

Славов В.П., Високоє М.П.

# ЗООЕКОЛОГІЯ



Міністерство аграрної політики та продовольства України  
Житомирський національний агроекологічний університет  
Дніпропетровський державний аграрний університет

**Славов В.П., Високоє М.П.**

## **ЗООЕКОЛОГІЯ**

*Рекомендовано Міністерством аграрної політики та продовольства України як підручник для підготовки фахівців ОКР «бакалавр» напрямку 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» у вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації Міністерства аграрної політики та продовольства України*

**Житомир**  
**Вид-во ЖДУ ім. І. Франка**  
**2011**

УДК 591.5  
ББК 28.68  
С47

*Рекомендовано Міністерством аграрної політики та  
продовольства України  
(лист від 30 грудня 2010 р. № 18-28-13/1895)*

**Рецензенти:**

- В. С. Козирь** – доктор с.г. наук, професор, академік УААН, директор інституту тваринництва центральних районів УААН;  
**О. М. Маменко** – доктор с.г. наук, професор, чл.-кор. УААН, завідувач кафедри прикладної екології ім. О.А.Колесова Харківської державної зооветеринарної академії;  
**М. В. Чорний** – доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри гігієни тварин та ветеринарної санітарії Харківської державної зооветеринарної академії;  
**Ю. Ю. Довгій** – доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри паразитології, ветсанекспертизи та зоогієни Житомирського національного агроєкологічного університету.

**Славов В.П., Високоє М.П.**

С47 Зооекологія : Підручник. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2011. – 480 с.

ISBN 978-966-485-091-6

Узагальнено й систематизовано фактичний науково-практичний матеріал із зооекології, подано методологію предмета, викладено теоретичні й методологічні підходи до екологічного регулювання дії антропогенного фактора при веденні тваринництва. Звернуто особливу увагу на взаємозв'язки і взаємодію організму сільськогосподарських тварин і природи, радіаційну зоогієну, природоохоронні проблеми.

УДК 591.5  
ББК 28.68

ISBN 978-966-485-091-6

© Славов В.П., 2011  
© Високоє М.П., 2011

<b>Частина 1. ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ ТВАРИН.....</b>	<b>11</b>
Розділ 1. ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ.....	11
1.1. Основні поняття екології.....	11
1.2. Основні екологічні закони та принципи.....	14
1.3. Екологічні фактори навколишнього середовища.....	18
1.4. Екологія популяцій, екологічні ніші, екосистеми та їх класифікація.....	22
1.4.1. Екологія популяцій і біоценозу.....	22
1.4.2. Екологічна ніша.....	23
1.4.3. Екосистеми та їх класифікації.....	24
1.5. Планетарні сфери Землі.....	25
1.5.1. Характеристика планетарних сфер Землі.....	25
1.5.2. Біосфера.....	29
1.5.3. Ноосфера.....	32
1.6. Кругообіг речовин та енергії в біосфері.....	36
1.6.1. Організм і середовище.....	36
1.6.2. Великий кругообіг речовин і енергії в природі та вплив антропогенного фактора на цей процес.....	39
Контрольні питання.....	42
Розділ 2. ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН.....	43
2.1. Тварини і середовище.....	43
2.1.1. Роль абіотичних факторів у спрямуванні еволюції живих організмів.....	44
2.1.2. Біотичні фактори в житті тварин.....	47
2.2. Популяційна організація тварин.....	49
2.3. Ланцюги живлення.....	52
2.4. Генетичні основи екології тварин.....	54
2.4.1. Поняття про спадковість та мінливість.....	54
2.4.2. Методи вивчення генетичних закономірностей..	57
2.4.3. Цитологічні та біохімічні основи спадковості.....	58
2.4.4. Роль нуклеїнових кислот як носіїв спадковості...	60
2.4.5. Поділ клітин. Основні типи поділу клітин.....	62
2.4.6. Статеве розмноження.....	66
2.4.7. Менделівські закономірності успадкування.....	70
2.4.8. Мутаційна мінливість.....	76
2.4.9. Екологічні аспекти методів біотехнології у тваринництві і рослинництві.....	82

2.5. Основи етології свійських тварин.....	86
2.5.1. Коротка історія розвитку і становлення.....	87
2.5.2. Життєві прояви і їх зміни.....	89
2.5.3. Добова та сезонна циклічність у поведінці тварин.....	90
2.5.4. Соціальна поведінка тварин.....	92
2.5.5. Вплив середовища на життєві прояви та поведінку тварин.....	93
2.6. Біологічні закономірності поведінки свійських тварин	95
2.6.1. Типи нервової діяльності та поведінка тварин...	95
2.6.2. Стрес. Біотичні і абіотичні фактори стресу.....	97
2.6.3. Форми поведінки тварин.....	100
2.6.4. Формування поведінки тварин.....	102
2.6.5. Класифікація форм поведінки.....	106
Контрольні питання.....	108
<b>Частина 2. ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНІ АСПЕКТИ ВЕДЕННЯ ТВАРИННИЦТВА.....</b>	<b>109</b>
<b>Розділ 1. ЕКОЛОГО-КЛІМАТИЧНІ ФАКТОРИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН.....</b>	<b>109</b>
1.1. Екологічне значення кліматичних факторів	110
1.1.1. Екологічне значення температури об'єктів довкілля.....	111
1.1.2. Екологічне значення вологості повітря та ґрунту.....	112
1.1.3. Екологічне значення сонячної радіації.....	112
1.1.4. Екологічне значення вітру.....	113
1.2. Вплив екологічних факторів на сільськогосподарських тварин.....	113
1.2.1. Хімічний склад повітря та його вплив на організми сільськогосподарських тварин.....	116
1.2.2. Фізичні властивості повітря, їх вплив на здоров'я та продуктивні якості тварин.....	127
1.2.2.1. Температура зовнішнього повітря.....	127
1.2.2.2. Вологість повітря.....	134
1.2.2.3. Атмосферний тиск.....	139
1.2.2.4. Промениста енергія і освітленість.....	139
1.2.2.5. Електричний стан повітряного середовища.....	143
1.2.2.6. Радіоактивність повітряного середовища.....	145
1.2.3. Нормативні показники якості атмосферного повітря.....	147

1.3. Ґрунт. Еколого-гігієнічне значення ґрунту.....	152
1.3.1. Механічний склад і фізичні властивості ґрунту.....	153
1.3.2. Хімічні властивості ґрунту.....	156
1.3.3. Біологічні властивості ґрунту.....	159
1.4. Якість ґрунтів. Нормативні показники якості ґрунтів.....	160
1.4.1. Нормативні показники забруднення ґрунтів пестицидами.....	161
1.4.2. Нормативні показники забруднення ґрунтів важкими металами.....	163
1.4.3. Загальна оцінка рівня забруднення ґрунтів хімічними речовинами.....	164
1.5. Адаптація та акліматизація тварин.....	165
Контрольні питання.....	169
Розділ 2. ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА НАПУВАННЯ ТВАРИН. ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПИТНОЇ ВОДИ.....	170
2.1. Роль і значення води у тваринництві.....	170
2.2. Прісноводні джерела водопостачання.....	172
2.3. Екологічні функції води.....	175
2.4. Фізичні, хімічні та біологічні властивості води.....	176
2.4.1. Фізичні властивості води.....	176
2.4.2. Хімічні властивості та показники води.....	177
2.4.3. Біологічні властивості води.....	181
2.5. Санітарно-гігієнічні вимоги до питної води.....	182
2.5.1. Органолептичні показники якості води.....	183
2.5.2. Нормативні показники якості питної води.....	185
2.6. Методи оцінки якості води.....	188
2.6.1. Метод інтегральної оцінки якості води.....	188
2.6.2. Метод сумарного ефекту оцінки якості води.....	189
2.6.3. Комплексна оцінка рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості.....	190
2.6.4. Гранично допустимий скид.....	191
2.7. Методи очищення (підготовки) питної та технічної води.....	192
2.7.1. Процеси підготовки води. Загальні відомості..	192
2.7.2. Спеціальні методи поліпшення якості води.....	193
2.7.3. Знезаражування води.....	196
2.8. Водопостачання на фермах і пасовищах.....	198
2.9. Гігієнічні вимоги до напування тварин.....	202
Контрольні питання.....	204

Розділ 3. ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНІ ВИМОГИ ДО КОРМІВ ТА ГОДІВЛІ ТВАРИН.....	205
3.1. Сучасне поняття повноцінної годівлі та її роль у підвищенні продуктивності і природної резистентності організму.....	205
3.2. Методи контролю повноцінності годівлі.....	212
3.3. Причини зниження якості кормів.....	214
3.4. Методи контролю якості кормів.....	221
3.5. Гранично допустимі концентрації токсичних речовин у кормах для сільськогосподарських тварин.....	233
3.6. Профілактика отруень карбамідом, мінеральними добавками, пестицидами, кухонною сіллю, нітратами, нітридами та отруйними рослинами.....	240
3.7. Запобігання захворюванням тварин внаслідок використання кормів, уражених грибами, бактеріями та кормовими шкідниками.....	246
3.7.1. Профілактика захворювань, зумовлених кормами, які містять фотодинамічні субстанції та ціаногенні глюкозиди.....	249
3.7.2. Профілактика захворювань при наявності в кормах механічних домішок, металевих, замерзлих частинок та при порушенні фізичного стану кормів.....	251
3.8. Застосування антибіотиків у відгодівлі тварин.....	253
Контрольні питання.....	257
<b>Частина 3. ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНІ ВИМОГИ ДО ТВАРИНИЦЬКИХ ФЕРМ ТА КОМПЛЕКСІВ.....</b>	<b>258</b>
Розділ 1. ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ТВАРИНИЦТВА.....	258
1.1. Номенклатура і розміри підприємств з виробництва продукції тваринництва.....	258
1.2. Еколого-санітарні вимоги до проектування, будівництва та експлуатації ферм (комплексів).....	260
1.2.1. Схема технологічного завдання на проектування ферми (комплексу).....	263
1.2.2. Ветеринарно-санітарні об'єкти.....	264
1.3. Нормативні документи і правила проектування.....	266
1.3.1. Нормативно-рекомендаційна документація.....	266
1.4. Еколого-гігієнічні вимоги до складання генерального плану будівництва комплексу (ферми).....	267

1.5. Гігієнічні вимоги до будівельних матеріалів та окремих елементів будівель.....	272
Контрольні питання.....	279
<b>Розділ 2. ЕКОЛОГО-САНІТАРНІ ВИМОГИ ДО ТЕРИТОРІЙ ОБ'ЄКТІВ ТВАРИННИЦТВА.....</b>	<b>280</b>
2.1. Еколого-санітарні вимоги до благоустрою території ферм (комплексів).....	280
2.2. Мікроклімат, методи гігієнічного контролю та заходи щодо його оптимізації у тваринницьких приміщеннях.....	282
2.2.1. Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях...	282
2.2.2. Методи гігієнічного контролю за параметрами мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.....	282
2.2.3. Заходи щодо оптимізації мікроклімату у тваринницьких приміщеннях.....	285
2.3. Еколого-технічне обґрунтування рішень щодо будівництва та експлуатації об'єктів тваринництва.....	295
Контрольні питання.....	301
<b>Частина 4. ЕКОЛОГО ГІГІЄНИЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРІГАННЯ, УТИЛІЗАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА.....</b>	<b>302</b>
<b>Розділ 1. ЕКОЛОГО-САНІТАРНІ ВИМОГИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ГНОЮ.....</b>	<b>302</b>
1.1. Загальне уявлення про технологію видалення та використання гною.....	302
1.1.1. Видалення гною з вигульно-кормових та переддільних майданчиків.....	304
1.1.2. Видалення рідкого гною.....	306
1.1.3. Гідрозмив гною.....	308
1.2. Використання твердого гною.....	309
1.3. Використання рідкого гною.....	310
1.3.1. Використання рідкого гною у якості добрива....	310
1.3.2. Використання рідкого гною для виробництва кормових добавок.....	311
1.3.3. Використання рідкого гною для виробництва біопалива.....	312
Контрольні питання.....	318



Розділ 2. ЕКОЛОГО-САНІТАРНІ ВИМОГИ ДО БОЄНСЬКИХ КОНФІСКАТІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОРМІВ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ.....	319
2.1. Боєнські конфіскати. Загальні уявлення.....	319
2.1.1. Вимоги до виробництва м'ясного та м'ясо- кісткового борошна.....	320
2.1.2. Вимоги до виробництва кормового білкового концентрату.....	324
2.1.3. Вимоги до виробництва роγο-копитного борошна.....	324
2.1.4. Особливості переробки крові.....	325
2.1.5. Особливості переробки пухо-перової сировини..	325
2.1.6. Особливості переробки шкур кнурів ті її відходів.....	325
2.1.7. Особливості використання вичавок ендокринно-ферментної сировини.....	326
2.2. Ветеринарно-санітарні заходи знешкодження і використання трупів загиблих тварин.....	326
2.2.1. Спалювання трупів загиблих тварин.....	329
2.2.2. Знищення трупів у біотермічних ямах.....	330
Контрольні питання.....	332
<b>Частина 5. РАДІОЕКОЛОГІЯ ТА РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА У ТВАРИВНИЦТВІ.....</b>	<b>333</b>
Розділ 1. ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	333
1.1. Іонізуюче випромінювання. Загальне уявлення.....	333
1.2. Види іонізуючого випромінювання.....	335
1.2.1. Корпускулярне випромінювання.....	335
1.2.2. Фотонне випромінювання.....	340
1.3. Радіоактивний розпад. Типи радіоактивного розпаду.	342
1.4. Джерела іонізуючого випромінювання.....	344
1.4.1. Природна радіоактивність.....	345
1.4.2. Радіоекологічні аномалії.....	348
1.4.3. Антропогенна радіоактивність.....	350
1.5. Наслідки Чорнобильської катастрофи.....	357
Контрольні питання.....	359

Розділ 2. РАДІОНУКЛІДИ ТА ЇХ МЕТАБОЛІЗМ В ОРГАНІЗМІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН.....	360
2.1. Шляхи надходження радіонуклідів в організм тварин.....	360
2.2. Метаболізм радіонуклідів в організмі сільськогосподарських тварин і їх перехід у продукцію тваринництва.....	363
2.3. Вплив різних факторів на метаболізм радіонуклідів в організмі сільськогосподарських тварин і їх перехід у продукцію тваринництва.....	369
2.4. Вплив і дія іонізуючого випромінювання на організм тварин.....	371
2.4.1. Реакції організму на випромінювання.....	372
2.4.2. Біологічні ефекти.....	373
2.4.3. Біологічна дія іонізуючого випромінювання.....	374
2.5. Дія зовнішнього іонізуючого випромінювання на організм.....	376
2.5.1. Форми променевих хвороб.....	378
2.5.2. Періоди променевої хвороби.....	379
2.6. Біологічний вплив інкорпорованих радіонуклідів (внутрішнє опромінювання).....	380
2.6.1. Післядія спільного радіаційного впливу на організм тварин.....	383
2.6.2. Значення природної радіоактивності і малих доз іонізуючого випромінювання в біологічних процесах... Контрольні питання.....	384 388
Розділ 3. ПРИНЦИПИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТА НОРМУВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ.....	389
3.1. Основні радіаційно-гігієнічні нормативи.....	389
3.2. Дозові границі опромінення.....	391
3.3. Нормування надходження радіонуклідів у тваринницьку продукцію.....	392
3.3.1. Продукція тваринництва як джерело радіонуклідів у раціоні людини.....	392
3.3.2. Основні завдання нормування надходження радіонуклідів у тваринницьку продукцію.....	393
3.3.3. Критичні ландшафти як джерело опромінення сільського населення .....	394

Розділ 4. ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ТЕРИТОРІЯХ.....	396
4.1. Загальні питання.....	396
4.2. Радіаційний моніторинг агропромислового виробництва.....	400
4.3. Прогнозування надходження радіонуклідів у рослини та організми сільськогосподарських тварин.....	401
4.4. Особливості кормовиробництва і використання кормів на територіях, забруднених радіонуклідами.....	407
4.4.1. Виробництво кормів на природних сіножаттях і пасовищах.....	408
4.4.2. Раціональне використання природних кормових угідь.....	408
4.4.3. Особливості ведення кормовиробництва у найближчі та віддалені періоди після випадання радіонуклідів.....	413
Контрольні питання.....	416
Розділ 5. ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НАДХОДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ В ПРОДУКЦІЮ ТВАРИННИЦТВА.....	417
5.1. Технологічні заходи при пасовищному утриманні тварин.....	417
5.2. Зміна режиму годівлі і складу раціону тварин для зменшення вмісту радіонуклідів у продукції тваринництва.....	418
5.3. Технологічна переробка продукції тваринництва як захід зниження вмісту у ній радіонуклідів.....	424
5.4. Зміна спеціалізації галузей тваринництва як спосіб зниження дози опромінення населення.....	425
5.5. Обґрунтування доцільності розвитку м'ясного скотарства на забруднених радіонуклідами територіях.....	426
5.6. Прогнозні рівні забруднення продукції м'ясного скотарства при використанні різних типів природних угідь.....	427
Контрольні питання.....	428
Список літератури.....	429
Основні терміни та визначення.....	430

## Частина 1

# ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ ТВАРИН

## Розділ 1

### ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ

**У даному розділі розглядаються:**

- 1.1. Основні поняття екології
- 1.2. Основні екологічні закони та принципи
- 1.3. Екологічні фактори навколишнього середовища
- 1.4. Екологія популяцій, екологічні ніші, екосистеми та їх класифікація
  - 1.4.1. Екологія популяцій та біоценозів
  - 1.4.2. Екологічні ніші
  - 1.4.3. Екосистеми та їх класифікації
- 1.5. Планетарні сфери Землі
  - 1.5.1. Характеристика планетарних сфер Землі
  - 1.5.2. Біосфера
  - 1.5.3. Ноосфера
- 1.6. Кругообіг речовин та енергії у біосфері
  - 1.6.1. Організм і середовище
  - 1.6.2. Великий кругообіг речовин і енергії в природі та вплив антропогенного фактора на цей процес

#### **1.1. Основні поняття екології**

*Екологія* — наука (галузь знань), що вивчає взаємодію організмів та їх угруповань із середовищем існування. Як самостійна наука вона сформувалася наприкінці XIX ст. Термін “екологія” запровадив німецький біолог Ернст Геккель у 1866 р. Під екологією він розумів науку про життя, зв’язки організмів із навколишнім середовищем, куди ми відносимо, в широкому розумінні, усі умови існування. Як і будь-яка інша наука, екологія має науковий та прикладний аспекти.

*Науковий аспект* — це прагнення до пізнання заради самого пізнання, і щодо цього на перше місце постає пошук закономірностей розвитку природи та їх пояснення.

*Прикладний аспект* — це застосування зібраних знань для вирішення проблем, пов'язаних із навколишнім середовищем. Усезростаюче значення сучасної екології полягає в тому, що жодне з великих практичних питань сьогодення не може вирішуватися без урахування зв'язків між живими та неживими компонентами природи.

*Основним завданням прикладної екології* є пізнання законів і закономірностей взаємодії людського суспільства з біосферою з метою запобігання порушенню екологічної рівноваги внаслідок антропогенної дії на навколишнє природне середовище і, на основі цього, розробка заходів для забезпечення екологічної та техногенної безпеки біосфери (Всесвіту).

*Екологічна безпека* — це такий стан навколишнього природного середовища, за якого забезпечується збалансований вплив різних факторів (у разі техногенної безпеки — техногенних факторів), які не погіршують функціонування екосистем, здатності біосфери до саморегулювання та не сприяють виникненню небезпеки для здоров'я людей.

Об'єктом дослідження є природні, природно-антропогенні екосистеми і макроекосистема, якою є біосфера (Всесвіт), тобто зміна її властивостей (рослинного й тваринного світу, ландшафту, клімату, геохімічних процесів та впливу на космічний простір) під впливом антропогенної діяльності. Для цього зазвичай вивчають техногенні забруднення трьох середовищ: атмосфери, гідросфери та літосфери — внаслідок антропогенної діяльності людства.

До галузей антропогенної діяльності належать промисловість, сільське господарство, військово-промисловий комплекс, житлово-комунальне господарство, транспорт, рекреаційний комплекс, наука та культура тощо. Так сформувалися окремі напрямки прикладної екології:

- екологія промислових екосистем;
- екологія сільськогосподарських екосистем;
- екологічні проблеми транспорту, житлово-комунального господарства, харчових виробництв;
- соціальна екологія тощо.

Усі ці напрямки поєднує спільна мета, методи її досягнення та об'єкти дослідження.

Екологія стає важливою наукою, яка має давати відповіді на питання, які виникають перед людиною у її співжитті з навколишньою природою. Завдяки системному підходу (обов'язково включає в себе аналіз комплексу факторів навколишнього середовища) екологія стає єдиною безальтернативною теоретичною базою природокористування. Після 1992 р., коли в Ріо-де-Жанейро переважною більшістю країн світу було прийнято основні засади існування людства, до екології все частіше звергаються як до науки, яка вивчає комплекс взаємозв'язків між людиною та навколишнім природним середовищем.

Практика показала, що ігнорування законів природи призводить до різних, переважно негативних, наслідків. Достатньо згадати проблему кроликів в Австралії. В даному випадку було повністю проігноровано закони функціонування природних екосистем і, як наслідок, протягом десятиліть людина намагалася боротися зі звичайним кроликом, до боротьби з яким залучались навіть військові підрозділи. Наступним прикладом можуть служити намагання людини інтродукувати деякі види рослин і тварин. При цьому, ігноруючи прості екологічні закони. Разом із бажаним видом на нові території завозяться їх паразити (наприклад, колорадський жук) і, як наслідок, виникають проблеми боротьби з новими видами шкідників тощо. Як правило, наслідком ігнорування законів природи стає зникнення виду або навіть цілої екосистеми. Досить згадати віддалені острови Індонезії та Полінезії, де внаслідок геологічних епох сформувався свій тип екосистем, а після активного заселення супутніми та бажаними для людини видами, на цих територіях зникає аборигенна фауна та флора, коефіцієнт біологічного різноманіття різко падає і швидко знижується стійкість природних екосистем. На жаль, процес деградації природних екосистем охопив на сьогоднішній день всю Європу, Північну Америку, Південну Америку, Північну Африку, Індонезію, Південну Азію. Найбільш порушеними є Європа та Північна Америка. Отже, людство вимушено звертається до екологів з питанням: "як бути?", оскільки, наразі, екологія — єдина природнична наука, яка здатна дати відповідь на це питання.

Екологія досить тісно межує з соціальною сутністю людини. Кожна людина хоче пити чисту воду, споживати екологічно чисті продукти харчування, дихати чистим повітрям. Слід відзначити, що вирішення цих питань далекі від ідеального. Поряд із вимогами до стану навколишнього середовища людина не в змозі відмовитися від благ цивілізації,

навіть при повному розумінні шкідливості цих благ для самої себе. В даному контексті ідеальним є втілення концепції безперервного (сталого) еколого-економічного розвитку людського суспільства. Сама концепція безперервного розвитку передбачає системний аналіз комплексу параметрів, які б забезпечували існування людини в максимальній гармонії з навколишнім природним середовищем.

У Росії історія охорони природи має глибоке коріння. Перші письмові законодавчі акти датуються X–XII ст. Так, у “Русской правде” Ярослава Мудрого обмежувалося добування звірів і птахів. У XIII ст. князь Володимир Волинський заклав основу майбутнього заповідника “Біловезька пуца”. Великі заходи по охороні природи, які мали загальнодержавний характер, були передбачені указами Петра I. Особливо багато уваги приділялося охороні лісів.

## **1.2. Основні екологічні закони та принципи**

Одним з основних завдань екології є встановлення законів, принципів і правил функціонування та розвитку екосистем. Існує понад 50 екологічних законів, більшість із них має біоекологічний характер. Усі вони добре описані в сучасних екологічних довідниках, тому ми обмежимося розглядом лише тих, які характерні для системи “людина — природне середовище” (за М. Ф. Реймерсом, 1990).

*Закон біогенної міграції атомів (В. І. Вернадського)* — міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється або за безпосередньою участю живої речовини (біогенна міграція), або ж у середовищі, геохімічні особливості якого ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  та ін.) обумовлені живою речовиною — як тією, що в даний час існує в біосфері, так і тією, що діяла на Землі впродовж усієї геологічної історії.

Оскільки відбувається антропогенний вплив на біосферу, змінюються умови біогенної міграції атомів, створюючи підґрунтя для ще більш глибоких хімічних змін в історичній перспективі. Таким чином, процес може стати некерованим, а його перебіг вийде з під контролю людини. Цей закон необхідно враховувати при будь-яких перетвореннях природи.

*Закон внутрішньої динамічної рівноваги* — речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих природних систем та їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-яка зміна одного з цих показників викликає функціонально-структурні кількісні та якісні зміни, що зберігають загальну суму речовинно-енергетичних, інформаційних і динамічних

властивостей системи, де ці зміни відбуваються, або змінює їх ієрархію.

З цього закону можна зробити емпіричні висновки, що будь-яка зміна середовища обов'язково викличе розвиток ланцюгових реакцій, які йтимуть у бік нейтралізації проведеної зміни або формування нових природних систем, утворення яких, при значних змінах середовища, може набути незворотного характеру.

*Закон "Все або нічого" (Б. Хоуліча)* — підпорогові подразнення не викликають нервового імпульсу ("нічого") у збуджуваних тканинах, а порогові стимули, або сума підпорогових, створюють умови для формування максимальної відповіді ("все").

Закон може бути перенесений на природні екосистеми і корисний при екологічному прогнозуванні.

*Закон максимуму біогенної енергії* — будь-яка біологічна система або система за участю живого, знаходячись у стані "стійкої невірноваженості", тобто динамічної рухомої рівноваги з навколишнім середовищем, та еволюційно розвиваючись, посилює свій вплив на середовище. Закон відіграє велику роль у розумінні біосферно-екосистемних процесів, створюючи разом з іншими фундаментальними положеннями основу для розробки стратегії природокористування.

*Закон мінімуму (Ю. Лібіха)* — витривалість організму визначається слабкою ланкою в ланцюгу його екологічних потреб, тобто життєві можливості лімітуються екологічними факторами, кількість і якість яких близькі до необхідного для організму чи екосистеми мінімуму; подальше їх зниження призводить до загибелі організму чи деструкції екосистеми.

*Закон незалежності факторів (В.Р. Вільямса)* — умови життя рівнозначні, але жоден з факторів життя не може бути замінений іншим.

*Закон толерантності (В. Шелфорда)* — відсутність або неможливість процвітання визначається нестачею (в якісному або кількісному розумінні) або, навпаки, надлишком будь-якого ряду факторів, рівень яких може виявитися близьким до меж, які переносяться даним організмом.

*Закон збіднення різномірної живої речовини в острівних скупченнях (Г. Ф. Хільмі)* — індивідуальна система, яка працює в середовищі з рівнем організації більш низьким, ніж рівень самої системи, приречена: постійно втрачаючи свою структуру, система через деякий час розчиниться в навколишньому середовищі.



*Закон піраміди енергій (Р. Ліндемана)* — з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший її рівень переходить в середньому не більше 10 % енергії. Даний закон дозволяє робити розрахунки необхідної земельної площі для забезпечення населення продовольством та ін.

*Закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища* — будь-яка природна система може розвиватися за рахунок матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей середовища, яке її оточує. З цього закону випливає, що повністю безвідходне виробництво неможливе, розраховувати слід тільки на маловідходне.

*Закон фізико-хімічної єдності живої речовини (В. І. Вернадського)* — уся жива речовина Землі є фізико-хімічним єдиним.

З цього закону випливає наслідок: шкідливе для однієї частини живої речовини не може бути нешкідливим для іншої її частини, або шкідливе для одних істот є шкідливим і для інших.

*Закон незамінності біосфери* — біосферу не можна замінити штучним середовищем, як не можна створити нові види життя. Людина не може побудувати вічний двигун, у той час як біосфера і є, практично, “вічним двигуном”.

*Закон шагреневої шкіри* — глобальний вихідний природно-ресурсний потенціал в ході історичного розвитку безперервно виснажується. Це випливає з того, що ніяких принципово нових ресурсів, які могли б з'явитися в наш час, немає. Людина користується всім тим, що вже є у природі.

*Закон відносної незалежності адаптації* — висока адаптивність до одного з екологічних факторів не дає такого ж ступеня пристосованості до інших умов життя (навпаки, вона може обмежувати ці можливості внаслідок фізіолого-морфологічних особливостей організмів). Цей закон необхідно враховувати при антропогенних змінах середовища існування живих організмів.

*Правило Дарлінгтона* — зменшення площі острова в десять разів скорочує кількість видів, що живуть на ньому, вдвічі.

*Правило 10 %* – середньомаксимальний перехід з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший складає 10 % (від 7 до 17 %) енергії (або речовини в енергетичному вираженні) і, як правило, не призводить до несприятливих для екосистеми наслідків.

Використання цього закону дозволяє визначити можливий і безпечний обсяг промислу тварин.

*Правило обов'язковості заповнення екологічних ніш* — пустуюча екологічна ніша завжди буває природно заповнена.

Це правило необхідно враховувати при акліматизації, знищенні шкідливих видів організмів, повному викорененні деяких небезпечних хвороб і т.д.

*Правило більш високих шансів вимирання глибокспеціалізованих форм (О. Марша)* — швидше вимирають більш спеціалізовані форми, генетичні резерви яких для подальшої адаптації знижені. Значну роль у вимиранні таких форм може відіграти антропогенний фактор.

*Правило біологічного посилення* — при переході на більш високий рівень екологічної піраміди накопичення речовин, у тому числі токсичних і радіоактивних, збільшується приблизно в такій же пропорції.

*Правило оптимальної компонентної додатковості* — жодна екосистема не може самостійно існувати при штучно створеному надлишку або нестачі одного з екологічних компонентів. Наприклад, вичерпання енергетичних можливостей приводить цивілізацію до краху.

*Правило соціально-екологічного заміщення* — потреби людини в деяких життєвих благах можуть бути до певної міри і на деякий короткий період заміщені більш повним задоволенням інших, функціонально близьких потреб. Це правило є прямим логічним наслідком закону мінімуму Ю. Лібіха.

*Принцип катастрофічного поштовху* — глобальна природна або природно-антропогенна катастрофа завжди призводить до істотних еволюційних змін, які порівняно прогресивні для природи, але не обов'язково корисні для виду чи іншої систематичної категорії, у тому числі для господарства і життя людини. У наш час ймовірною є поява нових форм захворювань унаслідок швидкого антропогенного збіднення біоти планети.

*Принцип Ле-Шатель'є-Брауна* — при зовнішньому впливі, який виводить систему зі стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщується в тому напрямі, при якому ефект зовнішнього впливу послаблюється. Цей принцип у рамках біосфери порушується людиною.

На початку 1970-х років американський вчений Баррі Коммонер сформулював чотири закони:

1. Усе пов'язане з усім (закон про біосферу та екосистеми).
2. Усе повинно кудись подітися (закон господарської діяльності людини, відходи від якої неминучі, тому слід думати про зменшення відходів та вилучення їх із біосферних циклів речовини).

3. Ніщо не дається задарма (загальний закон раціонального природокористування: платити потрібно енергією за додаткове очищення відходів, добривами — за підвищення врожаю, санаторіями та ліками — за погіршення здоров'я людини).

4. Природа знає краще. Це найбільш важливий закон природокористування, який означає, що не можна намагатися підкорити природу, а потрібно співпрацювати з нею, використовуючи біологічні механізми і для очищення стоків, і для підвищення врожайів культурних рослин, а також не забувати про те, що сама людина — біологічний вид, що вона — дитя природи, а не її володар.

### **1.3. Екологічні фактори навколишнього середовища**

Під *фактором* розуміють причину або рушійну силу будь-якого процесу, що відбувається у навколишньому середовищі.

*Екологічний фактор* — це будь-який вплив, здатний виявляти пряму дію на живі організми хоча б протягом однієї фази їх розвитку.

Екологічна специфікація окремих видів призводить до того, що одні й ті ж фактори мають для різних видів неоднакове значення. Одні з них є основними, без яких організм не може обійтися, інші - мають менше значення, а вплив третіх на організм практично не відчутний. Тому класифікація факторів середовища передбачає групування їх за ознакою подібної дії на організм.

Наближена класифікація екологічних факторів (факторів середовища) наступна:

- за часом — еволюційний, історичний, існуючий;
- за періодичністю — періодичний, неперіодичний;
- за черговістю виконання — первинний, вторинний;
- за походженням — космічний, абіотичний або абіогенний, біологічний, природно-антропогенний тощо;
- за середовищем виникнення — атмосферний, гідросферний, едафічний, геоморфологічний, фізіологічний, генетичний, популяційний, екосистемний, біосферний;
- за характером — інформаційний, матеріально-енергетичний, фізичний, геофізичний, термодинамічний, хімічний, біогенний, комплексний;
- за об'єктом впливу — індивідуальний, груповий;
- за ступенем впливу — летальний, екстремальний, мутагенний, лімітуючий, тривожний, тератогенний.

З екологічної точки зору найбільш розповсюджені фактори — це фактори за їх походженням.

Як зазначалося раніше, до основних факторів за походженням належать *абіотичні, біотичні та антропогенні*.

*Абіотичні фактори* — чинники неорганічного середовища. Абіотичні фактори поділяються на:

- кліматичні — сонячна енергія, температура, рух повітря, атмосферні опади, вологість, тиск, іонізаційні випромінювання;

- атмосферні — фізичні та хімічні властивості атмосфери;

- едафічні (ґрунтові) — фізико-механічні властивості і мікробіологія ґрунтів;

- гідрографічні (фактори водного середовища) — хімічні та фізичні властивості води, її соляний склад.

Серед абіотичних факторів заслуговує на особливу увагу група кліматичних факторів. Найважливішим кліматичним чинником є температурний. Від нього залежить інтенсивність обміну речовин організмів та їх географічне поширення.

Значення світла як екологічного фактора полягає у здатності до фотосинтезу зелених рослин, тобто утворення органічних речовин.

ґрунтовими факторами визначається життєдіяльність організмів, які живуть у ґрунті постійно або тимчасово.

Значну роль, як екологічний фактор, має вода — середовище існування різноманітних живих організмів. Вміст води в рослинах коливається від 40 до 98 %, в організмах тварин — від 35 до 83 %. Унікальність води полягає в тому, що в межах температур, в яких існує життя, лише вона може перебувати у трьох станах: пароподібному (волога), рідкому (туман, дощ) та твердому (сніг, лід, град), і це має величезне значення в житті рослин і тварин.

Завдяки сукупності абіотичних факторів на планеті утворилися кліматичні зони, в яких існують певні рослинні та тваринні угруповання.

*Біотичні фактори* — це фактори, які відбивають явище реакцій (Клементс, Шелфорд, 1939), тобто взаємодію між різними організмами, які населяють відповідне середовище.

Р. Даждо розрізняє два типи реакцій:

- гомотипові реакції, тобто взаємодія між організмами одного виду (особини бука взаємодіють між собою);

- гетеротипові реакції, де взаємодіють особини різних видів (бук і граб у грабово-буковому лісі).

Вважають, що взаємодія між організмами існує лише тоді, коли особини в той чи інший спосіб впливають одне на одного.

Як правило, ця взаємодія пов'язана з тим, що один організм споживає ресурс, який міг би використати інший організм. Отже, одна жива істота залишає іншу без частини ресурсу, що призводить до сповільнення росту останньої, зменшення її потомства і зростання шансу загинути. Залишати одне одного без потенційного ресурсу можуть особини як одного, так і різних видів.

У "Походженні видів" Ч. Дарвін навів чимало прикладів цієї "несправедливості", що й дало змогу вченому створити теорію природного добору. Ці приклади розкривають суть стосунків між "експлуатуючими" та "експлуатованими" видами. Після Ч. Дарвіна вивчення стосунків типу "жертва-експлуататор" розвивалося у трьох напрямках:

- повнішого описання сукупності кормових зв'язків між популяціями в біоценозі, які створюють трофічні мережі;
- одержання якісних оцінок безпосередньої участі "експлуатуючих" та "експлуатованих" видів у трансформації первинної біологічної продукції, створеної автотрофними організмами;
- з'ясування "регуляторної" ролі "експлуатуючого" виду.

Це не змінені організмами абіотичні умови і не самі організми, а саме взаємовідношення між ними, прямий вплив одних на інші.

Таким чином, формами біотичних відношень є конкуренція, хижацтво, паразитизм, симбіоз. Ще один із прикладів біотичних факторів – це вплив вірусів та найпростіших бактерій на живі організми і людину.

*Антропогенні фактори* — різноманітність форм людської діяльності, які змінюють біотичні й абіотичні елементи природи.

Український еколог О. О. Лаптев, зокрема, розглядає антропогенні фактори як породжені соціальним обміном речовин та енергії тіла, речовини, процеси та явища, які впливають на природу одночасно з природними факторами.

До антропогенних факторів належать усі види створюваних технікою і безпосередньо людиною впливів, які пригнічують природу, тобто *забруднення* – внесення в середовище нехарактерних для нього нових фізичних, хімічних чи біологічних агентів або перевищення наявного природного рівня цих агентів:

- технічні перетворення та 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).

Взагалі, *антропогенні фактори* — це впливи людини на екосистему, які зумовляють в її компонентах (абіотичних і біотичних) суттєві відгуки (реакції).

Вони можуть бути фізичними, хімічними, кліматичними, біотичними, за характером зв'язків — вітальними і сигнальними, а за часом дії — постійними і періодичними, а також ледве помітними і катастрофічними. Будучи екзогенними за характером впливу, вони діють на ендегенні фактори і завдяки їм впливають “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, створює нові біоценози. Проте нерідко вплив людини на природу має небажаний характер. Це, наприклад, непродумане розселення рослин і тварин у нові райони, хижацьке винищення окремих видів, а також розорювання перелогових земель, внаслідок чого зникають стійкі високоорганізовані біоценози, зменшується видовий склад рослин і тварин.

До *випадкових* належать впливи, які є наслідком діяльності людини, але не були заздалегідь передбачені або заплановані: випадкове завезення насіння бур'янів і тварин (завезення з Північної Америки колорадського жука до Європи та кролів до Австралії). Сюди слід віднести випас худоби, розорювання земель, рекреаційні деградації тощо.

Особливої шкоди природі завдають урбогенні та техногенні процеси, які часто діють спільно. Великі міста, як правило, мають промислові зони, транспортні магістралі, щільну забудову і, таким чином, створюють великі площі мертвої підстилаючої поверхні, яка акумулює додаткове тепло. Над містами здіймаються “гарячі острови” з пилу та сажі, а також газові викиди, які погіршують якість життєвого середовища, роблячи його шкідливим для здоров'я людей.

Антропогенні едафічні та кліматичні фактори витісняють природну рослинність, збіднюють тваринний світ, обмежують діяльність мікроорганізмів-деструкторів. Тому екосистеми великих міст та індустріальних центрів є енергетично субсидовані, їх діяльність часто повністю залежить від

втручання людини (газони, квітники, сади, сквери, захисні смуги, агрокультури).

Основними урбогенними негативними факторами є *теплові, хімічні, радіаційні, електромагнітні, світлові, звукові, вібраційні* тощо. Часто в містах вони діють одночасно, особливо це стосується транспортних магістралей із високою інтенсивністю руху. Однак не лише у великих містах діє цей комплекс антропогенних факторів. Якщо звернути увагу на лісові Карпати, то побачимо, що і в цьому віддаленому регіоні транспортні, електро- та нафтогазові магістралі, потужні трактори й автомобілі на трельованні лісу та лісовивезенні завдають непоправної шкоди лісовим екосистемам. Зникають окремі види рослин і тварин, руйнується ґрунт, порушується екологічна рівновага.

Однак не можна всю антропогенну діяльність вважати негативною. Впливи, які оптимізують екосистеми, є позитивними. Інтродукція, фітомеліорація, біологічні методи боротьби зі шкідниками рослин і тварин — це позитивна антропогенна діяльність, яка в умовах ноосферного управління повинна переважати. Згідно з висловом відомого російського еколога С.С. Шварца, прогноз розвитку науки на найближчі десятиліття включає в себе суттєві зміни структур біоценозів Землі, створення здатних до самовідновлення і саморегулювання специфічних біогеоценозів.

Учений відзначає антропогенні ландшафти, які будуть вирізнятися підвищеною стабільністю та підвищеною здатністю до біологічного очищення. Загальний баланс біосфери має підтримуватися на рівні, що забезпечуватиме оптимальний розвиток людського суспільства

## **1.4. Екологія популяцій, екологічні ніші, екосистеми та їх класифікація**

### **1.4.1. Екологія популяцій**

*Популяція* — це група особин одного виду, які перебувають у взаємодії між собою і разом заселяють спільну територію. Члени однієї популяції здійснюють один на одного не меншу дію, ніж фізичні фактори.

У популяціях виявляються всі форми зв'язків, характерні для міжвидових відносин, однак найбільш яскраво виражені мутуалістичні та конкурентні. При статевому розмноженні обміном генів популяція перетворюється у відносно цілісну генетичну систему. Якщо перехресне запліднення відсутнє і переважає вегетативне,

партнерогенетичні й генетичні зв'язки слабшають і популяція стає системою кланів або чистих ліній, спільно використовуючи середовище. Такі популяції об'єднані екологічними зв'язками. У популяціях діють закони, які дають змогу використовувати обмежені ресурси середовища з тим, щоб забезпечити потомство, яке залишається.

Популяції багатьох видів мають властивості, які дають змогу регулювати їх чисельність. Розподіл особин по території, співвідношення груп за статтю, віком, морфологічними, фізіологічними та генетичними особливостями відображають структуру популяції.

#### **1.4.2. Екологічна ніша**

Поняття “ніша” вперше було обґрунтоване Елтоном у 1927 р. Через рік Грінелл запропонував назву “екологічна ніша”. Уява про екологічну нішу має метафорестичний характер. На думку Ю. Одума, під екологічною нішею слід розуміти свого роду “професію” живого, його спеціалізацію відносно характеру їжі, способу її добування, часу добової та сезонної активності, типу гніздування тощо. Разом з тим екологічна ніша — це свідчення наявності в біоценозі того чи іншого ресурсу, який може бути використаний чи вже використаний твариною.

Поняття екологічної ніші біоценологічне, а не таксономічне. Одну й ту саму нішу можуть займати види, систематично далекі і, навпаки, нерідко представники якого-небудь одного виду, роду. Так, в етапному ландшафті різних країн і континентів функції головних споживачів трав'янистої рослинності здійснюють різні дикі копитні звірі, свійська худоба, а також дикі кролі та кенгуру. Всі вони займають у відповідних біогеоценозах однакові екологічні ніші. Між видами, які використовують в даному біоценозі однакову екологічну нішу, тобто мають однорідні потреби, біоценотичні відносини можуть відрізнятись між собою особливою гостротою і доходити до прямої конкуренції. Через виникнення конфлікту між близькими в екологічному відношенні видами у них часто спостерігається відомий розподіл біоценотичних функцій, який виявляється при вивченні їх поведінки.

Фактичне використання екологічної ніші пов'язане зі значно більшою спеціалізацією, ніж є на перший погляд. Так, згадані вище степові трав'яні лише в найзагальнішому розумінні складають єдину профоценотичну групу і займають одну й ту саму екологічну нішу. Насправді, між ними існує видимий розподіл (зверх впливу). Порівняльне вивчення



екологічних особливостей видів і окремих частин їх ареалів показує, що там вони нерідко займають різні екологічні ніші.

Сучасна концепція екологічної ніші сформувалась на основі моделі, запропонованої Дж. Кончінсоном (1957 — 1965), згідно з якою екологічну нішу можна уявити як частину уяного багатомірного простору, виміри якого відповідають факторам, необхідним для нормальної життєдіяльності виду.

### 1.4.3. Екосистеми та їх класифікація

Сукупність спільно існуючих різних видів організмів, які перебувають у закономірних зв'язках один з одним, називається *екологічною системою*. Цей термін був запропонований англійським екологом А. Теслі. Він розглядав екосистеми як основні одиниці природи на поверхні Землі, хоча вони і не мають визначеного об'єму і можуть охоплювати простір будь-якої величини.

Сьогодні на планеті Земля всі екосистеми можна поділити на дві частини: *природні* та *штучні*. Такий поділ виправданий у зв'язку з антропогенним впливом на складові біосфери. У свою чергу, ці дві складові біосфери поділяють на менші структурні одиниці. Основою такого поділу є принципові відмінності у функціонуванні того чи іншого типу екосистеми. Існує класифікація *екосистем* залежно від об'єму створюваної продукції (Уїтеккер, 1975), а саме:

- найвищої продуктивності, в межах 2 000–3 000 г/м<sup>2</sup> на рік — до них належать екосистеми тропічних вологих лісів;
- високої продуктивності, в межах 1 000–2 000 г/м<sup>2</sup> на рік — до них належать листяні ліси помірної зони та луки;
- помірної продуктивності, в межах 250–1 000 г/м<sup>2</sup> на рік — до них належать степи та чагарники;
- низької продуктивності, менше 250 г/м<sup>2</sup> на рік — до них належать пустелі та напівпустелі.

Різноманіття екосистем на нашій планеті є важливим фактором загальної стійкості біосфери.

В *лісових екосистемах* міститься 82 % фітомаси Землі (1960 млрд тонн). Загальна лісова площа становить понад 4 млрд га, або 30 % площі поверхні Землі. Ліс, на відміну від багатьох інших органічних ресурсів (нафти, газу, кам'яного вугілля, а також неорганічних запасів земних надр), відновлює природну здатність.

У лісах планети росте понад тисячу видів дерев, кущів, під покривом яких розвиваються багаторічні й однорічні трав'янисті рослини, мохи, лишайники, плавуні, хвоці, папороті, гриби.

*Екосистеми трав'янистих ландшафтів.* Трав'янисті ландшафти поділяються на степи, природні й культурні пасовища та сіножаті і агробіоценози.

Степи займають близько 6 % поверхні Землі. Серед їх рослинності переважають ксероморфні злаки. Степи характеризуються різними кліматичними умовами і різними типами рослинності.

Природні екосистеми представлені пасовищами й сінокосами, які використовуються як кормові угіддя. Розподіл пасовищ і сінокосів по географічних зонах нерівномірний. Останнім часом спостерігається трансформація трав'янистих співтовариств під впливом діяльності людини. Вона виявляється у зміні складу домінуючих видів і структури ценозів, зниження врожайності і кормової цінності фітомаси. Це є наслідком виснаження ґрунту.

*Агробіоценози* — це вторинні, змінені людиною біоценози, які є основними елементарними одиницями біосфери. Співтовариства рослин і тварин, які створюються людиною у морському і прісноводному середовищах, також належать до категорій агробіоценозів.

Якість агробіоценозів залежить від умов середовища — ґрунтів, ґрунтової і атмосферної вологи, ґрунтових мікроорганізмів. Порівняно із звичайними біогеоценозами вони мають обмежений склад рослинних і тваринних компонентів, і в них дуже слабо виражена здатність до саморегуляції. Однак їх біологічна продуктивність вища, ніж природних біогеоценозів. Агробіоценози займають 10 % всієї поверхні Землі (1,2 млрд га) і дають людству близько 90 % харчової енергії.

*Водні екосистеми.* Водна екосистема означає сукупність і взаємозв'язок організмів, які існують у водному середовищі. Водна екосистема може бути прісноводною (стоячі води, заболочені ділянки), морською, лиманною, стічною. Найважливішими факторами, які лімітують водну екосистему, є температура і прозорість води, наявність течії, концентрація вуглекислоти, кисню, біогенних речовин.

## 1.5. Планетарні сфери Землі

Розуміння життя як глобального явища можна вважати одним із вихідних моментів його теоретичного осмислення. Вивчення різноманітності форм органічного світу та закономірностей його розвитку пов'язане з вивченням місця і ролі живих організмів на планеті Земля. У процесі дослідження цих явищ виникли уявлення про біоценози та екосистеми різного рівня. Була розроблена широка концепція біосфери як визначального фактора геологічної історії Землі. Ця концепція була обґрунтована В. І. Вернадським.

### 1.5.1. Характеристика планетарних сфер Землі

На планеті Земля розрізняють кілька сфер: географічна оболонка, атмосфера, гідросфера, літосфера.

**Географічна оболонка** — це комплексна оболонка Землі, яка утворилася внаслідок взаємопроникнення та взаємодії речовин окремих геосфер: літосфери, гідросфери, атмосфери, біосфери. Географічна оболонка є навколишнім середовищем людського суспільства і, в свою чергу, зазнає значного перетворюючого впливу від нього.

Верхня межа географічної оболонки знаходиться в атмосфері на висоті 25–30 км, нижня — в межах літосфери на глибині кількох сотень метрів, а іноді і по океанічному дну.

Географічна оболонка є складною, динамічною природною системою, яка характеризується наявністю речовин у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому та газоподібному.

**Атмосфера** — це газова оболонка, яка оточує Землю. Основні компоненти атмосфери: азот (78,084 %), кисень (20,946 %) та аргон (0,934 %). Важливу роль відіграють і так звані малі домішки: вуглекислий газ, метан тощо. Крім того, атмосфера містить водяну пару: від 0,2 % у приполярних районах до 3 % поблизу екватора. Маса атмосфери становить  $5,15 \cdot 10^{15}$  тонн.

Атмосфера включає в себе кілька шарів. Нижній її шар 15 км заввишки, що прилягає до поверхні Землі, називається *тропосферою* (від грец. “тропо” — зміна). Тропосфера включає завислу в повітрі водяну пару, кількість якої у різних місцях коливається. Над тропосферою розміщена інша повітряна оболонка — *стратосфера* (від грец. “стратум” — шар) висотою до 100 км. У верхній частині атмосфери міститься озоновий екран. Вище, до 500 км, йде *іоносфера* — шар розрідженого газу з іонізованих атомів, а над нею — *електромагнітне поле Землі*.

**Літосфера** (земна кора, або від грец. “літос” — камінь) — зовнішня тверда оболонка земної кулі, до 30 км. У гірських областях — до 70 км. Вона складається з двох шарів: верхнього — гранітного (10 — 40 км), на якому лежать осадові породи, і нижнього — базальтового (до 30 км). Щодо походження сучасної літосфери (континентів) існує ряд гіпотез.

Тонка верхня оболонка Землі (земна кора) складає близько 1 % маси планети. Вісім основних елементів утворюють земну кору. Це кисень, кремній, водень, алюміній, залізо, магній, кальцій, натрій. Вони складають 99,5 % земної кори. На континентах земна кора складається з трьох шарів:

- перший шар — осадові породи;
- другий — шар гранітогнейсів;
- третій — базальтовий шар.

Під океанами кора океанічного типу складається з осадових порід, які залягають на базальтах. Шар гранітогнейсів відсутній.

Основна частина літосфери складається з вивержених (магматичних) порід (95 %), серед яких на континентах переважають граніти, а в океанах — базальти. Літосфера, як елемент глобальної екосистеми, виконує такі важливі функції:

- на її поверхні, яка складається з осадових порід, живе більшість рослинних і тваринних організмів, у тому числі і людина;
- верхня тонка оболонка літосфери на материках — це ґрунти, що забезпечують необхідні умови життя для рослин, тварин і людей;
- літосфера є джерелом корисних копалин: енергетичної сировини, руд металів, мінеральних добрив, будівельних матеріалів тощо.

Частина літосфери, яка займає верхні шари земної кори (до 2–3 км, за деякими даними — до 6–8,5 км) з живими організмами та шаром біогенних осадових порід, називається літобіосферою. Проміжне положення між приземним шаром атмосфери (аеробіосферою) та зеленим рослинним шаром (фітобіосферою) займає *педосфера* — ґрунтовий шар Землі (за В. І. Вернадським — кора вивітрювання).

Важливим компонентом літосфери є ґрунт — верхній шар земної кори, що утворюється і розвивається в результаті багаторічної спільної діяльності живих організмів, води, повітря, сонячного тепла і світла. Це природні утворення, які характеризуються родючістю — здатністю забезпечувати рослини речовинами, необхідними для їхньої життєдіяльності.

Дуже важливим компонентом ґрунту є гумус (перегній) — органічна речовина, що утворилася з решток відмерлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів.

Ґрунтоутворення — це важлива частина біологічного кругообігу речовин та енергії. Ґрунт забезпечує рослини калієм, вуглецем, азотом, фосфором тощо. Ґрунти становлять величезну цінність не лише тому, що це основне джерело отримання продуктів харчування, а й тому, що вони беруть активну участь в очищенні природних стічних вод, регулюють водний баланс суші і виступають в якості нейтралізатора багатьох видів антропогенних забруднень.

Актуальність екологічного вивчення літосфери зумовлена тим, що вона є середовищем усіх мінеральних ресурсів, одним з основних об'єктів антропогенної діяльності, адже через значні зміни цієї частини Землі розвивається глобальна екологічна криза. З різними породами земної кори, як і з її тектонічними структурами, пов'язані різноманітні корисні копалини: горючі, металічні, будівельні тощо.

У межах літосфери періодично відбувалися і відбуваються фізико-географічні процеси — виверження вулканів, землетруси, зсуви, селі, обвали, ерозія земної поверхні, — які призводять до небажаних екологічних ситуацій в різних регіонах планети.

**Гідросфера**, або водяна оболонка Землі, — це сукупність океанів, морів, льодових покривів та води континентів (річок, озер, боліт, підземних вод). Запаси води на Землі становлять  $1,46 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup>, що відповідає 0,25 % маси планети. Основна частина води (80 %) перебуває у глибинних зонах Землі. Прісна вода становить всього 2 % її загальної кількості, тобто  $2,92 \cdot 10^7$  км<sup>3</sup>, причому 85 % її зосереджено в льодовикових щитах Гренландії та Антарктиди, айсбергах і гірських льодовиках. Лише 1 % прісної води містять ріки, озера та підземні води. Саме ці джерела й використовує людство для своїх потреб.

Для величезної кількості живих організмів, особливо на ранніх етапах розвитку біосфери, вода була середовищем зародження та розвитку. Вода у біосфері перебуває у безперервному русі, бере початок у геологічному та біологічному кругообігах речовин.

Величезну роль гідросфера відіграє у формуванні поверхні Землі, її ландшафтів, у розвитку екзогенних процесів, у перенесенні хімічних речовин, у тому числі забруднювачів довкілля.

Водні ресурси відіграють вирішальну роль у багатьох процесах, які відбуваються у природі, в життєзабезпеченні

людини. Наявність води та способи її використання нерідко визначають долі народів і країн. Особливої гостроти набирає ця проблема на сучасному етапі. Але лише невелика частина загальних запасів води — це прісні води, які придатні для використання в народному господарстві.

На території України зареєстровано 71 тис. річок, які мають загальну довжину 243 тис. км. Більшість рік належить до басейнів Чорного та Азовського морів. В Україні 3 тис. озер із загальною площею водного дзеркала 2 тис. км<sup>2</sup>. Окрім цього, країна має 23 тис. ставків та водосховищ, особливо їх багато в районі середнього та нижнього Дніпра.

В результаті діяльності людей гідросфера, як і атмосфера, змінюється як кількісно, так і якісно (через забруднення шкідливими речовинами).

### 1.5.2. Біосфера

Вперше термін “біосфера” (сфера життя) був використаний австрійським вченим Едуардом Зюссом ще у 1875 році. Однак, він не дав визначення цього поняття. Сучасне його тлумачення, яке прийняте в усьому світі, належить українському вченому В. І. Вернадському.



Академік Володимир  
Іванович Вернадський  
(1863–1945)  
перший президент

*Біосфера* — це оболонка Землі, яка включає частини атмосфери, гідросфери та літосфери, заселені живими організмами. Еволюція біосфери тривала понад 3 млрд. років і відбувалася під впливом *алогенних* (зовнішніх) сил, таких як геологічні та кліматичні зміни, й *автогенних* (внутрішніх) процесів, зумовлених активністю живих компонентів екосистеми.

Перші екосистеми, які існували на початкових етапах розвитку біосфери, були населені надзвичайно дрібними анаеробними гетеротрофами, які живилися органічною речовиною, синтезованою в ході абіотичних процесів.

В. І. Вернадський підкреслював відмінні особливості біосфери, зокрема:

- біосфера складає оболонку життя — ділянку існування живої речовини;
- біосферу можна розглядати як ділянку Земної кори, зайняту трансформаторами, які трансформують космічні випромінювання в діяльну земну енергію: електричну, хімічну, механічну, теплову тощо.

Біосфера, в сучасному розумінні, — це глобальна відкрита система зі своїм “входом” (потік сонячної енергії, який надходить із космосу) і “виходом” (утворені в процесі життєдіяльності організмів речовини, які з різних причин “випали” з біологічного кругообігу, так званий вихід в геологію — кам’яне вугілля, нафта, осадові породи тощо).

З позиції кібернетики це велетенська система, котра, як і її складові — біогеоценози, описується як “чорний ящик”. Процеси, що відбуваються всередині нього, закодовані природою.

Можна із впевненістю сказати, що система, в її основних рисах, є саморегульованою та самоорганізованою.

Саморегулювання екосистеми забезпечується живими організмами. Такий підхід дає підстави вважати біосферу централізованою кібернетичною системою, оскільки в ній один елемент (підсистема) — живі організми — відіграє домінуючу, центральну роль у функціонуванні системи в цілому.

Достатньо сказати, що сьогодні на Землі існує близько 2 млн. видів організмів, з них частка рослин становить 500 тис. видів, а тварин — 1,5 млн. видів.

Виходячи з екосистемних уявлень, видове різноманіття — це не просто якась арифметична величина, нижче якої не мав би опускатися живий світ, а реальна потреба буквально кожного існуючого на планеті виду в трофічних ланцюгах біогеоценозів і біосфери в цілому. Ці види необхідно зберегти заради нормального функціонування сучасної біосфери, яка й сьогодні еволюціонує, збагачуючи видове різноманіття.

За даними українського палеоботаніка *О. П. Фесуненка*, кількість родів вищих рослин становила:

- в силурі (близько 400 млн. років тому) — 1 рід;
- в девоні (350 млн. років) — 36;
- в інтервалі від карбону до тріасу (200 млн. років) — 150–200;
- від юри до неогену (150 млн. років до нинішніх днів) — 250–330.

Отже, збагачення видового різноманіття, яке добре ілюструють наведені факти, — це загальна тенденція сучасного розвитку біосфери, яка сприяє усуненню зовнішніх і внутрішніх перешкод та підтримці системи у стані гомеостазу.

**Структура біосфери.** Важливою особливістю біосфери є її злитість з іншими геосферами Землі.

Біосфера розміщена в межах атмосфери, гідросфери та частини літосфери. Загальна протяжність біосфери за радіусом Землі складає близько 40 км. Вона простягається від нижньої

частини озонового екрану атмосфери, який розташований на висоті 20–25 км над рівнем моря, до верхньої частини гірських порід суші та дна Світового океану. Нижня межа простягання біосфери лежить на 23 км в глиб суші та на 1–2 км нижче дна океану.

Основна маса живої речовини, наявність якої відрізняє біосферу від інших геосфер, зосереджена порівняно в невеликому прошарку — біостромі. Бістрома лежить на поверхні суходолу та охоплює верхні шари водойм. У цій зоні знаходиться 98 % всієї живої речовини планети.

Біосфера сформована з різних речовин. За *В. І. Вернадським* виділяють шість головних речовин біосфери:

1. Жива речовина, яка представлена організмами різних видів.

2. Біогенна речовина, яка є продуктом життєдіяльності організмів (наприклад, кам'яне вугілля, торф).

3. Нежива (косна) речовина, в утворенні якої живі організми не брали участі (гірські породи та мінерали).

4. Біокосна речовина, яка сформована за рахунок взаємодії живої та косної речовин (ґрунт).

5. Радіоактивна речовина.

6. Космічна речовина (наприклад, метеорити).

**Жива речовина.** За останніми оцінками, жива речовина складає  $18 \cdot 10^{11}$  тонн. К. М. Ситник та С. П. Вассер (1992) вважають, що на Землі існують 1 447 609 видів живих організмів. На думку інших дослідників, їх набагато більше, можливо, 80 млн. видів. Повнота виявлення живих організмів неоднакова в різних царствах.

Види судинних рослин виявлені на 80 %, мохів — на 70 %, водоростей — на 50 %, грибів — тільки на 1–10 %, членистоногих — на 3–20 %, монер — на 15–20 % та вірусів — на 5 %.

Унікальна роль живої речовини в біосфері полягає в її високій біогеохімічній активності. Жива речовина автотрофних організмів здійснює поглинання сонячної енергії та її перетворення на енергію хімічних зв'язків. Сукупна біогеохімічна активність живої речовини призвела до значної зміни газового складу атмосфери, в результаті чого атмосфера відновного типу перетворилася на атмосферу окислювального типу зі значним вмістом кисню. За рахунок діяльності біосфери на Земній кулі сформувався озоновий екран, який перехоплює більшу частину жорсткого космічного випромінювання та створює сприятливі умови для життя на поверхні планети.



Жива речовина змінила гірські породи та сприяла появі нових видів (вапняки та ін.). Життєдіяльність рослин, тварин та мікроорганізмів спричинила появу ґрунту. Вона є ініціатором та рушієм біогеохімічних циклів речовин. Велике значення в цьому має розмноження організмів, яке В. І. Вернадський називав “розтіканням” живої матерії, її прагненням до розповсюдження.

Жива речовина біосфери характеризується величезною вільною енергією, яку можна було б порівняти хіба що з вогняним потоком лави, але енергія лави недовговічна. У живій речовині, завдяки присутності ферментів, хімічні реакції відбуваються в тисячі, а іноді й мільйони разів швидше, ніж у неживій. Для життєвих процесів характерне те, що одержані організмом речовина та енергія переробляються і використовуються ним у значно більших кількостях. Наприклад, маса комах, яку з’їдає синиця за день, дорівнює її власній масі, а деякі гусениці споживають і перероблюють за добу в 200 разів більше їжі, ніж важать самі.

Індивідуальні хімічні елементи (білки, ферменти, а іноді й окремі мінеральні сполуки) синтезуються лише в живих організмах.

Жива речовина проявляє значно більшу морфологічну та хімічну різноманітність, ніж нежива. У природі відомо понад 2 млн. органічних сполук, які входять до складу живої речовини, тоді як кількість мінералів неживої речовини становить близько 2 тис., тобто, на три порядки нижче.

### **1.5.3. Ноосфера**

З кожним етапом значного зростання чисельності населення дедалі відчутнішими ставали порушення рівноваги в біосфері. Це пояснюється зростанням випереджаючими темпами споживання природних ресурсів, на що вперше у 1798 р. вказав Т. Мальтус. Він стверджував, що чисельність населення нашої планети зростає в геометричній прогресії, а природні ресурси, необхідні для задоволення потреб людства, — в арифметичній. Отже, голод завжди супроводжував і супроводжуватиме людське суспільство через нестачу природних ресурсів для задоволення його споживчих потреб.

У конкурентній боротьбі за подолання голоду виникали війни та хвороби, які були гальмівними факторами зростання чисельності населення. Чим більшою була чисельність населення, тим жорстокішими й масштабнішими були війни та епідемії різних хвороб. Про це свідчить багатовікова історія

людства. Небували темпи науково-технічного прогресу дали в розпорядження людству надмогутню термоядерну зброю, яка здатна знищити не лише біосферу, а й усю планету Земля.

Людство почало розуміти, що для вирішення своїх проблем слід використовувати величезні досягнення науково-технічного прогресу.

Надпотужна техногенна діяльність людства істотно змінює біосферу Землі, яка, за визначенням В. І. Вернадського, перетворюється на *ноосферу* (грец. “ноос” — розум), тобто сферу розумного життя. Цей термін запропонував французький філософ Е. Ларуа, а природознавці П. Тейяр де Шарден та В. І. Вернадський наповнили його змістом.

*Ноосфера* — це сфера гармонійної взаємодії природи та суспільства, у межах якої розумна діяльність стає головним, вирішальним фактором у розвитку біосферних процесів.

Особливу роль в усвідомленні свого значення на Землі грав вихід людини у відкритий Космос, коли вона побувала на Місяці, запустила космічні апарати на Марс і до Сонця, оволоділа таємницями термоядерної енергії, побудувала космічні станції, навчилася штучно вирошувати організми та клонувати тварин. Могутність людини здається безмежною. Результати її діяльності, у деяких випадках, прирівнюються до геологічних сил.

У межах ноосфери нині виокремлюють *антропосферу* — сукупність людей як організмів і *техносферу* — сукупність штучних об'єктів антропогенної діяльності та природних об'єктів, змінених цією діяльністю. Крім того, виокремлюють ще *соціосферу*, під якою розуміють сферу суспільної виробничої діяльності, охопленої людською працею. Якщо основою існування біосфери є живлення, а головна її функція — забезпечення кругообігу речовин, відносини між компонентами (трофічні), то для соціосфери цими показниками є відповідно праця, соціальний обмін речовин і суспільні відносини.

Перехід до ноосфери слід вважати ідеальним варіантом майбутнього, в основі якого лежить складний процес гармонізації відносин між біосферою та господарською діяльністю людини. Визначальним чинником має бути не стихія природного розвитку, а високий інтелект людини. Розум і мудрість мають стати гарантом подальшого розвитку. При цьому слід розв'язати конфлікт між циклічним і безвідходним характером біогенних процесів обміну речовин та енергії в біосфері та затратним характером виробництва з його величезними витратами сировини та енергії, тобто забезпечити оптимальні значення споживально-відтворювальної функції.

Основою ноосферного процесу має стати перехід людства до соціальної автотрофності, тобто самозабезпечення енергетичними ресурсами й сировиною на базі цілісності суспільного виробництва та біотехнології. Природні й синтезовані людиною речовини та матеріали потрібно багаторазово повторно використовувати. І тільки незворотні втрати слід поповнювати за рахунок первинних природних ресурсів. На превеликий жаль, нині наш споживацький підхід до природи, консерватизм мислення й існуючі технології виробництва поки що далекі від ноосферних принципів господарювання. Однак іншої альтернативи, беручи до уваги кризовий стан довкілля, переходу до розумного, раціонального господарювання на своїй планеті у людства немає. Люди прагнуть жити у світі без війн та соціальних катаклізмів, у світі матеріального достатку, екологічно безпечних продуктів, незабрудненого навколишнього природного середовища. Невпинне поглиблення кризи у відносинах людського суспільства з природою наприкінці ХХ ст. зумовило необхідність радикальних змін щодо пріоритетів подальшого розвитку. Тому на "Загальнопланетарному самміті" (Конференція ООН з природного середовища та розвитку ("РІО-92"), що відбувся в Ріо-де-Жанейро в 1992 р., було задекларовано принципи сталого екологічно безпечного розвитку. Вони викладені в двох документах — "Декларація у справі природного середовища і розвитку" та "Глобальна програма дій. Порядок денний 21". Під сталим розуміють такий розвиток, який забезпечує потреби нинішнього покоління людей без завдання їм шкоди, можливості майбутньому поколінню забезпечити свої власні потреби (Доп. Комісії Брундтланд. Цит. з Програми України "Україна 2010". Проект. — К., 2000).

Суспільство сталого розвитку можна розглядати як нову фазу постіндустріального суспільства, яке знаменує зародження ноосферного суспільства. Під час переходу до суспільства сталого розвитку люди мають змінити своє ставлення як до самих себе, так і свого місця в навколишньому світі. Концепція сталого розвитку визначається постійним рухом людського суспільства до ноосфери.

Конференція ООН "РІО-92" розробила загальні принципи щодо збалансованого розв'язання соціально-економічних завдань і збереження природного середовища та природно-ресурсного потенціалу. Керуючись цими принципами й рекомендаціями, кожна країна має розробити власну концепцію та стратегію екологічно безпечного розвитку.

## **Ноосферні принципи вирішення проблем гармонійного співіснування суспільства і природи.**

Сьогodenня підтвердило безальтернативність вибору шляху подальшої життєдіяльності відповідно до ноосферних принципів:

- відновлення гармонійного співіснування суспільства і природи;
- гуманізація життєдіяльності людини, суспільства;
- цілісність релігії, науки, філософії, мудрості;
- суспільний розвиток і державна політика на користь людини і природи;
- віра у велику місію освіти взагалі, і в першу чергу – екологічної освіти;
- проголошення курсу на використання відновлюваних джерел енергії і передусім — енергії Сонця.

Ці принципи можуть бути реалізовані в конкретних стратегічних планах, основний зміст яких наступний:

- зміна філософських цінностей життя людини, суспільства, в основі яких мають бути культурні й духовні традиції, соціально-екологічна цілісність середовища існування;
- екологічне оздоровлення природних об'єктів, ландшафтів як середовища існування, скорочення техногенного навантаження на них і консолідування на цій основі цілей суспільства й держави;
- пріоритет сталості суспільства, соціумів, поселень як кінцевої мети гармонізації життєдіяльності і як визначальної динамічної рівноваги життєвих сил (духовних, природних, матеріальних) людини, родини, суспільства та їхньої політичної надбудови — держави;
- визначення мудрості, культури як міри, а ноосферогенезу — як методологічної бази процесу гармонізації;
- удосконалювання фізичної та духовної природи людини, сприйняття його суспільством як вкрай необхідного заходу для оздоровлення й відновлення життєвих сил природи з використанням біотичних методів регулювання, а також як шляху до досягнення й підтримки динамічної рівноваги життєвих сил (духовних, природних, матеріальних);
- гуманізація освіти як способу життя, як рушійної сили процесу гармонізації і збагачення життєвих сил людини, суспільства та їхньої політичної надбудови – держави;
- визначення спрямованості інноваційних змін для підтримки стабільності й динамічної рівноваги життєвих сил;

- екологізація технологій, пристосування їх до місцевих умов і незалежних джерел енергії; спрямованість на підвищення самодостатності умов життя на принципах соціальної справедливості.

У загальнонауковому й філософському плані нині вже формується та ноосфера, яку передбачав В. І. Вернадський, — період, коли домінує розумна діяльність людей. Однак, ця діяльність ще не стала мудрою у ставленні як до природи, так і до самих людей, суспільства. До поняття “ноосфера майбутнього” найбільше підходить визначення “мудра діяльність”. Цього можна досягти лише шляхом екологізації освіти, науки, знань. Така екологізація має стати одним із провідних пріоритетів державної політики, передусім екологічної.

## **1.6. Кругообіг речовин та енергії в біосфері**

### **1.6.1. Організм і середовище**

Утворення живої речовини та її розкладання — це дві сторони єдиного процесу, який називається *біологічним кругообігом хімічних елементів*. У процесі кругообігу жива речовина заряджається енергією, а в процесі її розпаду енергія повертається в навколишнє середовище. За рахунок біологічної енергії відбуваються різні хімічні та біогеохімічні реакції. Кругообіг речовин характерний для екосистем будь-якого рівня організації — від окремого комплексу живих організмів і середовища — біогеоценозу — до біосфери в цілому.

Розрізняють великий (біосферний) кругообіг і малі кругообіги різних рівнів (наприклад, кругообіг океану, озера чи певної ділянки степу). Термін «кругообіг» у даному випадку є неточним, оскільки йдеться не про рух речовини та енергії по замкненому колу, а швидше про розвиток по спіралі, про поступальний рух, коли в кожному циклі біосфера не повертається до того стану, у якому була раніше.

Організатором цього грандіозного кругообігу в біосфері є життя. В. Вернадський з цього приводу писав: “Життя — жива речовина — воістину є однією з наймогутніших геохімічних сил нашої планети, а та біогенна міграція атомів, що зумовлюється нею, є формою організованості першорядного значення в будові біосфери”.

Міграція хімічних елементів на Землі відбувається, переважно, саме завдяки життю. Російський геохімік і популяризатор наук А. Берельман запропонував назвати це

положення законом Вернадського, який формулюється так: "Міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється або за безпосередньою участю живої речовини (біогенна міграція), або відбувається в середовищі, геохімічні особливості якого ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  та ін.) зумовлені живою речовиною - як тією, що діяла на Землі протягом всієї геологічної історії".

Масштаби синтезу живої речовини величезні. В. І. Вернадський підрахував, що за час існування біосфери на землі було створено  $3,5 - 10^{19}$  тонн біомаси, що майже удвічі перевищує масу всієї земної кори, яка становить  $2 \cdot 10^{19}$  тонн.

Жива речовина значно прискорила і змінила кругообіг у біосфері різних речовин — води, кисню, азоту, вуглекислого газу тощо. Обмін повітря між усіма широтами та обома півкулями Землі відбувається в середньому за два роки. Активно переміщується течіями океанічна вода, в океані немає таких зон, де б вона тривалий час перебувала в застійному стані. Вся прісна вода суші стікає в океан за 14 діб, у льодовиках вода оновлюється за 15 тис. років.

Живий організм є відкритою системою. Його не можна відокремити від навколишнього середовища. Щоб зберегти себе і розвиватись, організм повинен мати вищий рівень організації, ніж нежива матерія. Якісне вираження рівня неорганізованості називається *ентропією*. Тобто, в живого організму або системи рівень ентропії має бути нижчим, ніж у навколишнього середовища. В термодинаміці ентропією системи називають кількість такої енергії, яка не може використовуватись для будь-якої роботи, тобто, зв'язаної енергії. Організм позбавляється ентропії за рахунок підвищення ентропії навколишнього середовища, при цьому він набуває вищого рівня організації, а середовище — нижчого.

Рівень організації живої системи залежить від кількості одержаної ним інформації, отримання ж якої й означає звільнення від ентропії. Як образно висловився чеський учений І. Дворжак: "Позбавляючись ентропії, жива система або організм інформується, тобто набуває нової форми, структури, активності, способу поведінки."

*Середовище* — одне з основних екологічних понять. Під ним розуміють комплекси природних тіл і явищ, з якими організм перебуває у прямих і непрямих взаємовідносинах. Існує більш конкретне просторове розуміння середовища як безпосереднього оточення організму. Це поняття включає в себе сукупність абіотичних і біотичних факторів окремого

організму або біоценозу в цілому, які впливають на ріст та розвиток, тобто це частина природи, яка безпосередньо оточує дані живі організми, все те, серед чого вони живуть. В земних умовах існує чотири типи середовищ для живих організмів:

- 1) водне,
- 2) наземне (повітряне),
- 3) ґрунтове,
- 4) тіло іншого організму, яке використовується

паразитами й напівпаразитами.

Поняття “середовище” тотожне поняттю “умови існування”, яке означає суму життєво необхідних факторів середовища, без яких живі організми не можуть існувати. Елементи середовища існування або умови, які у конкретних видів викликають пристосувальні реакції, є, стосовно організму, екологічними факторами (світло, вода, тепло, повітря, оточуючі організми та ін.). У процесі життєдіяльності організмів здійснюється їх функціональний зв'язок з цими елементами середовища. Залежно від природи, походження і характеру дії екологічні фактори поділяють на абіотичні (екологічно важливі умови неорганічної, або неживої природи), біотичні (різноманітні форми впливу на організм з боку оточуючих його живих істот) і антропогенні (всі форми діяльності людини, які впливають на живу природу). Фактор середовища відчувається організмом лише в певних межах, тобто реакція організму залежить від дозування фактора. При невеликих значеннях або при надмірній дії фактора життєва активність організму помітно пригнічується. Найефективнішою дія фактора може бути не при мінімальних або максимальних його значеннях, а при деякому його оптимальному значенні для даного організму.

*Діагноз дії* (або зона толерантності) екологічного фактора обмежений відповідними крайніми та пороговими значеннями (точки мінімуму і максимуму) даного фактора, при яких можливе існування організму. Закономірності дії екологічних факторів на живі організми і характер реакцій у відповідь на дані дії відомі в літературі як “правило оптимуму”. Встановлено багато інших закономірностей, які доповнюють і розширюють наше уявлення про характер взаємодії організму й середовища.

Якщо вплив умов середовища не досягає граничних величин, живі організми реагують певною дією або зміною свого стану, які в кінцевому підсумку призводять до виживання виду. Існують два основних способи подолання несприятливих дій: їх уникнення і набуття витривалості.

### 1.6.2. Великий кругообіг речовин і енергії в природі та вплив антропогенного фактора на цей процес

Біогенний кругообіг атомів у природі є розімкнутим: деяка їх кількість вилучається і захороняється в осадових породах у вигляді вапняків, торфу, нафти, інших порід та мінералів. Цим забезпечується поступальний розвиток земної кори і біосфери. В. І. Вернадський вважав, що навіть гірські породи (граніт, гнейси тощо) є “колишніми біосферами”, тобто, що ці породи теж колись були органогенними або пройшли цикл переробки живою матерією.

В науці утвердилася концепція великого кругообігу речовини та енергії в біосфері. Його можна уявити так. Вивержені глибинні породи мантійного походження, такі як базальтні та інші, тектонічними процесами виводяться з надр Землі в біосферу. Під впливом сонячної енергії і живої речовини вони вивітрюються, переносяться, відкладаються, перетворюючись на різноманітні осадові породи. Рівень ентропії речовини при цьому знижується, тому що в осадових породах запасується, “консервується” сонячна енергія. Наприклад, з вивержених мінералів утворюються глини, а вулканічні гази ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) переходять у вугілля, нафту.

Далі за рахунок тектонічних рухів осадові породи, вреспті-решт, потрапляють у зони високих тисків і температур Землі, де з них вивільняється сонячна енергія, відбуваються процеси метаморфізму та переплавлення, що призводить до утворення гранітних порід з більш високим рівнем ентропії, ніж у осадових. Деяку роль в цьому процесі відіграють також внутрішні енергетичні джерела Землі, такі, як: енергія радіоактивного розпаду, гравітаційної диференціації тощо. Кристалізовані вивержені породи знову, за рахунок вихідних тектонічних ресурсів, потрапляють у біосферу. Таким чином цикл завершується. Однак, уже на новому рівні, бо з вихідних базальтів утворились вивержені породи гранітного складу.

З розвитком земної кори відбувається нарощування гранітного шару Землі: на початку архейської ери його не було зовсім, нині він є на всіх материках. Великий кругообіг речовин у біосфері можна також визначити як еволюцію земної кори від океанічного типу (базальтової), до материкового (гранітної).

Для біосфери в цілому, як і для земної кори, характерними є ритмічність і циклічність розвитку. Вони виявляються в усьому: в процесах магматизму, осадоутворення, змінах клімату (чергування холодних і теплих періодів), гороутворення та багатьох інших геологічних явищах.



Найбільш ритмічний, поступальний розвиток властивий живим організмам. Встановлено ритми і цикли різної тривалості: від 11-річного, зумовленого сонячною активністю, до мегациклу 180 – 240 млн років, що збігається з галактичним роком, тобто часом обертання землі разом із сонячною системою навколо центра Галактики. При цьому відбувається не “сліпе” повторення процесів, а їх поступальний розвиток, тобто цикл «розкручується» по спіралі, або циклоїду.

Згідно з геологічними уявленнями людина існує надзвичайно короткий час (усього 0,0001 % від тривалості існування біосфери). Проте за цей короткий час кругообіг речовин у біосфері змінився радикально.

Сьогодні людина є найважливішим геологічним фактором. В. І. Вернадський підрахував, що в античні часи люди використовували лише 18 хімічних елементів, у XVIII ст. — 29, а у XIX ст. — 62. Нині використовуються всі 89 елементів, що є в земній корі, крім того, одержано ще й такі, яких у природі немає зовсім, наприклад, плутоній, технецій тощо. Людина небувало прискорила кругообіг деяких речовин. Родовища заліза, міді, цинку, свинцю і багатьох інших елементів, які природа накопичувала протягом мільонів років, швидко вичерпуються. Подекуди, навпаки, відбувається концентрація елементів у таких пропорціях, яких не було в природі (наприклад, на великому заводі, де сконцентровані залізо, мідь, алюміній, органічні сполуки тощо).

Людина дуже швидкими темпами використовує сонячну енергію “минулих біосфер”, накопичену у вугіллі, нафті, природному газі, вона вивільняє енергію, що міститься в урані. Все це сприяє збільшенню неврівноваженості біосфери. Людина не лише прискорює біологічний кругообіг, а й залучає до нього ті елементи, які були з нього давно вилучені.

Займаючись меліорацією, створюючи водосховища, дістаючи воду з глибинних водоносних горизонтів, людина втручається в кругообіг води в природі. В цілому в біосфері під впливом діяльності людини дедалі швидше знижується ентропія за рахунок збільшення ентропії земної кори (спалювання горючих корисних копалин, розсіювання металевих корисних копалин тощо). І це явище впливає з самого характеру діяльності людини. Ми, звичайно, повинні якомога менше змінювати природні процеси, зокрема запроваджувати безвідходні виробництва чи якісно нові виробничі цикли. Однак, нам і в ідеальному випадку не вдасться позбавитися, скажімо, відходів тепла, бо це суперечить початку термодинаміки.

Отже, природу Землі неможливо повернути до того стану, в якому вона перебувала до початку розвитку людини. Дедалі більше “диких” ландшафтів планети змінюються штучно створеними людиною, первісна природа поступається вторинній. На сучасному етапі завдання полягає не в тому, щоб “залишити все, як воно було”, бо це зробити неможливо, а в тому, щоб діяти продумано, науково обгрунтовано, з максимальною обережністю, “відрізати” після того, як “відміряно” не сім разів, а тисячу разів по сім. Слід чітко уявляти, що ми намагаємося побудувати для себе та своїх нащадків, бо нічого з того, що робиться і буде зроблено з живою природою, виправити неможливо.

Біосфера Землі нині піддається дедалі зростаючій антропогенній дії. Можна виділити кілька найсуттєвіших процесів, які не поліпшують екологічної ситуації на планеті. Найбільш масштабним і значним фактором є хімічне забруднення довкілля не характерними для нього хімічними речовинами. Серед цих речовин газоподібні та аерозольні забруднювачі промислово-побутового походження. Так, в атмосфері Землі постійно міститься не менш як 250 млн тонн аерозолей, не враховуючи значної кількості шкідливих газоподібних домішок, які важко визначити: оксидів сірки, азоту, сполук фтору, хлору, оксиду вуглецю та ін. Прогресує також накопичення вуглекислоти в атмосфері. Подальший розвиток цього процесу підсилюватиме небажану тенденцію підвищення середньорічної температури на планеті.

Викликає тривогу в екологів і подальше забруднення Світового океану нафтою та нафтопродуктами, яке сягає вже 1/5 його загальної поверхні. Нафтове забруднення таких обсягів може викликати істотні порушення газо- і водообміну між гідросферою та атмосферою. Воно помітно пригнічує життєздатність водних організмів, змінює температурний і світловий режими поверхневих шарів океану.

Поряд з цим біосфера Землі піддається дії несприятливих факторів фізичної природи, їх рівень досяг значень, які дають підстави говорити про можливість теплового забруднення середовища.

Не викликає сумніву і значення для живих організмів радіоактивного забруднення середовища, шуму, електромагнітних та інших коливань.

Антропогенні фактори виникли лише з появою людини на давньому етапі її взаємодії з природою, проте на перших порах вони були за своїми масштабами досить обмеженими, що було зумовлено низькою чисельністю людей і характером самих факторів. Тоді, по суті, дія людини на природу не відрізнялась від дії будь-якої хребетної тварини. З розвитком

тваринництва і рослинництва значно розширювався набір антропогенних факторів. Деякі ділянки біосфери, які розвиваються сотні тисяч і мільйонів років у відносно стабільних умовах, мають особливу чутливість до антропогенних факторів. До таких ділянок біосфери належать, наприклад, океани, озеро Байкал — унікальна в даному відношенні водойма. Особливе хвилювання викликає поява в природі антропогенних мутагенних факторів, які спричиняють зміни спадковості організмів і відповідно зміну характеру еволюції живої природи. Ці фактори зумовлюють вид еволюції живої природи — антропогенну еволюцію, про яку ми знаємо дуже мало.

В ході історичного процесу взаємодії природи і суспільства поступово збільшувалась кількість антропогенних факторів. Нині кількість їх ще ніким не підрахована, однак відомо, що вона сягає багатьох сотень, а можливо, і тисяч. Простий облік їх потребує багаторічної праці великої кількості дослідників.

#### **? Контрольні питання:**

1. Дайте визначення екології як науки.
2. Який науковий і прикладний аспекти екології?
3. Які основні завдання прикладної екології?
4. Які основні закони екології?
5. Які основні правила і принципи екології?
6. Екологічний фактор, його сутність.
7. Яка наближена класифікація екологічних факторів?
8. Що собою являє екологічна ніша?
9. Яка існує класифікація екосистем залежно від об'єму створюваної продукції за Уїтеккером?
10. Які основні екосистеми та їх роль у біосфері?
11. Кому належить сучасне тлумачення про біосферу?
12. Які відмінні особливості біосфери підкреслював В. І. Вернадський?
13. Ноосфера.
14. Які головні ноосферні принципи вирішення проблем гармонійного співіснування суспільства і природи?
15. Які чотири типи середовищ існують в земних умовах для живих організмів?
16. За яких умов здійснюється міграція хімічних елементів на земній поверхні та у біосфері?
17. Яка концепція великого кругообігу речовини та енергії в біосфері утвердилась у науці?