і є той самий специфічний і не порушений ніякою іншою наукою об'єкт, який належить лише екології. У відомому підручнику «Екологія» (1980) В. Д. Федорова та Т. Г. Гільманова — викладачів Московського державного університету ім. М. Ломоносова — прямо вказується на це, у той час як інші, більш ранні розділи екології віднесені до другорядних.

Деякі підсумки щодо структури екології, яка вималювалася до кінця минулого століття, відображено у вигляді узагальненої ієрархічної пірамідальної структури на рис. 1.

На цьому рисунку видно, що в основі такої піраміди лежать організми різних видів, які належать до їх головних груп:

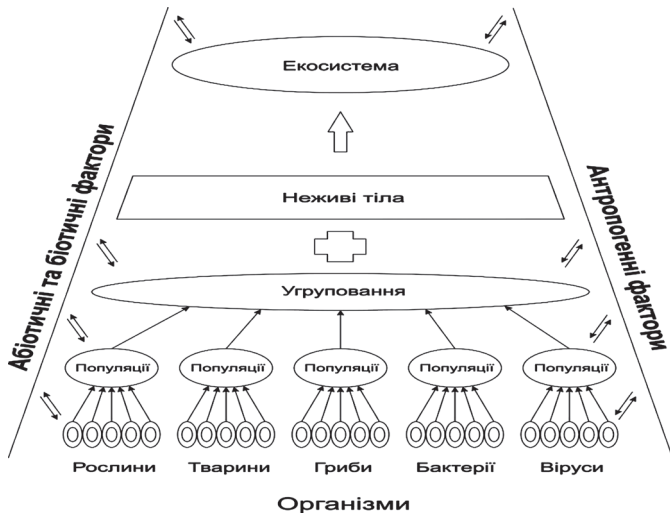


Рис. 1. Загальна схема ієрархічної піраміди біологічних систем над-організмного рівня інтеграції та фактори навколишнього середовища (Івашов, 2011)

рослин, тварин, грибів, бактерій з архебактеріями і вірусів. Також можна бачити, що *взаємодії організмів одного виду між собою (по горизонталі) формують нову структуру по вертикалі — популяції, а взаємодії між популяціями різних видів (по горизонталі) формують нову структуру по вертикалі — угруповання (біоценоз). І останній рівень по вертикалі — екосистемний — виникає як результат взаємодії угруповання з неживими тілами, які разом знаходяться на певній території.*

Таким чином, чотири типи біологічних систем, що відносяться до чотирьох найвищих рівнів інтеграції життя на планеті, і є основними об'єктами екології. Предметом же вивчення цих об'єктів можуть бути їх структура, механізми функціонування та підтримання стійкості (адаптації) за дії широкого спектра факторів навколишнього середовища, від локального типу (діють на організми) до глобального (діють на великі екосистеми та біосферу).

Усе вищевикладене дозволяє дати коротке визначення екології як *науки про взаємодію біологічних систем надорганізмного рівня із навколишнім середовищем.*

Отже, приблизно до 1970-х років сформувалася перша частина екології з усіма її структурними рівнями та відповідними розділами. Не важко здогадатися, що всю її можна розглядати як одну з галузей біології, оскільки вона стосується біологічних процесів.

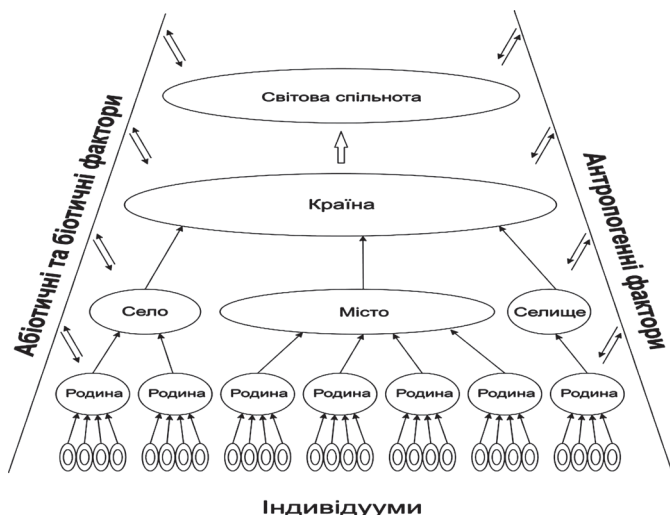


Рис. 2. Загальна схема ієрархічної піраміди людського соціуму та фактори навколишнього середовища (Івашов, 2011)

Однак разом з описаним вище процесом розширення «по вертикалі» відбувався й інший процес — розширення «по горизонталі». Він був пов'язаний зі стрімким зростанням чисельності населення на нашій планеті в останні кілька десятиліть, з колосальним зростанням середовищетвірного впливу тільки одного виду — *Homo sapiens*. На жаль, зростання чисельності людства і його господарської діяльності супроводжується руйнуванням природних екосистем і забрудненням навколишнього середовища в глобальних масштабах. **Чинники людської діяльності, або антропогенні фактори**, стали головними на нашій планеті. Характерним є те, що вони діють як на природні системи, так і на саму людину і людство в цілому, що схематично відображено на рис. 2.

Таким чином, формування другої частини екології пов'язано з тим, що *Homo sapiens*, як найактивніший компонент у біосфері Землі, є наразі основним і найбільш потужним фактором, що впливає на біосистеми всіх рівнів інтеграції. Водночас руйнування і забруднення природного середовища внаслідок господарської діяльності стало однією з найважливіших проблем, а **гармонізація взаємовідносин природи і людства фігурує як основне завдання цієї частини екології**.

Вже у 1970-ті роки кількість публікацій за цією тематикою зростала за експонентою. Добре відомо, що визнані

«галузі» науки завжди повинні мати хоча б у загальних рисах і визнані межі. Щодо екології ці межі з часом стали практично не визначеними. І це, мабуть, тому, що будь-яка діяльність людини тією чи іншою мірою стосується місця існування самої людини. Таке безмежне розширення екології викликало природну негативну реакцію деяких екологів і, як наслідок, спробу зупинити безрозмірне розростання предмета екології. Компромісу було досягнуто 1972 року, коли після *Стокгольмської конференції ООН з охорони довкілля відбулося фактичне розмежування екології як біологічної науки з охороною навколишнього середовища, яка в закордонному (англомовному) варіанті отримала назву «інвайронментологія».* Українським аналогом цього слова є «середовищезнавство». Тоді ж започатковано *міжнародне екологічне право* та виникла нова галузь — *соціоекологія*.

Зазначимо, що у нашій країні такого поділу не відбулося, і екологія розуміється як наука про будь-яку діяльність людини, яка впливає на навколишнє середовище як позитивно, так і негативно. Як було показано вище, **таке антропоцентричне трактування екології** є вторинним і зумовлене певною мірою історично сформованими умовами, коли в 1970-ті роки СРСР був ще відокремленим «залізною завісою» від решти країн світу.

Таким чином, з урахуванням ситуації, що склалася, сучасну екологію можна представити у двох частинах.

1. «Класична екологія», або «Біоекологія» (в іншому варіанті).
2. «Екологія людини», або «Охорона навколишнього середовища» (в іншому варіанті).

Цим частинам відповідають дві частини цього підручника.

Відповідні «екології» вже увійшли як у цілому, так і своїми розширеними підрозділами в різні освітні програми вищих навчальних закладів, за якими готують бакалаврів і магістрів в Україні. При цьому **«Класична екологія» була і залишається науковою базою охорони навколишнього середовища чи охорони природи.**

Охорону навколишнього середовища можна визначити як галузь знань, що розробляє комплекс заходів, спрямованих на підтримання гармонії між соціумом і трьома середовищами (природним, штучним, соціальним), в яких він знаходиться і які він формує (як кажуть у західних країнах, «створює дружнє (friendly) середовище»).

Територія нашої планети характеризується надзвичайною мозаїчністю штучних і природних систем, так що в мозаїці того чи іншого масштабу представленість і їх співвідношення можуть сильно варіювати. Наприклад,

в оточенні родини, яка проживає в квартирі багатоповерхового будинку, превалює штучно створене. Особняк з присадибною ділянкою, на якому знаходяться елементи природного ландшафту з комплексом рослин і тварин, з більшою відкритістю для природних факторів створює більш комфортні умови проживання та забезпечує більшу доступність до природних ресурсів (свіже повітря, чиста вода, сонячне світло, природне магнітне поле Землі і т. п.). Якщо ж він знаходиться в невеличкому містечку з парком, річкою чи озером, тоді можна говорити про деякий баланс і гармонію всіх трьох середовищ. Цього, очевидно, не скажеш про величезний мегаполіс, в якому присутність природного середовища зведена до мінімуму. На такій території практично відсутні кругообіг речовин і трансформація сонячної енергії за участю продуцентів, пов'язаних з ними консументів і редуцентів. Його не може бути хоча б тому, що ґрунтовий блок, що інтегрує живі та неживі компоненти екосистеми, буквально замуrowаний в асфальт і бетон. На противагу цьому в природних комплексах заповідних територій ці процеси протікають природно, а штучне середовище представлено мінімально. Плямисту неоднорідність (мозаїчність) територій з різним співвідношенням середовищ дуже добре видно на космічних знімках, особливо зроблених у нічний час. Нічне освітлення в мозаїках різного рівня досить чітко корелює з щільністю населення, споживанням енергії і матеріальних ресурсів у них і вказує на домінування соціального й штучного середовищ.

Вище, на рис. 1, видно, що верхівка ієрархічної піраміди біосистем, що їх вивчає екологія як біологічна наука, представлена екосистемами, які можуть бути різного масштабу — від індивідуальних консорцій до ландшафтних і материкових екосистем і біосфери. Важко уявити собі сучасну людину, що живе на дереві (в індивідуальній консорції), легше — у певному біогеоценозі, наприклад у сосновому лісі, де цілком може розміститися й існувати ціла родина або рід, як це спостерігалось на певному історичному етапі розвитку людства. Нині в ландшафтних екосистемах розміщуються не тільки великі міста, а й цілі країни, а на території материкових екосистем — десятки країн. Наразі, чим більша територія екосистеми, тим потенційно більші обсяги соціального та штучного середовищ можуть в ній знаходитись. На рівні найбільшої екосистеми — біосфери — *інтеграція біогеосоціосистем досягає свого кінцевого завершення, біологічні і соціальні процеси тісно переплітаються, створюючи систему абсолютно нової якості, в якій регуляція й управління переходять до соціуму.*

Звідси випливає абсолютно очевидний висновок про те, що **вся відповідальність за стан нашої планети лежить на людстві, і цей стан залежить тепер рівною мірою як від нашого інтегрального інтелекту, так і нашої доброї волі.**

Який порядок встановить світова спільнота, за яким порядком буде підтримуватися життя в квартирі, будинку, місті, країні, співдружності країн і в цілому на планеті — від цього залежить наразі наше існування і його комфортність. Чи зуміємо ми всі разом побудувати наше життя в гармонії з Природою, чи стане наша Земля планетою з ноосферою в розумінні В. І. Вернадського — це залежить від нас.

Молоді люди, серйозно вивчайте екологію, вона дасть вам не тільки знання, але й змінить систему ваших цінностей!

ЧАСТИНА ПЕРША
КЛАСИЧНА ЕКОЛОГІЯ

Розділ 1
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Основна ідея. Екологія — комплексна наукова галузь про структуру, організацію, функціонування надорганізмених біосистем, взаємозв'язки їх компонентів, динаміку та розвиток. Екологія — наукова основа формування сталого розвитку в XXI столітті.

Смислові зв'язки. Поняття — методологія — предмет — об'єкт — рівні організації живої матерії — структура — закономірності — застосування отриманих знань — основна екологічна проблема — наукові напрямки сучасної екології.

Ключові терміни. Екологія, класична екологія, аутоекологія, синекоекологія, екосистемологія, біогеоценологія, біосфера, глобальна екологія, прикладна екологія, екологізація, концепція стійкого розвитку.

Мета — усвідомити особливості предмета, об'єкта досліджень екології, основні напрямки її розвитку, методи досліджень, ознайомитись із основними завданнями та проблемами, що стоять перед людством.

1.1. Визначення екології та її основні поняття

Екологія — відносно молода наука, яка сформувалася як самостійна галузь знань до середини XX століття. Її вік — лише 6—8 поколінь. Вона виникла у процесі розвитку природничих наук і передусім біологічних, і в даний час вона знаходиться у стані інтенсивного росту та розвитку.

Термін «екологія» (від грецьк. *oikos* — будинок, житло, місце перебування, *logos* — наука) вперше введений німецьким зоологом і філософом Ернстом Геккелем у 1866 р. у праці «Загальна морфологія організмів» для позначення біологічної науки, що вивчає взаємини організмів із середовищем їх життя. У другій половині XIX століття екологи відносили організм до найскладнішого рівня організації існування, але у процесі подальшого розвитку екології було встановлено, що існують системи більш високого рівня інтеграції — над-

організмені біологічні системи (популяція, біоценоз, екосистема, біосфера), тому уявлення про зміст екології значно розширилося. У даний час існує багато визначень екології як науки. Ось деякі з них.

Екологія — наука про взаємодію організмів і біологічних систем надорганізованого рівня (популяції, біоценози, екосистеми, біосфера) з умовами середовища проживання (Сергейчик, 2009).

Екологія — наука, що досліджує закономірності життєдіяльності організмів на всіх рівнях інтеграції в їх природному середовищі існування з урахуванням змін, внесених у середовище діяльністю людини (Радкевич, 1998).

Екологія належить до фундаментальних підрозділів біології та досліджує фундаментальні властивості життя — системи надорганізованого рівня організації. Вона вивчає сукупність живих організмів, що взаємодіють один з одним і утворюють із навколишнім середовищем єдність (систему), у межах якої здійснюється трансформація енергії та органічної речовини (Федоров, Гільманов, 1980).

Екологія — наука про закономірності формування, розвитку та сталого функціонування біологічних систем різного рангу в їх взаєминах з умовами навколишнього середовища (Шилов, 2000).

Екологія — це наука про взаємозв'язки, що забезпечують існування організмів (включаючи людину) і надорганізованого біосистем: популяцій, екосистем і біосфери (Шабанов, Кравченко, 2009).

Екологія — міждисциплінарна галузь знань про будову та функціонування багаторівневих систем у природі та суспільстві в їх взаємозв'язках (Одум, 1986).

Основними формами існування видів тварин, рослин і мікроорганізмів у природному середовищі існування є внутрішньовидові угруповання (популяції) та багатовидові комплекси (біоценози, екосистеми). Тому сучасна екологія вивчає взаємини організмів і середовища на популяційно-видовому, біоценотичному та екосистемному рівнях.

Перше визначення цієї науки дав її засновник Е. Геккель: «Під екологією ми розуміємо суму знань, що відносяться до економіки природи: вивчення всієї сукупності взаємовідносин тварини з навколишнім середовищем, як органічним, так і неорганічним, і насамперед — її дружні або ворожі відносини з тими тваринами та рослинами, з якими вона прямо чи опосередковано вступає в контакт. Одне слово, екологія — вивчення всіх складних взаємин, які Дарвін назвав умовами, що породжують боротьбу за існування». Один із вітчизняних екологів А. С. Данилевський давав таке визначення: «Еко-

логія — наука про структуру та функції екологічних систем і про механізми, що забезпечують їх гомеостазис».

Екологія як наука має два аспекти:

1) пізнання та пояснення сутності законів і закономірностей розвитку природи;

2) застосування отриманих знань для вирішення проблем раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища.

Практичне значення екології полягає насамперед у вирішенні питань природокористування, оскільки екологія створює наукову основу експлуатації природних ресурсів. Протягом індустріальної епохи Модерну (у період розвитку індустріального суспільства або індустріального типу природокористування) людина нещадно грабувала природу, і тепер грабувати нічого. Розпочато крутий поворот цивілізації на коеволюцію із природним середовищем (Мойсеєв, 1990).

1.2. Предмет і об'єкт дослідження, структура екології

В чому суть екології? Чим вона визначається:

- завданнями практики: екологія народилася у період стрімкого прогресу, між двома науково-технічними революціями після промислового перевороту (що почався в останній третині XVIII століття в Англії і незабаром охопив інші країни Західної цивілізації) та перед науково-технічною революцією середини XX століття;

- відповідністю устрою світу: ідеї В. І. Вернадського про біосферу, про всекосмічність життя, розвиток у XX столітті загальної теорії відносності Ейнштейна та фізики елементарних часток;

- історичною долею науки: у екології щаслива доля, вона привертала й привертає увагу видатних фізиків, геологів, хіміків, філософів, математиків, політологів і представників багатьох інших фундаментальних та прикладних наук;

- психологією свідомості: екологія — справжнє торжество історичної, європейської свідомості, за М. Блоком (1986).

Об'єкти дослідження екології — відношення організмів (частково), популяцій, біоценозів між собою та з навколишнім середовищем, що формує екосистеми. Існує підпорядкованість (ієрархія) між біологічними системами різних рівнів організації життя. Деякі системи входять як основні елементи до систем більш високого рівня. Однак на кожному вищому рівні організації життя у систем з'являються нові властивості та закономірності функціонування, яких не було на попередньому рівні (прояв принципу емерджентності: властивості цілої системи відрізняються від суми властивостей складових її елементів і не зводяться до них).

Предметом екології є різноманітність і структура зв'язків між організмами, їхніми угрупованнями та середовищем існування, а також склад і закономірності функціонування угруповань організмів: популяцій, біогеоценозів, біосфери в цілому.

Головне теоретичне та практичне завдання екології полягає в тому, щоб розкрити закономірності цих процесів і навчитися управляти ними в умовах переходу до постіндустріального, інформаційного суспільства.

У рамках основного завдання вивчаються:

- закони та закономірності взаємодії організмів і надорганізменних біологічних систем між собою та з навколишнім середовищем;

- особливості структури, функціонування, формування, розвитку, стійкості, динаміки популяцій, біоценозів та екосистем;

- продукційні, енергетичні та регуляторні функції популяцій, екосистем і біосфери;

- сутність механізмів адаптації організмів, популяцій, екосистем до біотичних, абіотичних і антропогенних факторів навколишнього середовища.

Також вирішуються **конкретні екологічні завдання**:

- оцінка та аналіз глобальних, регіональних і локальних екологічних проблем;

- розробка способів і методів управління екосистемними та біосферними процесами.

Результати екологічних досліджень мають велике практичне значення для розробки шляхів переходу на стійкий розвиток міжнародного співтовариства, окремих держав і регіонів.

Проблеми прикладної екології та практика охорони навколишнього середовища тісно пов'язані між собою загальною метою — збереженням усієї природи Землі та найближчого оточення людини заради здоров'я та життя людей.

Охорона природи — прикладна галузь знань про збереження систем життєзабезпечення Землі — аналізує біосферні процеси, природні ресурси, їх збереження для розвитку людства.

Наука про навколишнє середовище — інвайронментологія (середовищезнавство) — концентрує свою увагу на дослідженні стану середовища (природного, соціального та техногенного) та засобах його поліпшення.

Сучасна екологія включає п'ять основних розділів. Розділи екології склалися з неоднаковою повнотою, за об'ємом вони дуже різноманітні. Виникають все нові її галузі. Деякі автори налічують аж до 50 галузей екології (Реймерс, 1994; Акімова, Кузьмін, Хаскін, 2001):

1. **Біоекологія**, або загальна екологія — «класична» екологія, що сформувалася в рамках біології. Вона вивчає взаємодії організмів і надорганізмених систем усіх рівнів між собою та з навколишнім середовищем. У біоекології виділяють **чотири розділи: аутекологія** (екологія організмів), **демекологія** (екологія популяцій), **синекологія** (екологія біоценозів, біогеоценозів, екосистем), **глобальна екологія** (біосферологія, вчення про біосферу). У теперішній час в окремий розділ екології виділяють **екосистемологію**, яка вивчає екосистеми в усій їхній різноманітності, у тому числі й біогеоценози. У цьому випадку синекологію вважають такою, що вивчає угруповання видів (біоценози).

2. **Спеціальна екологія**, або екологія окремих груп організмів (наприклад, екологія рослин, тварин тощо).

3. **Геоекологія** — географічна екологія.

4. **Екологія людини**.

5. **Прикладна екологія**: інженерна та промислова екологія; сільськогосподарська екологія; біоресурсна та промислова екологія; комунальна екологія, або екологія поселень; медична екологія.

Залежно від конкретного предмета вивчення розрізняють також **ряд галузей екології**:

- **за видами діяльності** (промислова екологія, сільськогосподарська екологія, екологія міста, радіоекологія тощо);

- **за типами екосистем** (екологія суходолу, екологія лісу, екологія прісних вод, екологія океану тощо);

- **за об'єктами дослідження** (екологія рослин, екологія тварин, екологія мікроорганізмів тощо);

- **за методами вивчення** (хімічна екологія, географічна екологія, фізіологічна екологія, математична екологія тощо).

Тематика екології тісно пов'язана зі змістом інших галузей біології (фізіології, біохімії, біофізики, ботаніки, мікробіології, генетики, цитології, токсикології, теорії еволюції). Це визначає формування багатьох **нових екологічних наук: екологічної фізіології, цитоекології, продукційно-енергетичної екології, еволюційної екології, біохімічної екології, космічної екології** тощо. Екологія як наука переплітається також із небіологічними науками (фізикою, хімією, математикою, геологією, географією, палеонтологією тощо).

Екологія — фундаментальна наука, а також теоретична основа для низки прикладних дисциплін (землеробства, рослинництва, рибництва, селекції, агрохімії, захисту рослин тощо), природокористування та охорони навколишнього середовища.

Специфіка **предмета екології** — аналіз сукупності зв'язків складних живих систем різного рівня (організм, популяція, біоценоз, екосистема, біосфера).

Аутекологія — екологія особин. Вона вивчає дію екологічних факторів на структуру, функції і розвиток організмів тварин, рослин і мікроорганізмів.

Демекологія — екологія популяцій як природних угруповань особин одного виду. Вивчає чисельність і щільність, народжуваність і смертність в популяціях, динаміку їх розвитку у просторі та часі, взаємодію із середовищем існування.

Синекологія — екологія біогеоценозів або екосистем. Вивчає взаємодію біоценозів (сукупність взаємопов'язаних популяцій рослин, тварин і мікроорганізмів) один з одним і з неорганічним середовищем проживання — біотопом (умови проживання біоценозу).

Компоненти біоценозу та їх абіотичне оточення так тісно пов'язані між собою, що утворюють єдність, для якої англійський еколог А. Г. Тенслі у 1935 р. запропонував термін «екосистема». У сучасній екології відповідний розділ називається вченням про екосистеми. У вітчизняній і німецькій літературі поширене уявлення про біогеоценоз, уведене в науку видатним вченим, академіком В. М. Сукачовим, і розглядається створене ним вчення про біогеоценоз. **Біогеоценоз** — єдність біоценозу та біотопу, приуроченого до певної ділянки земної поверхні, тоді як екосистема — ширше поняття. Вивчення біоценозів (біогеоценозів) включає шість аспектів досліджень (Бродський, 2001):

- **структурний**: домінування, різноманіття, видова насиченість, співвідношення пристосувальних екотипів тощо;
- **хорологічний**: просторове поширення біоценозів, їх структура залежно від загальних кліматичних, зонально-поясних, ландшафтних і регіональних особливостей середовища;
- **сукцесійно-динамічний**: циклічні та незворотні процеси, зумовлені змінами середовища як у результаті взаємин всередині біоценозу, так і під впливом зовнішніх, зокрема антропогенних, чинників;
- **функціонально-ценотичний**: трофічні, симбіотичні, конкурентні та інші відносини, середовищевірна активність;
- **енергетичний**: трофічні рівні, потік енергії, формування біологічної продуктивності;
- **біогеохімічний**: механізми кругообігу речовин у біогеоценозах.

Ці аспекти досліджень повинні бути підпорядковані розкриттю механізмів функціонування природних комплексів для прогнозування їх змін і розробки принципів управління ними.

Специфічне завдання екології полягає у вивченні живої природи на рівні екологічних систем.

Глобальна екологія — вчення про біосферу (глобальну екологічну систему) — вивчає закономірності формування та розвитку біосфери як області існування живої речовини на планеті; глобальні процеси, що відбуваються в літосфері, атмосфері та гідросфері, а також вплив антропогенного чинника на ці процеси.

Загальна екологія об'єднує різноманітні екологічні знання на єдиному науковому фундаменті. Її ядро — **теоретична екологія**, що вивчає загальні закономірності функціонування екологічних систем.

Геоекологія (географічна екологія) вивчає екологію природно-кліматичних зон (екологія тундри, тайги, степів, пустель, гірських масивів, тропічних лісів) і типів ландшафтів (екологія річкових долин, морських берегів, боліт, островів, коралових рифів тощо).

Екологія людини — комплекс дисциплін, які вивчають взаємодію людини як індивіда (біологічної особини) та особистості (соціального суб'єкта) з навколишнім середовищем. Важлива особливість екології людини — *соціобіологічний підхід* — оптимальне поєднання біологічних і соціальних аспектів. **Соціальна екологія** (або, за М. А. Голубцем, **геосоціосистемологія**) є частиною екології людини — об'єднання наукових галузей, що вивчають зв'язок суспільних структур із природним і соціальним середовищем їх оточення. До соціальної екології відносять також екологію народонаселення — екологічну демографію та екологію людських популяцій. При цьому вивчаються питання впливу навколишнього середовища на суспільство та вплив суспільства на середовище.

Прикладна екологія — комплекс дисциплін, пов'язаних із різними галузями людської діяльності та взаємовідносинами між суспільством і природою. Вона формує екологічні критерії економіки; досліджує механізми антропогенних впливів на природу та навколишнє середовище людини, стежить за її якістю; обґрунтовує нормативи раціонального використання природних ресурсів та допустимого техногенного навантаження на території; регламентує екологічно безпечне виробниче освоєння територій, розміщення та будівництво господарських об'єктів; оптимізує галузеву структуру виробництва; здійснює екологічну регламентацію господарської діяльності; контролює екологічну відповідність різних планів і проектів; розробляє технічні засоби охорони навколишнього середовища та відновлення порушених людиною природних екосистем; вивчає екологічні умови виникнення, поширення та розвитку хвороб людини й шляхи запобігання їм (Акімова, Кузьмін, Хаскін, 2001).

Процес проникнення ідей і проблем екології в інші галузі знання отримав назву екологізації. **Екологізація** відображає

потребу суспільства в об'єднанні науки та практики для запобігання екологічній катастрофі. Запобігання виникненню глобальної екологічної катастрофи передбачає вивчення взаємозв'язків між зростанням населення, економіки, споживання, забруднення та загостренням екологічних проблем на рівні планети Земля в цілому.

1.3. Методи екологічних досліджень

Специфіка екологічних досліджень — аналіз біологічних систем різного рівня організації (організм, популяція, біоценоз, екосистема, біосфера), їх відношення до навколишнього середовища.

Методичну основу сучасної екології складає поєднання системного підходу, натурних спостережень, експерименту та моделювання.

Система — сукупність взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдність. **Системний підхід** — головний методичний принцип в екології. Він передбачає вивчення елементів системи та взаємозв'язків між ними. Для дослідження біологічних систем можуть застосовуватися методи різних наук: біохімії, генетики, ботаніки, мікробіології, анатомії, фізіології, зоології, фізики, математики тощо. Екологія давно вже перестала бути чисто описовою дисципліною. У сучасній екології переважають кількісні методи: вимірювання, розрахунки та статистичний аналіз, моделювання.

Методи екології можна поділити на п'ять груп (Акимова, Кузьмін, Хаскін, 2001).

1. Методи реєстрації параметрів і оцінки стану навколишнього середовища — необхідна частина будь-якого екологічного дослідження. До цих методів належать метеорологічні спостереження, вимірювання вологості, температури, освітленості, хімічного складу повітря, води та ґрунту, оцінка техногенного забруднення навколишнього середовища, рослинних і тваринних організмів, реєстрація показників прозорості та солоності води, фізико-хімічних показників ґрунтів, вимірювання радіаційного фону, напруженості фізичних полів, бактеріальної забрудненості, часу настання фенологічних фаз розвитку рослин та інших чинників.

До першої групи методів належать також **моніторинг** (періодичне або безперервне стеження за станом екологічних об'єктів та якістю навколишнього середовища) і **біоіндикація** (використання для контролю якості середовища особливо

чутливих до чинників екологічного середовища організмів та угруповань).

2. Методи кількісного обліку організмів, оцінки біомаси та продуктивності рослин і тварин. Ці методи лежать в основі вивчення природних угруповань — біоценозів. Для цього застосовуються підрахунки кількості особин на контрольних ділянках, в об'ємах води, повітря та ґрунту; маршрутні обліки; вилов та мічення тварин; спостереження за їх переміщеннями; аерокосмічна реєстрація чисельності стад, скупчень риби, густоти деревостанів, стану посівів, урожайності полів. Дана інформація необхідна для управління екосистемами, запобігання загибелі видів і зменшення біологічного різноманіття. Визначення біомаси та продуктивності екосистем дозволяє оцінити біопродукційний потенціал окремих територій і акваторій, а також глобальний природний фон органічної речовини та межі її використання.

3. Методи дослідження впливу факторів середовища на життєдіяльність організмів — найрізноманітніша група екологічних методів. Вони здійснюються за допомогою спостереження у природі та проведення експериментів у лабораторних умовах. **Спостереження** — вивчення біологічної системи у природних умовах шляхом фіксації певних її ознак. **Експеримент** — дослідження, коли об'єкт ставлять в умови, за яких можна вивчати дію певного фактора або групи факторів на систему. Експеримент носить активний аналітичний характер, оскільки може виявити причинно-наслідкові зв'язки в аналізі розвитку біосистем (наприклад, вплив техногенного забруднення на рослини, дія меліорації на рослинність і тваринний світ, пестицидів на організми, радіації на ліси). Експеримент передбачає дослід, відтворення об'єкта пізнання, перевірку гіпотез про закономірності зв'язку явищ. Методом експерименту встановлюються оптимальні та граничні умови існування, критичні та летальні дози хімічних забруднювачів, гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, що лежать в основі екологічного нормування. Цей метод важливий при оцінці порівняльної стійкості видів рослин і екосистем до дії екстремальних екологічних факторів (морозостійкості, посухостійкості, газостійкості, солестійкості тощо), а також при вивченні адаптацій (приспосовувань організмів до різних умов середовища). Еколог використовує при здійсненні експерименту спеціальну експериментальну техніку.

4. Методи вивчення взаємин між організмами у багатовидових угрупованнях складають важливу частину дослідження екосистем. Вони передбачають натурні спостереження та

лабораторні дослідження трофічних відносин, проведення дослідів із переносом «міток» радіоактивних ізотопів, що дозволяє визначити кількість органічної речовини, яка переходить від однієї ланки ланцюга живлення до іншої (від рослин до травоядних тварин, а від травоядних до хижаків). Особливе значення має експериментальна методика створення та дослідження штучних угруповань і екосистем (лабораторне моделювання природних взаємодій організмів між собою і навколишнім середовищем).

5. Методи математичного та імітаційного моделювання. Головна мета побудови та використання моделей в екології — можливість прогнозування динаміки розвитку біосистем. Це особливо важливо, якщо екосистема піддається зовнішнім, антропогенним впливам. Прогноз віддалених екологічних наслідків техногенезу дозволяє передбачити та зменшити негативні ефекти, вносити корективи у прийняті рішення. Прийоми глобального моделювання, доведені до моделей, заснованих на проблемно-прогнозному підході, дозволяють розглядати варіанти сценаріїв і будувати обґрунтовані прогнози глобального розвитку.

Методи прикладної екології:

- створення банків даних екологічної інформації та геоінформаційних систем (ГІС-технологій);
- комплексний еколого-економічний аналіз стану територій для екологічної оцінки та поліпшення екологічної обстановки;
- методи інженерно-екологічних пошуків для оптимального проектування, розміщення, будівництва та реконструкції цивільних і господарських об'єктів;
- методи екологічно орієнтованого проектування об'єктів на принципах і розрахунках екологічної відповідності;
- технологічні методи зниження токсичних відходів підприємств і виробничих комплексів, шкідливого впливу пристроїв і виробів на навколишнє середовище та здоров'я людей;
- методи екологічної регламентації господарської діяльності: екологічний моніторинг; екологічна атестація та паспортизація господарських об'єктів і територіальних природно-виробничих комплексів; екологічна експертиза; прогноз негативного впливу проєктованих і споруджуваних об'єктів на навколишнє середовище (Акімова, Кузьмін, Хаскін, 2001).

В Україні, як і в інших країнах колишнього СРСР, особливе значення для системних екологічних досліджень мало створення та розвиток науки біогеоценології, основні методичні підходи якої розроблені В. М. Сукачовим, М. В. Дилісом, С. В. Зонном, М. С. Гіляровим та багатьма іншими видатними вченими.

1.4. Основні проблеми та наукові напрямки сучасної екології

Людство вступило в XXI століття у стані екологічної кризи. Порушення екологічної рівноваги біосфери як наслідок виробничої діяльності людини та світових масштабів техногенне забруднення навколишнього середовища набули характеру локальних та регіональних екологічних катастроф і поставили перед людською цивілізацією проблему її подальшого існування.

Нестримне економічне зростання та техногенний тип світового господарства призвели до виникнення глобальних екологічних проблем: хімічного та радіоактивного забруднення Світового океану, прісних вод, повітря та ґрунтів, кислотних дощів, деградації та скорочення площі лісів, виснаження природних ресурсів, опустелювання, руйнування озонового шару, парникового ефекту, дефіциту прісної води та продовольства, зменшення родючості ґрунтів, ерозії земель, зниження стійкості екосистем, збіднення їх видового та популяційного різноманіття, зростання захворюваності населення.

У біосферу Землі з техногенних джерел щорічно надходить понад 400 тис. шкідливих сполук, а сумарна їх кількість становить понад 160 млрд т. Отруйний смог над містами та кислотні дощі стали невід'ємними атрибутами окремих регіонів. Антропогенне перетворення ландшафтів суходолу досягло 80—90 % його площі, у тому числі 40 % суходолу перетворено на антропогенні пустелі. Площа лісів нашої планети щорічно скорочується на 10—14 млн га. За останні 100 років біомаса рослин на поверхні континентів знизилася на 7 %, а продуктивність живого покриву Землі — на 20 %. Під загрозою зникнення знаходиться 25 тис. видів рослин (5 % усієї кількості видів вищих рослин-продуцентів). Отже, екологічні проблеми людини стали найважливішими проблемами всієї природи планети (Акімова, Кузьмін, Хаскін, 2001).

1. Обсяг антропогенних впливів на природу у XX—XXI ст. став занадто великим: він наблизився до межі стійкості біосфери, а за рядом параметрів перевершив його (Білявський, Бутченко, 2004; Холіна, 2005). Про це свідчать факти:

- деградація та різке скорочення площі непорушених екологічних систем;
- зменшення біологічного різноманіття та зниження стійкості екосистем;
- досягнення критичної швидкості використання (перевищення темпів обсягів споживання та вилучення відновлюваних природних ресурсів щодо швидкості природного

відтворення): прісної води, ґрунтового гумусу, біомаси, первинної продуктивності рослинного покриву;

- виснаження запасів невідновних природних ресурсів (нафта, газ, кам'яне вугілля);

- глобальне техногенне забруднення навколишнього середовища, що призводить до несприятливих кліматичних змін: парникового ефекту, зменшення щільності захисного озонового екрана Землі, погіршення здоров'я, зниження якості життя людей, розімкнення кругообігу речовин, порушення біосферної рівноваги, послаблення середовищевірних і середовищерегулювальних функцій біосфери.

2. Екосистеми часто відповідають на зростаючий антропогенний вплив непередбачуваними змінами, що створюють екологічну небезпеку (Реймерс, 1994). Це підтверджують дані:

- погіршення стану здоров'я людської популяції;
- прискорення темпів мутагенезу під впливом хімічного та радіаційного забруднення навколишнього середовища;

- поява нових форм із трансформованою стійкістю та адаптивністю, а також із небезпечними для організму людини властивостями;

- виключення окремих видів із природних угруповань (біоценозів) веде до порушення стійкості екосистем і неконтрольованих ланцюгових реакцій у біосфері;

- техногенне перетворення ландшафтів, забруднення навколишнього середовища, порушення міграції хімічних елементів у біосфері, що призводять до підвищення екологічного ризику, екологічних і економічних втрат.

3. У XX—XXI ст. людство створило цивілізацію споживання, що спричинило надлишкове техногенне навантаження на природу та навколишнє середовище.

Головне завдання сучасної екології людини— об'єднання всіх її розділів і величезного фактичного матеріалу на єдиній теоретичній платформі, розвиток теоретичних і прикладних основ екології; створення системи, що відбиває всі сторони взаємовідносин природи та суспільства.

Основні напрямки сучасної екології людини:

1. Всеосяжна діагностика стану біосфери та її ресурсів, визначення порога витривалості біосфери відносно антропогенних навантажень (Джигирей, 2002; Кучерявий, 2000).

2. Розробка локальних, регіональних і глобальних прогнозів зміни стійкості та продукційного потенціалу найважливіших природних комплексів планети та біосфери в цілому (Голубець, 2000; Мойсеєв, 2000).

3. Відмова від природопідкорювальної ідеології еґо- (антропо-) центризму та формування ідеології та методології екоцентризму, спрямованих на екологізацію економіки, ви-

робництва, техніки, освіти та політики (Білявський, Бутченко, 2004; Холіна, 2005).

4. Вироблення критеріїв оптимізації — обрання найбільш узгодженого з екологічним імперативом і екологічно зорієнтованого соціально-економічного розвитку суспільства (Голубець, 2000; 2010).

5. Формування екологічного світогляду, передових стратегій поведінки людського суспільства, економіки та технологій, які приведуть масштаби та характер людської діяльності у відповідність до екологічної витривалості природи і запобігатимуть екологічній кризі (Акімова, Кузьмін, Хаскін, 2001).

Фахівець, який мислить екологічно, повинен розуміти причинно-наслідкові зв'язки у природних явищах, уміти простежити, в яких взаємозв'язках з іншими явищами більш складної системи вони знаходяться. Фахівцям необхідні інтегральні знання про навколишнє природне середовище в цілому. Вони повинні бачити не тільки найближчі, а й віддалені наслідки змін у природі. Екологічні цілі стають найважливішими знаннями людства, що демонструють міжнародні форуми останніх років.

ВИКОРИСТАНА І РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Акімова Т. А., Кузьмін А. П., Хаскін В. В. Екологія. Природа — Человек — Техника. — М.: Юнити-Дана, 2001. — 343 с.

Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології. — К.: Лібра, 2004. — 367 с.

Блок М. Апология истории или ремесло историка. — М.: Наука, 1986. — 254 с.

Бродский А. К. Общая экология. — М.: Академия, 2009. — 256 с.

Гиляров А. М. Популяционная экология. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 192 с.

Голубець М. А. Экосистемология. — Львів: Поллі, 2000. — 316 с.

Голубець М. А. Середовищезнавство (інвайронментологія). — Львів: Манускрипт, 2010. — 176 с.

Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. — К.: Знання, 2002. — 203 с.

Кучерявий В. П. Загальна екологія. — Львів: Світ, 2010. — 520 с.

Мальтус Т. Опыт о законе народонаселения. — М., 1998.

Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рандерс Й. За пределами роста. — М.: Прогресс, 1994.

Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. — М.: Молодая гвардия, 1990. — 352 с.