

**В. П. ГАНДЗЮРА**

# **ЕКОЛОГІЯ**

Видання третє, перероблене і доповнене.

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів  
вищих навчальних закладів**

**КИЇВ**

**2012**

УДК 574

ББК 20.1

Г 64

**Гриф надано Міністерством освіти і науки України**

**(Лист № 1.4/18-Г-1224 від 30.05.2008 р.)**

*Рекомендовано до друку Вченою радою біологічного факультету  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

- Арсан О.М.,** доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу екотоксикології Інституту гідробіології НАН України;
- Бондар О.І.,** доктор біологічних наук, професор, член-кор. УААН, ректор Державного екологічного інституту Міністерства охорони навколишнього природного середовища України;
- Грубінко В.В.,** доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

**Г 64 Гандзюра В.П.**

**Екологія.** Навчальний посібник. Видання 3-тє, перероблене і доповнене. – К.: ТОВ «Сталь», 2012. – 390 с.

**ISBN 978-966-1555-28-9**

*У посібнику з екосистемних позицій при послідовному застосуванні системного підходу і загальної теорії систем розглянуто основні поняття і теорії сучасної екології, речовинно-енергетичні й інформаційні процеси та механізми їх регуляції. Проаналізовані кількісні підходи до оцінки стану екосистем, рівня їх забруднення та інтегральні критерії оцінки якості середовища для біологічних систем різного рівня організації. Чільне місце посідають сучасні екологічні проблеми та можливі шляхи їхнього вирішення в умовах розвитку міжнародного співробітництва. Наведена інформація про систему охорони навколишнього природного середовища та основні закони і нормативні акти щодо регулювання природокористування і екобезпеки.*

**УДК 574**

**ББК 20.1**

**ISBN 978-617-676-004-7**

**© В.П. Гандзюра, 2012**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>Розділ 1. ПРЕДМЕТ І ЗАВДАННЯ ЕКОЛОГІЇ</b> .....	9
<b>Розділ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕКОЛОГІЇ</b> .....	15
<b>Розділ 3. МЕТОДОЛОГІЯ І МЕТОДИ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	25
3.1. Система та її властивості.....	25
3.1.1. Принцип мерджентності.....	25
3.1.2. Склад, структура і зовнішнє середовище системи.....	26
3.1.3. Закон функціонування системи.....	27
3.2. Холістичний і мерологічний підходи в екології.....	28
3.2.1. Спостереження.....	29
3.2.2. Експеримент.....	32
3.2.2.1. Однофакторний експеримент.....	33
3.2.2.2. Багатофакторний експеримент.....	33
3.2.3. Моделювання.....	35
3.3. Загальна схема і етапи системного дослідження в екології.....	41
<b>Розділ 4. ЧИННИКИ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА (ЕКОЧИННИКИ)</b> .....	45
4.1. Поняття екочинника.....	45
4.2. Концепція лімітуючих чинників. Закон мінімуму Ю. Лібіха.....	46
4.3. Закон толерантності В. Шелфорда.....	47
4.4. Типи взаємодії та комплексний вплив екочинників.....	50
4.5. Поняття простору екочинників.....	51
4.6. Функція відгуку біо- і екосистем на сукупну дію екочинників.....	52
4.7. Функція благополуччя системи.....	52
4.8. Класифікація екочинників.....	53
4.8.1. Абіотичні чинники.....	53
4.8.1.1. Температура.....	54
4.8.1.2. Світло.....	55
4.8.1.3. Іонізуюча радіація.....	56
4.8.1.4. Вода.....	62
4.8.1.5. Гази у повітрі та воді.....	66
4.8.1.6. Біогенні елементи.....	70
4.8.1.7. Вітер і течія.....	70
4.8.1.8. Тиск.....	71
4.8.2. Біотичні чинники.....	71
4.8.3. Періодичні та неперіодичні чинники.....	72
4.8.4. Залежні та незалежні від щільності популяції чинники.....	72
4.9. Значення коливального режиму екофакторів та поняття оптимуму.....	73
<b>Розділ 5. ПОПУЛЯЦІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ</b> .....	77
5.1. Поняття популяції в екології.....	77
5.2. Склад і структура популяцій. Геміпопуляції.....	78
5.3. Статичні показники популяції.....	79
5.4. Динамічні показники популяції.....	82
5.4.1. Типи росту популяцій. J-подібний і S-подібний ріст.....	82
5.4.2. Типи динаміки чисельності популяцій.....	84

5.5. Типи життєвих стратегій популяцій.....	88
5.5.1. К- і г-стратегі.....	88
5.5.2. Система життєвих стратегій Раменського–Грайма.....	89
<b>Розділ 6. БІОЦЕНОЗИ І УГРУПОВАННЯ.....</b>	<b>93</b>
6.1. Поняття біоценозу і угруповання.....	93
6.2. Склад біоценозу.....	93
6.3. Видове багатство і видове різноманіття.....	96
6.4. Структурованість біоценозу.....	97
6.5. Екологічний метаболізм.....	98
6.6. Типи міжпопуляційних взаємовідносин.....	98
6.6.1. Математичні моделі міжпопуляційних взаємодій.....	100
6.6.2. Дифузна конкуренція.....	101
<b>Розділ 7. ЕКОЛОГІЧНА НІША.....</b>	<b>105</b>
7.1. Еволюція поняття про екологічну нішу.....	105
7.2. Екологічна ніша з позицій системного підходу.....	106
7.3. Принцип конкурентного виключення Гаузе.....	107
7.4. Сучасний стан уявлень про принцип конкурентного виключення.....	110
7.5. Кількісна оцінка ступеня перекриття екологічних ніш.....	111
<b>Розділ 8. ЕКОСИСТЕМИ.....</b>	<b>119</b>
8.1. Енергетична структура екосистем.....	121
8.1.1. Біопродуктивність екосистем.....	123
8.1.1.1. Продукція особини.....	123
8.1.1.2. Продукція популяції.....	125
8.1.1.3. Продукція угруповання.....	125
8.1.2. Закон Ліндемана (правило 10%).....	128
8.1.3. Ланцюги та мережі живлення.....	128
8.1.4. Загальна схема потоку енергії в біосфері.....	130
8.2. Речовинна структура екосистем. Біогеохімічні колообіги.....	133
8.2.1. Колообіг газоподібних речовин.....	134
8.2.1.1. Колообіг нітрогену.....	134
8.2.1.2. Колообіг карбогену.....	136
8.2.1.3. Колообіг сірки.....	138
8.2.2. Осадочний цикл. Колообіг фосфору.....	139
8.2.3. Колообіг води та його значення.....	140
8.3. Інформаційна структура екосистем.....	141
8.3.1. Механізми регуляції екосистемних процесів.....	148
8.3.2. Принцип Ле Шательє–Брауна.....	149
8.3.3. Механізми регуляції на екосистемному рівні.....	152
8.3.4. Стабільність і стійкість екосистем.....	153
8.3.4.1. Пружна стійкість.....	153
8.3.4.2. Резистентна стійкість.....	153
8.3.5. Динаміка екосистем.....	155
8.3.5.1. Екологічна сукцесія.....	155
8.3.5.2. Флуктуації.....	158
8.3.5.3. Трансформації.....	163
8.3.6. Можливості впливу на екосистеми у бажаному людині напрямку. Основи екотехнології.....	164

8.3.7. Теорія катастроф.....	166
<b>Розділ 9. ЕКОСИСТЕМИ НАШОЇ ПЛАНЕТИ.....</b>	<b>168</b>
9.1. Біосфера.....	168
9.1.1. Вчення В.І. Вернадського про ноосферу.....	171
9.2. Класифікація екосистем.....	171
9.3. Водні екосистеми.....	172
9.3.1. Світовий океан.....	172
9.3.1.1. Чорне море.....	174
9.3.1.2. Азовське море.....	175
9.3.1.3. Екосистеми коралових рифів.....	176
9.3.2. Континентальні водойми.....	180
9.3.2.1. Річки.....	180
9.3.2.2. Озера.....	180
9.3.2.3. Болота.....	181
9.3.2.4. Штучні водойми.....	182
9.3.2.5. Підземні води.....	183
9.4. Наземні екосистеми.....	183
9.4.1. Тундра арктична і альпійська.....	184
9.4.2. Біоми північних хвойних лісів.....	184
9.4.3. Листопадні ліси помірної зони.....	185
9.4.4. Степи помірної зони.....	186
9.4.5. Тропічні степи і савани.....	188
9.4.6. Чапараль і жорстколисті ліси.....	188
9.4.7. Пустелі.....	188
9.4.8. Навівічнозелені сезонні тропічні ліси.....	188
9.4.9. Тропічні дощові ліси.....	189
9.4.10. Тропічний скреб, чи колюче рідколісся.....	189
9.5. Штучні екосистеми.....	189
9.5.1. Агроекосистеми.....	189
9.5.2. Екосистема космічного корабля.....	196
<b>Розділ 10. ЗАБРУДНЕННЯ ЕКОСИСТЕМ.....</b>	<b>198</b>
10.1. Основні терміни.....	199
10.2. Забруднення біосфери.....	200
10.2.1. Нафта і нафтопродукти.....	201
10.2.2. Радіоактивне забруднення.....	201
10.2.3. Пестициди.....	202
10.2.4. Важкі метали.....	204
10.2.4.1. Забруднення харчових продуктів важкими металами.....	209
10.3. Можливості адаптації організмів до токсикантів.....	210
<b>Розділ 11. НОРМА І ПАТОЛОГІЯ ЕКОСИСТЕМ. КОНТРОЛЬ І</b>	
<b>ОЦІНКА ЇХНЬОГО СТАНУ ТА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>212</b>
11.1. Поняття якості середовища.....	212
11.2. Якість середовища та благополуччя і здоров'я людини.....	215
11.3. Екологічне нормування. Токсикологічний контроль. ГДК.....	218
11.4. Біоіндикація.....	220
11.5. Біотестування.....	223
11.6. Кількісна оцінка якості середовища за продукційно-енергетичними	

показниками біосистем.....	227
11.7. Державна система моніторингу довкілля України, шляхи її вдосконалення з урахуванням європейських стандартів і нормативів.....	250
11.8. Екологічні ризики.....	257
<b>Розділ 12. СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ.....</b>	<b>259</b>
12.1. Організація охорони навколишнього середовища в ЄС.....	261
12.2. Джерела кризового стану довкілля і екосистем в Україні.....	262
12.3. Шляхи поліпшення стану довкілля в світі та в Україні.....	268
12.4. Проблеми екобезпеки.....	271
12.5. Проблеми довкілля, пов'язані з військовим сектором.....	272
12.6. Євроатлантична інтеграція і екобезпека.....	279
12.7. Екологічні проблеми, породжені зарегулюванням Дніпра.....	281
12.8. Проблема радіоактивного забруднення екосистем на прикладі Канівського водосховища.....	283
12.9. Екологічний менеджмент.....	284
12.10. Екологічний аудит.....	285
<b>Розділ 13. ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЕКОБЕЗПЕКИ І ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....</b>	<b>287</b>
13.1. Конституція України.....	288
13.2. Закон України «Про основи національної безпеки України».....	289
13.3. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».....	292
13.4. Державна система управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екобезпеки.....	297
13.5. Природні території та об'єкти, що підлягають особливій охороні.....	301
13.6. Роль Національної академії наук України в системі екобезпеки та у вирішенні екологічних проблем.....	306
<b>КАЛЕНДАР ЕКОЛОГІЧНИХ ДАТ.....</b>	<b>307</b>
<b>ПЕРСОНАЛІІ.....</b>	<b>308</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>327</b>
1. Закон України Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року.....	328
2. Конвенція про заборону військового... впливу на природне середовище.....	348
3. Конвенція про доступ до інформації... з навколишнього середовища.....	348
4. Конвенція про біорізноманіття 1992 р.....	349
5. Червона книга України.....	350
6. Зелена книга України.....	352
7. Закон України «Про державну систему біобезпеки... ГМО».....	352
8. Закон України «Про екологічну мережу України».....	355
9. Концепція сталого розвитку агроєкосистем в Україні... до 2025 року.....	362
10. Концепція Державної програми проведення моніторингу.....	366
11. Рамсарська конвенція.....	370
12. Стислий огляд деяких глобальних екологічних проблем (зі статті Девіда Рудмена).....	371
<b>ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....</b>	<b>377</b>
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>384</b>

Удалено: логічної б

Удалено: 9

Удалено: 9

Удалено: 50

Удалено: 1

Удалено: 3

Удалено: 6

Удалено: 3

Удалено: 8

*Моїй дружині  
Людмилі Олександрівні  
Гандзюрі присвячується*

## ВСТУП

Подальший розвиток екології, всезростаюче значення екобезпеки в системі національної безпеки України, як і в інших країнах, катастрофічний стан антропогенно трансформованого довкілля (водночас безпосередній зв'язок між соматичним і психічним здоров'ям населення та станом навколишнього середовища), деградація значної частини природних екосистем та ціла низка інших нагальних екологічних проблем, від вирішення яких залежить подальша доля всього людства, вимагає істотного вдосконалення підготовки фахівців-екологів і поліпшення екологічної освіти в цілому. Наразі істотно бракує навчальних видань з екології, в яких було б послідовно застосовано екосистемний підхід, без використання якого неможливо вирішити жодну екологічну проблему.

Саме тому мною і був написаний посібник «Екологія», який вийшов у світ в серпні 2008 року. Перше видання миттєво розійшлося і постала необхідність перевидання посібника. При цьому автор врахував більшість побажань читачів, а також істотно удосконалив практично всі розділи книги, вилучивши матеріал, без якого можна обійтися, та наповнивши посібник новими даними, знання яких конче необхідні для розуміння сучасної екології та її проблем. Зокрема, були включені підрозділи про теорію катастроф, екологічний менеджмент, екологічний аудит тощо. Третє видання суттєво доопрацьовано – практично в усі підрозділи внесено корективи і доповнення. Тому автор плекає надію, що це видання буде ще цікавішим і кориснішим для читача, ніж перші два.

У посібнику на засадах екосистемної парадигми розглянуті основні екологічні поняття та закони, що має сприяти формуванню цілісного сприйняття екології як науки про екосистеми, їх структурно-функційні особливості, процеси, що в них відбуваються, та головні тенденції розвитку екосистем. Послідовне застосування методології системного підходу дозволяє отримати цілісну картину екологічних процесів, зрозуміти логіку розвитку як біотичних компонентів (і окремих біосистем), так і екосистеми в цілому, а за конкретними проявами окремих процесів і явищ бачити загальні закономірності речовинно-енергетичних та інформаційних процесів у екосистемах різного типу. Це уможливило ретельний аналіз екосистемних процесів та адекватні прогнози стану екосистем різного типу в умовах впливу як зовнішніх чинників, так і з огляду на внутрішньосистемні процеси, що необхідно для знаходження шляхів оптимізації різних форм діяльності людини та мінімізації негативного впливу на природні комплекси.

Чільне місце в посібнику посідає проблема коректного використання термінології, адже мало в якій з природничих наук можна знайти такий розмаї у визначенні навіть головних термінів, які у багатьох випадках мають занадто довільне тлумачення. З огляду на це особливої уваги варта проблема термінології: як коректного використання термінів, так і їх узгодження з міжнародною термінологією в екологічній царині – саме тому в посібнику наведено низку термінів та їх визначення з «Водної рамкової директиви ЄС».

Ретельно проаналізовані проблеми продуктивності екосистем, розглянуті методи кількісної оцінки стану середовища існування й екосистем у цілому, описані як традиційні підходи до цієї проблеми, так і запропоновані нові, які уможливають кількісну характеристику якості середовища як за станом біосистем різного рівня (організми, популяції, угруповання), так і за спряженістю речовинно-енергетичних та інформаційних процесів у екосистемах різного типу. Розглянуті питання ємності екосистем, зміни ентропії в біо- і екосистемах різного ступеня антропогенного навантаження, проблеми оцінки екологічних ризиків, діагностики „норми” і „патології” екосистем, оцінки їхньої стійкості.

Чільне місце відведено методам екологічних досліджень і насамперед кількісним підходам до різноманітних оцінок екологічних процесів. Описані традиційні та запропоновані нові підходи до класифікації, встановлення структурованості та оцінки ступеня схожості будь-якої кількості біо- і екосистем, висвітлено сучасний стан екологічного моніторингу, окреслені шляхи його подальшого удосконалення, включаючи проблеми впровадження Європейських стандартів і нормативів у Державну систему моніторингу довкілля України.

Невід’ємною складовою екологічної освіти і виховання є правова база прийняття відповідних рішень та контролю за дотриманням природоохоронного законодавства, тому в посібнику наведено інформацію про державні та інші структури, відповідальні за збереження довкілля у належному стані, та відповідні закони і нормативні акти, знання яких необхідне і з огляду на розбудову правової держави, де будь-які рішення і дії мають опиратися на відповідну законодавчу базу, знання якої конче необхідне для фахівців відповідного профілю.

Розглянуто низку як глобальних, так і специфічних для України екологічних проблем та можливі шляхи їхнього вирішення в умовах розширення і поглиблення міжнародного співробітництва в галузі екології й екобезпеки.

Наведено інформацію про видатних вчених, чиї праці були вагомим внеском у розвиток екології.



## Розділ 1. ПРЕДМЕТ І ЗАВДАННЯ ЕКОЛОГІЇ

Щодо цього питання існує незбагненний розмаї думок, оглянути який у межах однієї праці практично неможливо. Розбіжності в оцінці головного предмету вивчення екології свідчать, з одного боку – про незавершеність процесу формування основних понять в екології, а з іншого – про нерозуміння специфіки цієї науки.

Останнім часом деякі вчені говорять про **неоекологію**, як «систему наук, що вивчає розвиток, функціонування і прогнозування розвитку антропосфери й опрацьовує можливості керування взаємовідношеннями і зв'язками в системі «природа – суспільство» з метою їх гармонізації і забезпечення екологічно безпечного співіснування» (В. Ю. Некос, 1999). На думку деяких авторів *неоекологія* (сучасна екологія) – галузь знань, присвячена вивченню екологічних проблем, не властивих класичній екології, побудованих на міждисциплінарних, а не тільки біологічних знаннях, що охопили всі сфери життєдіяльності до найдосконаліших життєвих форм, в нерозривному їх зв'язку не тільки з абіотичним середовищем, але і з соціальним та іншими (Некос В.Ю. Некос А. Н., Сафранов Т. А., 2011) [16].

Більшості безплідних дискусій щодо визначення екології як науки можна уникнути, визнавши головним її об'єктом екосистеми різного рівня інтеграції, водночас *екологічним є будь-яке дослідження, виконане на будь-якому рівні організації (молекулярному, клітинному, організмовому, популяційному, біоценотичному, екосистемному тощо), якщо головним завданням його є з'ясування ролі і місця будь-якого об'єкта, процесу, явища в екосистемі чи дослідження екосистем у цілому (їхнього складу, структури, закону функціонування)*. Жодна інша наука не вивчає екосистеми як цілісні біокосні утвори, де живі й неживі компоненти створюють структурно-функційну систему, єдність якої забезпечується певним типом колообігу речовин з використанням зовнішнього джерела енергії, що призводить до виникнення певної інформаційної структури. Слід відзначити, що окремі питання, які стосуються екосистем, розглядаються багатьма науками, проте в усіх цих випадках досліджуються саме окремі структурні компартменти екосистем, а не взаємозв'язки між ними, які, власне, і визначають притаманні кожній екосистемі особливості. Саме тому більшість екологічних проблем можливо вирішити лише на засадах екосистемного підходу, з використанням системного підходу і загальної теорії систем. Тут доречно згадати відомі слова Козьми Пруткова (які особливо актуальні на сучасному етапі розвитку екології): «Узкий спеціаліст подобен флюсу»!

Термін **“екологія”** (від грецького *oikos* – будинок, житло, помешкання) запропонував у 1866 р. відомий німецький дослідник Ернст Геккель у праці “Загальна морфологія організмів”: «...під екологією ми розуміємо суму знань, які належать до економіки природи: вивчення всіх взаємовідносин тварини з органічними і неорганічними компонентами середовища,

включаючи обов'язково дружні чи ворожі стосунки з тваринами і рослинами, з якими вона вступає в контакт. Одним словом, екологія – це наука, що вивчає всі складні взаємозв'язки і взаємовідносини в природі, які розглядаються Дарвіном як умови боротьби за існування». Згідно запропонованої Геккелем ієрархічної класифікації біологічних наук екологія входила до складу фізіології і навіть іменувалася “фізіологією взаємовідносин”. Варто нагадати, що сам термін “фізіологія” за часів Геккеля сприймався дещо інакше, ніж зараз: під “фізіологією” розуміли перш за все вивчення динамічних характеристик організму і взагалі його життєдіяльності в найбільш загальному розумінні.

Праці Гіппократа, Арістотеля та інших древньогрецьких філософів містять відомості екологічного характеру. Ще на початку XVIII століття голландський натурист Антоніо ван Левенгук став піонером у вивченні трофічних ланцюгів і регуляції чисельності організмів, а праці англійського ботаніка Річарда Бредлі свідчать, що автор мав чітке уявлення про біологічну продуктивність.

Виокремлення основних розділів екології розпочалося в 1910 році на III Всесвітньому ботанічному конгресі, який відбувся в Брюсселі (Бельгія). За пропозицією швейцарського ботаніка К. Шретера екологію організмів (особин) було названо *аутекологією* (від грецького *аутос* – сам), а екологію угруповань – *синекологією* (від грецького *син* – разом). Уперше Шретер увів у науку термін «синекологія» в 1902 р.; схожий за змістом термін запровадив у 1918 р. швейцарський геоботанік Г. Гамс – «*біоценологія*». Дещо пізніше американський вчений В. Шелфорд екологію популяцій назвав *демекологією*.

Як самостійна наука екологія виникла на початку XX століття, проте її назва “екологія” увійшла до загального лексикону лише в останні десятиліття. Рух, який можна назвати “загальна стурбованість проблемами довкілля” зненацька розгорнувся з 1968 по 1970 рр., що було обумовлено істотним загостренням проблеми забруднення довкілля і його згубним впливом на людину та її безпосереднє оточення. Саме тому людство раптом зацікавилася забрудненням середовища. *Якщо до 1970 року екологія сприймалася, головним чином, як один із підрозділів біології, то з цього часу екологія вже трактується як інтегрована, міждисциплінарна наука.*

Останніми роками говорять вже про екологію слова, екологію думки, екологію відносин, екологію казна-чого. Таким чином межі цієї науки виявилися розмитими, а її предмет дифузно розширився до практично повної невизначеності.

Виходом із цього глухого кута є визнання головним предметом екології екосистеми, а відтак екологічним слід вважати будь-яке дослідження, що має за мету з'ясування місця і ролі того чи іншого об'єкта або явища в екосистемі. Це кладе край безплідним дискусіям про місце екології в системі наук. У всіх інших випадках межі екології лишаються невизначеними,

а сама наука сприймається як щось комплексне, міждисциплінарне, тобто може тлумачитися бозна-ким будь-як.

У зв'язку з визначенням головного об'єкта екології зникає і проблема належності її до біологічних наук. Біологія вивчає живу форму руху матерії. Конкретні біологічні дисципліни значну увагу приділяють вивченню взаємозв'язків організмів із навколишнім середовищем. Але в усіх випадках вони розглядають абіотичні компоненти як *зовнішні чинники* щодо конкретного організму, популяції чи угруповання. Тобто предметом біологічних дисциплін залишається лише жива форма руху матерії. В екології, на відміну від біології, неживі компоненти екосистеми розглядаються як *складові системи*, тобто вони входять „повноправними” елементами до головного об'єкта екології. Саме тут проходить межа між біологічними та екологічними науками. І саме нерозуміння цього нюансу і породжує безліч дискусій як про предмет екології, так і про її місце в системі наук. А вододіл між екологією і біологією досить тендітний: щойно абіотичні компоненти ми включаємо до складу об'єкту, тобто переносимо з розряду “зовнішнє середовище” до розряду “склад системи”, тобто, як тільки вони стають “повноправними” елементами системи, так відразу екологія виокремлюється з біологічних наук у самостійну.

Таким чином, екологія вивчає структурно-функціональну організацію різноманітних екосистем та процеси, що в них відбуваються, з метою прогнозування подальших змін та оптимізації взаємин людини з Природою, що можливо лише на терені гармонізації всіх форм діяльності людини і є надійною запорукою стійкого розвитку суспільства. Лише за умови усвідомлення себе частиною цього дивовижного розмаїття можливе не тільки виживання людини як виду, а й поступове поліпшення середовища його існування, проте не на засадах постійного протиставлення людини і природи, що призводить до безглузвих і водночас вкрай небезпечних спроб “підкорення” природи, наслідком чого є глобальне спотворення колись чарівних осередків життя, а зараз – спустошених та занедбаних територій і акваторій.

Слід підкреслити, що екологію не варто плутати з *інвайроментологією* (від англ. *environment* – навколишнє середовище) – наукою про довкілля (середовище), яка на сучасному етапі розвитку природничих наук дійсно розглядається як комплексна наука, що включає всі дисципліни, які стосуються окремих проблем довкілля. У свою чергу, екологія також вирішує значне коло проблем інвайроментології, проте до вирішення певних проблем залучені й такі науки, як гідрологія, гідрохімія, геоморфологія, кліматологія, ландшафтознавство тощо.

Екологічні знання та інформація з різних галузей наук про довкілля є науковою основою *раціонального природокористування* – системи заходів з освоєння, використання, відновлення, перетворення та охорони природного середовища і природних ресурсів. *Природокористування* – частина загальної проблеми взаємодії природи та суспільства. Розрізняють галузеві

види природокористування – землекористування, водокористування, лісокористування, використання мінеральних ресурсів, а також комплексно-територіальне (регіональне) природокористування, що розглядає глобальні, міждержавні, державні, національні та локальні проблеми. У цьому аспекті знання основних закономірностей структурно-функційних особливостей кожної екосистеми дозволить поступово перейти до *збалансованого природокористування*, яке не виснажує природні ресурси і забезпечує відтворення відновлювальних природних ресурсів, що є необхідною умовою стійкого розвитку, до якого прагне більшість розвинених країн.

Визнання екосистеми центральним об'єктом екології вимагає застосування системного підходу і загальної теорії систем як головної методологічної основи вивчення екологічних процесів і явищ.

Часто екологію розуміють як науку про охорону довкілля чи природи. Це також не відповідає дійсності. Безумовно, природоохоронні заходи мають базуватися на екологічній інформації, зокрема для вжиття адекватних заходів щодо охорони певних видів необхідно мати достатньо інформації про їхнє місце і роль у конкретній екосистемі, визначити ємність середовища та лімітуючі їхню чисельність фактори тощо. Останнім часом все частіше намагаються розрахувати *екологічні ризики* (екологічний ризик – можливість виникнення змін екосистеми, що призводять до її деградації, зникнення, чи переходу до стану, який загрожує здоров'ю населення і (чи) втраті її господарського значення).

Для вжиття адекватних заходів щодо запобігання забруднення екосистем та зниження його рівня необхідна інформація, які саме забруднення викликають найістотніші негативні зміни в екосистемі, слід з'ясувати джерела надходження та шляхи їх циркуляції в екосистемі, де і в якій кількості вони нагромаджуються тощо.

Таким чином, екологія є науковою основою всієї природоохоронної роботи, а також невід'ємною складовою екологічного менеджменту, екологічного прогнозування, оптимізації будь-яких форм діяльності людини, пов'язаної зі значним впливом на довкілля. З кожним роком істотно зростає вагомість екобезпеки в структурі національної безпеки України, як і переважної більшості країн світу. Вирішення цих проблем також має базуватися на ґрунтовних знаннях механізмів функціонування екосистем, кількісній оцінці їхньої ємності, стійкості та з урахуванням особливостей їхнього розвитку в умовах значного антропогенного навантаження.

Екологічні знання необхідні і для забезпечення *стійкого (збалансованого) розвитку*, про який все частіше говорять на кожному кроці. Стійкий розвиток – *sustainable development* – «розвиток, що відповідає потребам сучасності, не порушуючи здатності майбутніх поколінь задовольняти власні потреби» (Брундтланд). Концепція стійкого розвитку стала логічним наслідком екологізації наукових знань, переходу до нового уявлення про соціально-економічний розвиток, що сформувався в 1970-ті роки. В 1972 р. на Першій Всесвітній конференції з навколишнього середовища у

Стокгольмі її Генеральним секретарем М. Стронгом уперше сформульовано поняття «*екологічний розвиток*». У 1983 р. з ініціативи Генерального секретаря ООН була створена Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку (МКНСР), яку очолила прем'єр-міністр Норвегії Гру-Харлем Брундтланд (1987), відома як Комісія Брундтланд (*The Brundtland Commission, formally the World Commission on Environment and Development (WCED)*). Уперше зв'язок між проблемами довкілля і розвитком сформульовано у 1980 р., коли Міжнародна Спілка Охорони Природи, (*International Union for the Conservation of Nature*) опублікувала Світову Стратегію Охорони Природи (*the World Conservation Strategy*) і вжила термін «*стійкий розвиток*» ("*sustainable development*"). Концепція стійкого розвитку увійшла до загального вжитку після публікації в 1987 р. доповіді Комісії Брундтланд. Стийкий розвиток акцентує увагу не лише на проблемах довкілля, а значно ширше – економіці, довкіллі та соціальній сфері. Вперше наголошено, що зростання економіки має вписуватися в екологічні можливості планети. **ООН визначила «стійкий розвиток» як «розвиток з урахуванням потреб сучасного покоління без загрози задоволення потреб прийдешніх поколінь».** Екологічна складова є невід'ємною частиною всієї цієї концепції. Її успішне впровадження можливе лише на основі ґрунтовних знань особливостей різноманітних екосистем для оптимізації всіх форм діяльності людини та мінімізації шкідливого впливу на довкілля при забезпеченні її основних потреб. Це можливо лише на основі екологізації всіх форм людської діяльності та істотного підвищення екологічної культури і удосконалення чинного законодавства.

Останнім часом часто використовують **Індекс екологічної сталості** (англ. *Environmental Sustainability Index*) – *інтегральний показник стану впровадження концепції стійкого розвитку*. Його розробили в 2000 році вчені Єльського і Колумбійського університетів США. Екологічну стійкість визначають за 5 основними складовими: екосистеми (якість повітря, біорізноманіття, ґрунти, кількість і якість води); екологічні стреси (забруднення повітря і води, забруднення твердими відходами і токсичними речовинами, деградація ґрунтів, демографічні проблеми); уразливість людини (безпека продуктів харчування, вплив стану довкілля на здоров'я, екологічні катастрофи); соціальні та інституційні можливості розв'язувати екологічні проблеми (екологічне управління, коефективність, відповідальність приватного сектора, наука і технології); глобальне управління (емісія парникових газів, участь у міжнародних екологічних угодах, транскордонний вплив). Значення індексу обчислюють за допомогою 21 комплексного індикатора, що охоплює 76 параметрів. За цим індексом у 2005 році до п'ятірки світових лідерів увійшли Фінляндія, Норвегія, Уругвай, Швеція та Ісландія. Україна перебувала на 108-му місці (44,7 бала) серед 146 країн. По кожній із зазначених складових Україна посіла відповідно 74, 62, 29, 126 і 139-те місця (Література: *Environmental Sustainability Index. New Haven, USA, 2005*).

Центр екологічного законодавства та політики Єльського Університету (Yale Center for Environmental Law & Policy) в кінці січня 2012 р. оприлюднив результати щорічного рейтингу країн світу за індексом екологічної сталості (Environmental Performance Index). Україна зайняла в рейтингу 102 місце серед 132 країн. За рівнем прогресу у зменшенні впливу на довкілля протягом 2000-2010 років Україна посіла 82 місце. Перша п'ятірка країн – Швейцарія, Латвія, Норвегія, Люксембург та Коста-Ріка. Швейцарія отримала перше місце в першу чергу за рахунок суворого контролю за забрудненням повітря, високого рівня забезпеченості питною водою та контролю за втратою біорізноманіття. Латвія поруч із Азербайджаном, Румунією, Албанією та Єгиптом досягли найбільшого прогресу в зменшенні негативного впливу на довкілля протягом останніх десятиліть. Росія – навпаки мала найгіршу динаміку зниження індексу екологічної сталості.

Стурбованість щодо стану навколишнього середовища постійно зростає, тому необхідність поєднання діяльності у сфері захисту довкілля із заходами безпеки стає все пріоритетнішою. Обмеженість ресурсів, що відновлюються, а також транснаціональний характер екологічних проблем стали поштовхом до активізації міжнародної спільноти у галузі міжнародного співробітництва з питань екології та проблем навколишнього середовища. Навіть такі організації, як НАТО, дедалі більше уваги приділяють вирішенню суто екологічних проблем, заходам, покликаним мінімізувати шкодочинний вплив військової діяльності (зокрема, військових навчань, бойових операцій тощо) на довкілля. В усьому світі екобезпека з кожним роком стає все вагомішою складовою національної безпеки кожної країни, а тому успішне вирішення екологічних проблем та збереження довкілля є запорукою безпеки і стійкого розвитку.

### ***Контрольні запитання до розділу***

1. Яке місце екології в системі природничих наук?
2. Чи є екологія біологічною наукою?
3. Порівняйте екологію з науками про довкілля.
4. Що вивчає неоекологія?
5. У чому відмінність між екологією та інвайроментологією?
6. Які основні розділи екології виокремлюють за рівнем систем, що досліджуються, та за проблематикою?
7. У чому полягає суть стійкого розвитку?
8. Коли у світі різко зріс інтерес до екологічних проблем?
9. Які головні задачі екології та її роль у забезпеченні стійкого розвитку?
10. Про що свідчить індекс екологічної сталості та яке місце за цим показником посідає Україна?

## Розділ 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕКОЛОГІЇ

*Екосистема* є центральним об'єктом сучасної екології. Саме визнання екосистеми головним об'єктом екології кладе край усім дискусіям про предмет цієї науки, а відтак *екологічним є будь-яке дослідження, метою якого є з'ясування місця і ролі того чи іншого процесу, явища чи об'єкта в екосистемі або ж питання речовинно-енергетичних чи інформаційних процесів екосистеми в цілому*. В усіх інших випадках екологія сприймається як щось “комплексне”, міждисциплінарне, межі якого розмиті до практично повної невизначеності.

*Екосистема – об'єкт, утворений біотичними і абіотичними елементами, речовинно-енергетичні й інформаційні зв'язки між якими формують певну структуру*. Цілісність екосистеми забезпечує колообіг речовин з використанням зовнішнього джерела енергії, що й створює певну структуру (енергетичну, речовинну й інформаційну). Відразу варто підкреслити *відмінність між біо- й екосистемами*. *Екосистеми завжди включають в себе як біотичні, так і абіотичні компоненти, в той час як біосистеми утворені лише біотичними компонентами (абіотичні ж елементи розглядаються як елементи зовнішнього середовища)*.

Прикладом екосистеми може бути озеро. Це відносно замкнена екосистема з досить чіткими (на перший погляд) межами. Вода, завислі й розчинені в ній речовини (гази, мінеральні та органічні сполуки), а також усі його мешканці утворюють екосистему, до якої також входить ґрунт і приповерхневий шар повітря. Живі й абіотичні компоненти екосистеми взаємодіють між собою: фотоавтотрофи поглинають фотони світла і біогени, синтезуючи органічну речовину, а гетеротрофні організми трансформують зв'язану в органічних речовинах енергію, синтезуючи собі подібну речовину та виділяючи у навколишнє середовище продукти метаболізму, які, в свою чергу, використовуються фотосинтетиками та іншими компонентами екосистеми. Між ґрунтом і водною товщею також постійно відбуваються процеси, які істотно впливають на функціонування екосистеми в цілому (обмін біогенами, газами, забруднюючими речовинами тощо). Між приповерхневим шаром повітря та водною товщею постійно відбуваються процеси *інвазії* (переходу газу з повітря у воду) та *евазії* (виходу газу з води в атмосферу) газів, теплообміну тощо. Варто згадати, що ще в 1887 р. *Стефан Форбс назвав озеро з усіма його мешканцями «мікрокосмом», вкладаючи в це поняття зміст, практично тотожній сучасному розумінню терміну «екосистема»*.

Відносна ізольованість озера також досить умовна. Значну частину донного населення озера складають личинки хірономід та інших комах, імаго яких мешкають лише на суходолі. Тому озерну екосистему можна розглядати як відносно замкнену, проте необхідно враховувати головні вхідні та вихідні потоки (речовини, енергії, інформації). Порівнявши кіль-

кість будь-якого компонента (абіотичного чи біотичного) даної екосистеми з вхідним та вихідним потоком цього компонента, можна кількісно оцінити ступінь замкненості системи. Наприклад, 40% фосфору щороку виходить з екосистеми та майже така ж його кількість надходить до неї з інших систем; щодо карбогену, то його вміст щороку «оновлюється» на 20%. Аналогічно розраховують запаси та баланс органічної речовини. Органіка, що синтезується в даній екосистемі, називається *автохтонною*, а та, яка до неї надходить ззовні – *алохтонною*.

Прикладами найбільш замкнених екосистем є екосистеми коралових рифів та вологих тропічних лісів. У цих системах майже вся органічна речовина є *автохтонною*, а колообіги більшості біогенних елементів відносно замкнені – обмін з навколишнім (для даної системи) середовищем незначний.

З поступовим формуванням екосистемної парадигми значною мірою пов'язаний прогрес екології як науки. Успіх терміну і концепції «екосистеми» обумовлені двома обставинами. Їх поява звільнила екологів від давніх дискусій з приводу термінів (*біоми, біоценози, асоціації* тощо), показавши, що можна обійтися і без них, а поняття рівня організації, яке виявилося вельми вдалим, дозволило гідно поховати предмет багатьох суперечок про надпопуляційні одиниці біоти і межі між ними (хоч проблема границь (меж) наразі зберігає свою актуальність). Друга причина успіху терміну «екосистема» полягає у побудові необхідного лексичного містка з загальною теорією систем.

Глобальна екосистема нашої планети – *біосфера* (вперше цей термін використав австрійський геолог Едвард Зюсс у 1875 р., а ретельно розробив вчення про біосферу всесвітньовідомий вчений Володимир Іванович Вернадський) є цілісною системою, речовинно відносно замкненою та енергетично відкритою. В межах біосфери виділяють різні типи екосистем. Їх класифікацію можна здійснювати за певними ознаками. Зокрема, виділяють *природні* та *штучні* екосистеми. За ступенем замкненості біогеохімічних колообігів можна виділити: відносно речовинно замкнені (на 70, 50% тощо) та *транзитні* екосистеми (зокрема, річкові). За стадією *сукцесії* доцільно виділяти *клімаксні* екосистеми та певні *серіальні* екосистеми. За основним джерелом органічної речовини можна виділяти *повночленні* (які існують за рахунок, головним чином, автохтонної, тобто, синтезованої в даній системі, органічної речовини) та *неповночленні* екосистеми (в перших фотосинтезики та хемосинтезики забезпечують більшість потреб гетеротрофів у органічній речовині; другі ж існують за рахунок *алохтонної* органіки). Можна виділяти також *екосистеми імпульсної стабільності* – ті, які існують в умовах істотних коливань певних факторів, від чого і самі вони характеризуються певним комплексом специфічних рис, – зокрема, тимчасові водойми тощо. Часто виділяють мікро- і макроекосистеми, екосистеми різного рівня антропогенної трансформації тощо. Найчастіше екосистеми поділяють на наземні та водні. Таким чином, яку б ознаку екосис-



теми ми не взяли, на її основі можна виділити різні типи екосистем (детальніше про це – у розділі «Екосистеми нашої планети»).

Уперше термін **«екосистема»** запропонував Артур Тенслі в 1935 р. У 1940 р. Володимир Миколайович Сукачов запропонував термін **«біогеоценоз»**. Багато хто з авторів екологічних підручників та посібників розглядають ці терміни як синоніми (зокрема, Ю. Одум). Проте між ними існують суттєві відмінності. *Екосистема – досить лабільне поняття, яке можна використовувати як для експериментальних мікрокосмів, так і для біосфери в цілому. Біогеоценоз – досить конкретне поняття, яке включає лише природні екосистеми значних розмірів, чітко відмежовані від аналогічних утворів кліматичними, геологічними, едафічними, гідрологічними, біоценотичними, геохімічними та енергетичними границями.*

Важливою віхою на шляху вивчення екологами цілісних природних комплексів було запровадження поняття **«біоценоз»**, яке запропонував німецький гідробіолог Карл Мьобіус у книзі "Устриці й устричне господарство" (Möbius, 1877), де цілий розділ називався "Устрична банка як біологічне угруповання, чи біоценоз" (від грецьких слів *bios* – життя і *koinos* – загальний).

Зараз поряд з цим терміном широко використовують поняття **«угруповання»**. **Біоценоз** – це сукупність усіх живих організмів (чи всіх біосистем) у рамках даної екосистеми. Угруповання може мати різні значення, зокрема **«біотичне угруповання»** тотожне поняттю «біоценоз». Водночас часто говорять про угруповання хижаків, фільтраторів-сестонофагів, птахів, кліщів, злаків, мохів тощо.

Щодо понять **«біотоп»** і **«зовнішнє середовище»**, то вони мають свої особливості в залежності від того, для систем якого рівня їх використовують. Термін «біотоп» запропонував відомий данський біогеограф Карл Фрідріх Даль (Dahl, 1908). Тоді біотопом називали безпосереднє абіотичне оточення біоценозу. Пізніше популярним став вираз: *екосистема = біотоп + біоценоз*. Для біоценозу в цілому біотоп – його безпосереднє зовнішнє середовище (абіотичне). Проте для організму зовнішнє середовище – це всі організми цього ж виду (чи популяції), що безпосередньо контактують з ним, представники всіх інших популяцій, які безпосередньо вступають з ним у певні взаємовідносини та сукупність усіх факторів абіотичного оточення, що безпосередньо впливають на нього. Для біоценозу зовнішнє середовище – його безпосереднє абіотичне оточення. По суті, ці поняття (біотоп і зовнішнє середовище) у низці випадків можна використовувати як синоніми.

Біоценоз і угруповання складаються з *популяцій* і *геміпопуляцій*.

**Популяція** – *одновидова самовідтворна біосистема в рамках даної екосистеми*. Так, всі особини широковідомого представника гіллястовусих ракоподібних *Daphnia pulex* даного озера належать до однієї популяції (хоч з точки зору популяційного генетика це може бути кілька генетично відносно ізольованих популяцій цього виду), адже це – група особин даного ви-

ду, яка має всі необхідні властивості для потенційно необмеженого в часі існування в даній екосистемі. Проте часто одна популяція населяє кілька різних екосистем, при цьому в кожній окремій екосистемі популяція може бути представлена певною розмірно-віковою групою, адаптованою до тих чи інших умов існування. Зокрема, личинки хірономід, бабок тощо населяють водні екосистеми, тоді як їхні імаго мешкають на суходолі. Ці розмірно-вікові групи популяції, адаптовані до існування у певному середовищі, В.М. Беклемішев назвав *геміпопуляціями* [37].

Удалено:

Кожна популяція (чи геміпопуляція) в екосистемі займає певну *екологічну нішу* – населяє певний біотоп і відіграє специфічну роль в екосистемі. Поняття *екологічної ніші* чітко окреслює місце і роль даного елемента угруповання в екосистемі (включаючи всю сукупність його зв'язків з іншими елементами, як біотичними, так і абіотичними).

Усі живі організми належать до певних видів, які в свою чергу об'єднуються у різні систематичні категорії – роди, родини, ряди, класи, типи тощо. На відміну від систематики, в екології всі організми відносять до тих чи інших *життєвих форм*. Це суто *екологічна класифікація*, в основі якої лежать певні адаптації організмів до середовища існування.

**Життєва форма (біоморфа)** – термін для позначення групи організмів характерного вигляду (*габітусу*), обумовленого комплексом адаптацій до існування у певному середовищі. До конкретних життєвих форм належать конвергентно сформовані сукупності організмів різного систематичного положення, що мають принципово подібні пристосування до існування у певному середовищі.

Саме умови середовища “працюють” над створенням того чи іншого “образу”. *Класифікація життєвих форм принципово різна для водних організмів і мешканців суходолу*. Слід підкреслити, що класифікація водних організмів ґрунтується на зонах життя у водоймі та характеру адаптацій до середовища, незалежно від їхнього систематичного положення. Зокрема, поняття “планктон” об'єднує рослин, тварин, грибів, бактерій тощо, які знаходяться у товщі води у завислому стані і не можуть протидіяти істотним переміщенням (течіям тощо) водних мас. До бентосу належать мешканці придонного шару та організми, які живуть на ґрунті та ті, які в нього занурюються. Виділення окремих життєвих форм мешканців суходолу традиційно здійснювалося окремо для рослин і тварин.

**Життєві форми рослин.** Ще в працях древньогрецького філософа і природодослідника Теофраста всі рослини поділялися на дерева, кущі, напівкущі і трави.

Відомий німецький натураліст Александр Гумбольдт у 1806 р. запропонував виділити 19 “основних форм” рослин, зокрема, форми пальм, бананів, хвойних дерев, кактусоподібних рослин, ліан, злакоподібних тощо.

Данський еколог Е. Вармінг у 1884 р. першим запровадив поняття про *життєву форму* як сукупність пристосувальних ознак. За його визначен-

ням *це форма, в якій вегетативне тіло рослини знаходиться у гармонії зі зовнішнім середовищем протягом усього життя.*

Інший данський ботанік К. Раунк'єр (1934) запропонував класифікацію життєвих форм рослин, яка використовується і в сучасних екологічних та фітоценологічних дослідженнях. В її основу покладено ідею про те, що схожі типи пристосувань рослин до умов середовища – це перш за все схожі адаптації до перенесення найбільш несприятливих умов. Причому К. Раунк'єр для класифікації життєвих форм рослин вибрав лише одну ознаку, яка має вкрай важливе пристосувальне значення: положення бруньок чи верхівок пагонів у несприятливі періоди року по відношенню до поверхні ґрунту і снігового покриву.

Всі рослини К. Раунк'єр поділив на 5 типів життєвих форм.

1. *Фанерофіти* – бруньки поновлення, відкриті чи закриті, розташовані високо над поверхнею ґрунту (вище 30 см). За консистенцією стебла, висотою рослини, ритмом розвитку листя, ступенем захищеності бруньок поділяються на 15 підтипів.

2. *Хамефіти* – бруньки біля поверхні ґрунту чи не вище 20–30 см. Поділяються на 4 підтипи.

3. *Гемікриптофіти* – бруньки біля поверхня ґрунту чи в її поверхневому шарі, часто вкритому підстилкою. Включає 3 підтипи.

4. *Криптофіти* – бруньки захищені в ґрунті (геофіти) чи під водою (гелофіти і гідрофіти). Поділяються на 7 підтипів.

5. *Терофіти* – поновлення після несприятливого періоду року лише за допомогою насіння.

Поділ на підтипи базується на використанні морфологічних ознак, зокрема характеру і розташування пагонів, захищеності бруньок тощо.

**Життєві форми тварин.** Певний спосіб життя у тих чи інших умовах вимагає і розвитку низки адаптивних ознак, які забезпечують адекватність форм характеру адаптацій до середовища існування. Зокрема, пристосування до польоту сприяло формуванню схожих адаптацій у представників різних таксонів. Так, відносна маса грудних м'язів складає близько чверті від маси тіла і у птахів, і у рукокрилих, і у гастропеліцид – риб родини харацинових з басейну Амазонки, які літають завдяки активній роботі грудних плавців (хоч і на відстань не більше 4–7 м). При ширяючому польоті також спостерігаємо низку схожих адаптацій – у ссавців, рептилій, амфібій, риб тощо. Адаптовані до швидкого плавання форми мають подібну форму тіла – у ссавців, хрящових і кісткових риб, головоногих моллюсків тощо.

Мешканці відкритих просторів характеризуються своїм комплексом адаптивних ознак. Виділяють і такі групи, як риючі форми, крупні копитні тощо.

**Життєві форми гідробіонтів.** У водних екосистемах, на відміну від наземних, життєві форми можуть об'єднувати як рослинні, так і тваринні організми, гриби, бактерії, віруси – планктон, нектон, бентос, пе-

*рифтон, нейстон, плейстон*. В 1890 р вийшла праця Е. Геккеля «Дослідження планктону» (“*Planktonstudien*”), в якій введено багато нових термінів: планктологія, бентос, нектон тощо.

Варто звернути увагу і на ту обставину, що класифікація наземних екосистем базується, головним чином, на домінантних життєвих формах рослин, а водних – на зонах життя. Таких зон життя у водному середовищі кілька: товща води – *пелагіаль* (*pelagos* – відкрите море), приповерхневий шар води – *нейсталь* (*nein* – плавати), придонний шар – *бенмаль* (*bentos* – глибина).

Організми, які мешкають у товщі води, називаються *пелагос*. Ті з них, які здатні активно рухатись і протидіяти значним потокам води (зокрема течіям) – *нектон* (від грецького *нектос* – плаваючий), а гідробіонти, які не можуть здолати течію чи вертикальні потоки води – *планктон* (від грецького *планктос* – той, що блукає, ширяє). Термін «планктон» увів у 1887 р. німецький вчений В. Гензен. За таксономічною належністю розрізняють *зоо-, фіто-, міко-, бактері-, віропланктон*. За розміром тіла виділяють *мегал* – (крупніші 10 см), *макро* – (від 5 до 100 мм), *мезо* – (1–5 мм), *мікро* – (50 мкм – 1 мм), *нано* – (5–50 мкм), і *пікопланктон* + *ультрапланктон* – менше 5 мкм (Ерхард, Сежен, 1984) [102].

Головна особливість організмів *планктону* – здатність знаходитись у “завислому” стані, тобто в товщі води. Для цього у різних організмів існують різноманітні пристосування: адаптації до “парашутування” – всілякі вирости, якими організми “чіпляються” за воду і значно повільніше занурюються; зниження залишкової маси (газові і жирові включення тощо). Як правило, щільність прісноводних планктонних організмів не перевищує 1,01–1,02 г/см<sup>3</sup>, морських – 1,03–1,06 г/см<sup>3</sup> і їхня плавучість близька до нейтральної. Якщо гідробіонти здійснюють вертикальні міграції або переміщуються в ділянки з іншою щільністю води, вони змінюють свою щільність, модулюючи біохімічний склад свого тіла. Так, при 20<sup>0</sup>С щільність його окремих компонентів така: *сквалену* (C<sub>30</sub>H<sub>50</sub> – ненасичений вуглеводень з групи ациклічних тритерпенів) – 0,86 г/см<sup>3</sup>, *воскового етеру* – 0,90, *діацилгліцеринового етеру* – 0,91, *триацилгліцерину* – 0,92, *білку* – 1,33, *скелетної тканини* – 2–3 г/см<sup>3</sup>.

Зниження залишкової маси досягається зменшенням кількості кісткової тканини, білку в тканинах, заміною важких солей більш легкими, заміною більш щільного жиру менш щільним, утворення порожнин, виповнених повітрям.

Характерними особливостями *нектону* є адаптації до швидкого переміщення (зокрема, меч-риба може розвивати швидкість до 90-110 км/год, а атлантичний і тихоокеанські лососі мігрують з моря в річки до нерестовищ зі швидкістю 50 км/добу, долаючи при цьому навіть водоспади) та здатність долати течію. Сюди належить переважна більшість риб (хоч їхні личинки і рання молодь часто входять до складу планктону), головоногі молюски, китоподібні тощо.

Організми дна, придонного шару і ґрунту утворюють *бентос*. Він поділяється у свою чергу на *епібентос* (мешкають на поверхні дна) – та *інбентос* (занурені в ґрунт). Основні адаптації: – пристосування до прикріплення, а також ті, що не дають організмам бути знесеними потоками.

Організми *нейстону* – мешканці плівки поверхневого натягу води - поділяються на дві групи: *епінейстон* – це відомі багатьом клопи-вodomірки *Gerris*, *Hydrometra*, жуки-вертлячки *Gyrinus*, на поверхні океану численні клопи-вodomірки *Halobates*. Плівка під ногами комах вгинається, але не рветься, чому сприяє незмочуваність їхнього тіла. *Гіпонеїстон* – суто водні істоти, що населяють приповерхневий шар води завтовшки 5 см (Зайцев 1970). У ньому поглинається до половини всієї сонячної радіації, що досягає водної поверхні, більша частина ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Важливою особливістю нейстали є значна концентрація тут органічних речовин (яка в сотні і більше разів перевищує концентрацію органічної речовини товщі водойми).

*Плейстон* (*pleusis* – плавати) утворюють організми, частина тіла яких знаходиться у повітряному, а частина – у водному середовищі. До плейстону належить багато видів плаваючих рослин – ряска, сальвінія тощо. З тварин відомі сифонофори фізалії *Physalia aretusa* та інші.

*Перифітон* (*peri* – навколо, *phyton* – рослина) – організми обростання – сукупність гідробіонтів, що мешкають на різних предметах і живих тілах, які знаходяться в товщі води. Майже всім відомі дрейсени, які рясно заселяють підводні камінці, опори мостів, водозабірні споруди, днища суден тощо. Серед морських організмів перифітону відомі мідії, устриці тощо. До організмів перифітону належить багато видів рослин, грибів, найпростіших тощо.

Таким чином, класифікація життєвих форм істотно відрізняється для водних і наземних мешканців. Для гідробіонтів класифікація є суто екологічною, вона базується головним чином на середовищі існування та характеру адаптацій до нього і лише потім – на таксономічній належності, в той час як для мешканців суходолу єдиною класифікацією для представників рослинного і тваринного світу, не кажучи вже про грибів, бактерій і вірусів, практично не існує, а наявні системи класифікацій далекі від досконалості і суттєво відрізняються для представників різних систематичних груп.

Одне з центральних місць в екології займає проблема адаптації організмів до середовища існування. Саме на характері адаптацій і базуються різні схеми виокремлення життєвих форм. Тому варто детальніше зупинитися на розгляді цього питання, а також на можливості кількісної оцінки рівня адаптованості до певного середовища.

**Адаптація** (від лат *adapto* – пристосовую) – властивість живих систем пристосовуватися до умов навколишнього середовища (*Екологічна енциклопедія: У 3 т., 2007*) [11], або ж – сукупність морфофізіологічних, поведінкових, популяційних та інших особливостей виду, які забезпечують

Удалено: ¶

можливість специфічного способу життя в певних умовах довкілля. Сукупність способів адаптації надає будові та життєдіяльності організмів рис доцільності (Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. 2002) [15].

На цьому етапі аналізу даної проблеми варто глибше розглянути взаємозв'язок понять «якості середовища» і «ступеня адаптованості» біосистеми до цього середовища. Саме нерозривний зв'язок між цими поняттями і уможливорює кількісну оцінку ступеня адаптованості біосистеми: її можна оцінювати за ступенем відповідності (адекватності) середовища особливостям (специфіці) біосистеми.

Можна використовувати три групи показників:

- енергетичні,
- речовинні,
- інформаційні критерії адекватності середовища природі системи.

З енергетичних особливої уваги варті: структура енергетичного балансу, зокрема – мінімізація енерговитрат на базальний обмін, величина доступного системі потоку енергії, частка доступної в екосистемі енергії, яка реально використовується даною біосистемою тощо.

З речовинних критеріїв – кількість, збалансованість та адекватність раціону (гетеротрофи) та мінеральних речовин (для автотрофів), ефективність використання речовини тощо.

З інформаційних: адекватність сенсорних систем особливостям середовища, інформаційне забезпечення мінімізації речовинно-енергетичних витрат (раціоналізація ресурсокористування); інформаційні потоки, їх ефективність (для забезпечення функціонування біосистеми) тощо.

Ранжуючи адаптованість біосистеми від 0 (життєдіяльність біосистеми в даному середовищі припиняється) до 100% (максимальне значення стану благополуччя системи) за показниками оптимальності середовища для біосистеми ми практично уперше одержуємо кількісну характеристику ступеня адаптованості біосистеми до середовища свого існування.

Ранжуючи адаптованість біосистеми від 0 (життєдіяльність біосистеми в даному середовищі припиняється) до 100% (максимальне значення стану благополуччя системи) за показниками оптимальності середовища для біосистеми ми практично уперше одержуємо кількісну характеристику ступеня адаптованості біосистеми до середовища свого існування.

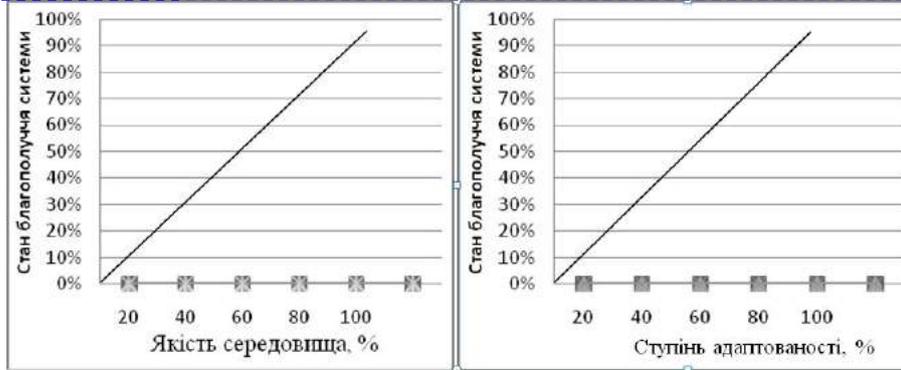
По суті, будь-яка система (біологічна, екологічна тощо) існує у певному середовищі, якість якого визначається як ступінь його відповідності її особливостям (потребам). Загальна стратегія будь-якої системи – підвищення якості середовища її існування. Причому кожна біосистема може підвищити якість середовища свого існування трьома шляхами:

1 – кондиціонуванням середовища (зокрема, широко відома гіпотеза Геї (Lovelock, 1979); 2 – шляхом власних змін (система змінює свої морфологічні, фізіолого-біохімічні та інші особливості у напрямку підвищення адекватності власних особливостей середовищу свого існування); 3 – шляхом вибору найбільш оптимального середовища – міграції тощо.

**Удалено:** Адаптація (від лат *adapto* – пристосовую) – властивість живих систем пристосовуватися до умов навколишнього середовища (Екологічна енциклопедія: У 3 т., 2007) [11], або ж – сукупність морфологічних, поведінкових, популяційних та інших особливостей виду, які забезпечують можливість специфічного способу життя в певних умовах довкілля. Сукупність способів адаптації надає будові та життєдіяльності організмів рис доцільності (Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. 2002) [15]. ¶

Кількісною характеристикою ступеня адаптованості біосистеми в усіх випадках є ефективність її функціонування у певному середовищі, причому варто кількісно оцінювати енергетичну, речовинну й інформаційну адаптованість та спряженість речовинно-енергетичних та інформаційних процесів.

Узагальненим же критерієм адаптованості в цілому є *стан благополуччя системи*.



Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Таким чином, результати аналізу проблем адаптацій під кутом зору їх адекватності середовищу існування дозволяє вивести цю проблему на кількісний рівень оцінок ступеня адаптованості до певного середовища.

Усі живі організми, як і абіотичні компоненти екосистеми, знаходяться під впливом *екоцифників (факторів)*, які значною мірою визначають весь хід процесів у екосистемі.

**Екофактори** – всі чинники зовнішнього (для даної системи) середовища, які спричинюють на неї безпосередній вплив. При цьому ті фактори, які діють опосередковано, не є екофакторами (висота над рівнем моря, глибина тощо).

Склад, структура і зовнішнє середовище екосистеми змінюється з плином часу. Знання цих закономірностей дозволяє здійснювати **екологічне прогнозування** – передбачати зміни складу та структури екосистеми з плином часу та у зв'язку зі змінами у зовнішньому середовищі, в тому числі викликаними діяльністю людини чи іншим потужним зовнішнім впливом. При цьому варто розрізняти зміни, які викликані внутрішньосистемними процесами та закономірностями природної цикліки – зокрема **екологічні сукцесії** (розвиток екосистеми у напрямі термодинамічної рівноваги під впливом, головним чином, внутрішньоекосистемних процесів) й **флуктуації** (періодичні циклічні зміни, викликані природною циклікою – добові, сезонні тощо) та зміни під впливом потужного збурюючого зовнішнього чинника – **трансформації екосистеми** (зазвичай, деградаційного характеру).

Удалено: логічних

На сучасному етапі розвитку екології, коли майже не залишилось екосистем, не змінених унаслідок діяльності людини, майже всі екологічні й біологічні процеси відбуваються в умовах антропогенно трансформованого довкілля, чільне місце посідає з'ясування поняття «*норми*» і «*патології*» екосистем, визначення їхньої *ємності* як до окремих типів забруднення, так і до всього їх комплексу в цілому.

Особливого значення набувають проблеми *стабільності* й *стійкості* різних екосистем до антропогенного навантаження в цілому та до окремих його складових. Актуальність цих проблем, які з плином часу лише загострюються, разом з питанням про *відновлювальні* та *невідновлювальні ресурси* все частіше призводять до міжнародних і внутрішніх конфліктів. Навіть якщо причини конфлікту та небезпеки часто є складними, можна довести, що погіршення стану навколишнього середовища та вичерпання ресурсів є джерелом напруженості у багатьох регіонах світу. Погіршення стану земель, зміни клімату, зниження якості та кількості водних ресурсів, а також процесу управління та розподілу природних ресурсів (нафти, руд, лісів тощо) є чинниками, що можуть безпосередньо стосуватися причин виникнення конфлікту або призвести до загострення інших чинників, таких як бідність, міграція, інфекційні захворювання, низька якість управління та зниження темпів розвитку економіки.

### *Контрольні запитання до розділу*

1. Дайте визначення поняття «життєва форма». Які основні життєві форми виділяють у водному і наземному середовищі?
2. У чому суть екологічного прогнозування?
3. Назвіть характерних представників фіто- і зооплейстону, фіто-і зоопланктону, нектону, бентосу і перифітону.
4. Що взяв за основу К. Раунк'єр при виділенні життєвих форм?
5. Вкажіть відмінності між поняттями «біоценоз» і «угруповання»; «екосистема» і «біогеоценоз»; «популяція» та «геміпопуляція».
6. Хто першим запропонував поняття, тотожне сучасному поняттю екосистеми?
7. Які екосистеми виділяють в біосфері?
8. Що таке екологічна сукцесія і в чому її причина?
9. У чому полягає відмість між біо- і екосистемами?
10. Які шляхи адаптації організмів до середовища існування?
11. Як кількісно оцінити ступінь адаптованості біосистеми до даного середовища існування?



### Розділ 3. МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визнання екосистеми центральним об'єктом екології вимагає послідовного застосування системного підходу і загальної теорії систем при дослідженні екологічних процесів і явищ.

Щоб уникнути багатьох безплідних дискусійних питань (з проблем, які давно вже вирішені загальною теорією систем і ретельно розроблені в рамках системного підходу) та зрозуміти загальні закономірності структурно-функційної організації біологічних і екологічних систем через призму загального прояву притаманних будь-яким системам властивостей, спочатку варто розглянути основні поняття системного підходу.

#### 3.1. Система та її властивості

*Система* – будь-який об'єкт, цілісні властивості якого є результатом взаємодії його складових. У цьому визначенні у неявній формі є платонівське положення, що ціле є чимось більшим, аніж сума його частин. Причому якісно нові особливості цілого у порівнянні з його складовими є результатом взаємодії елементів системи між собою. Водночас система є якісно новим, своєрідним утвором у порівнянні з її елементами. В цьому знаходить свій прояв *принцип емерджентності*.

##### 3.1.1. Принцип емерджентності

При дослідженні ієрархічної організації систем у процесі об'єднання компонентів, чи підмножин, у більші одиниці з'ясовується, що у них з'являються нові властивості, які не притаманні попередньому рівню організації. Такі якісно нові, *емерджентні* властивості неможливо передбачити, виходячи з властивостей компонентів, що складають цей рівень організації. Так, властивості молекул безпосередньо не впливають з властивостей атомів, що входять до їхнього складу. Щодо екологічних систем, то їхні властивості також неможливо передбачити, виходячи з нижчих рівнів організації.

Фейблмен вважає, що *при кожному об'єднанні підмножин у нову множину виникає принаймні одна нова властивість* (Feibleman J.K., 1954).

Солт пропонує розрізняти *емерджентні* та *сукупні* властивості, які є сумою властивостей компонентів (Salt G.W., 1979). Обидві – властивості цілого, проте сукупні властивості не мають нових чи унікальних особливостей. Так, біомаса популяції дорівнює сумі мас усіх особин, які входять до її складу.

*Емерджентні властивості* саме й обумовлені взаємодією компонентів при формуванні системи певного рівня організації. На рівні популяції емерджентними будуть: її структура (статева, генетична, розмірно-вікова тощо), тип розподілу організмів у просторі, народжуваність, смертність,

біотичний потенціал, тип динаміки чисельності (щільності) тощо. На рівні угруповання – типи міжпопуляційних взаємин, трофічні ланцюги і мережі, видове різноманіття тощо. На екосистемному – характер біогеохімічних колообігів, особливості трансформації речовини і енергії, енергетичний баланс екосистеми, екологічні сукцесії, флуктуації, трансформації, спряженість речовинно-енергетичних та інформаційних процесів тощо.

### 3.1.2. Склад, структура і зовнішнє середовище системи

Розглянемо деяку систему  $S_0$ . Вона характеризується певним складом  $X = (X_1, X_2, X_3)$ , структурою  $\Sigma = (\delta^1, \delta^2, \delta^3, \delta^4)$  і функціонує у зовнішньому середовищі  $V = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5)$  (рис. 3.1)

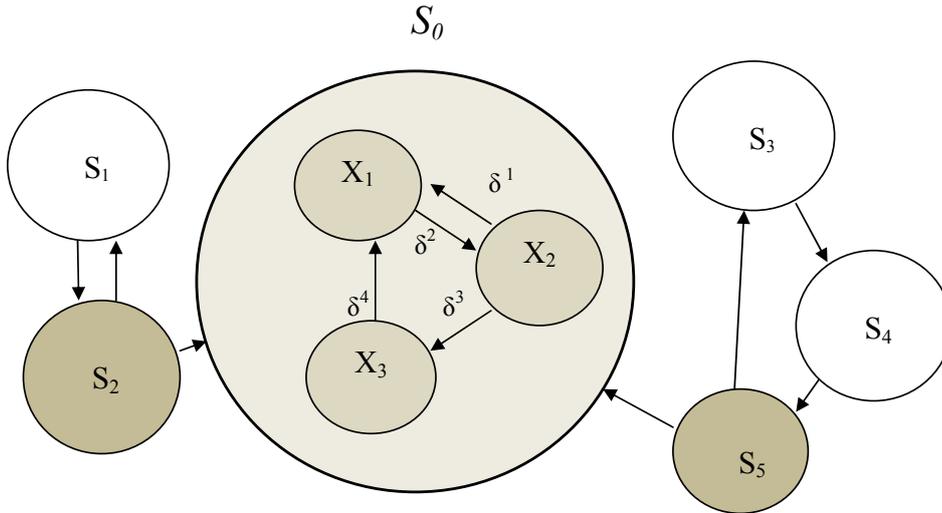


Рис. 3.1. Склад, структура і зовнішнє середовище системи

Елементи, що входять до складу системи, позначаються символами  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , де  $n$  – кількість елементів. Множина

$$X = \{ X_1, X_2, \dots, X_n \},$$

що складається з усіх внутрішніх елементів, називається складом системи  $S$ .

Елементи  $X_1, X_2, \dots, X_n$  пов'язані між собою різноманітними зв'язками, які зветься системоутворюючими, оскільки саме вони перетворюють набір елементів у цілісну систему.

Сукупність усіх зв'язків між елементами системи називається її структурою ( $\Sigma$ ):

$$\Sigma = \{ \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_r \}.$$

Кожна система існує у зовнішньому (для неї) середовищі  $V$ :

$$V = \{ S_1, S_2, \dots, S_k \}.$$

Сукупність усіх систем, що знаходяться в безпосередніх зв'язках з даною системою ( $S_2$  і  $S_5$ , рис. 3.1), є зовнішнім середовищем системи  $S$ :

$$V = S_1, S_2, \dots, S_k;$$

де  $k$  – кількість систем, що безпосередньо пов'язані з даною системою.

Склад, структура і зовнішнє середовище можуть змінюватися з плином часу, що можна записати таким чином:

$$\begin{aligned} V &= V(t) = \{S_1(t), \dots, S_k(t)\}, \\ X &= X(t) = \{X_1(t), \dots, X_n(t)\}, \\ \Sigma &= \Sigma(t) = \{\sigma_1(t), \dots, \sigma_r(t)\}. \end{aligned}$$

Функцією системи  $S$  називається закон (сукупність правил)  $F$ , згідно якого в залежності від зовнішніх факторів  $V(t)$  відбуваються зміни у часі складу  $X(t)$  та структури  $\Sigma(t)$  системи  $S$  [28].

Таким чином, системою  $S(t)$ , що функціонує у зовнішньому середовищі  $V(t)$ , зветься об'єкт

$$S(t) = S(X(t), \Sigma(t), V(t), F)$$

утворений елементами множини  $X(t) = \{X_1(t), \dots, X_n(t)\}$ , які пов'язані між собою певними зв'язками, що утворюють структуру  $\Sigma(t)$  системи  $S$ . Склад і структура системи, у залежності від змін у зовнішньому середовищі  $V(t)$ , змінюються з плином часу згідно закону  $F$  [28].

### 3.1.3. Закон функціонування системи

Як склад  $X(t)$ , так і структура  $\Sigma(t)$  системи  $S(t)$  змінюються з часом згідно функції  $F$ , яка і називається *законом функціонування системи*. Таким чином, **закон функціонування системи** – це сукупність залежностей, згідно яких, у залежності від змін у зовнішньому середовищі  $V(t)$  відбуваються зміни складу  $X(t)$  та структури  $\Sigma(t)$  системи.

Саме у такому вигляді має бути представлений об'єкт, який вивчається на засадах системного підходу. Це уможливило вивчення структурно-функційних особливостей складних систем, а також прогнозування їхнього стану в часі і просторі. Власне екологічне прогнозування, по суті, зводиться до знаходження функції  $F$  у залежності від змін зовнішнього середовища, в тому числі, обумовлених діяльністю людини. Слід відразу зазначити, що екологічні системи змінюються не лише під впливом змін у зовнішньому середовищі, а й мають свою внутрішню логіку власного розвитку, що також необхідно враховувати як при оцінках стану екосистем, так і при прогнозуванні подальших змін у них. У першу чергу, це стосується розвитку екосистем (екологічних сукцесій) та їх циклічних змін (флуктуацій) (річних, сезонних, добових тощо).

Щодо методології дослідження процесів та явищ в екології, то, як і в кожній науці, можна виокремити два основні підходи – холистичний і ме-

рологічний. Дискусії, який з підходів є більш адекватним в екології не вщухають, проте відразу слід зауважити, що кожен із них має свої особливості, проте лише органічне їх поєднання дозволяє отримати найбільш повну і необхідну екологічну інформацію.

### 3.2. Холістичний і мерологічний підходи в екології

*Мерологічний підхід* (від грецького *meros* – частина, міра) істотно домінує в науці ще з часів Ісаака Ньютона (він відомий також як “редукціонізм”). Ще й зараз багато хто з учених вважає, що для того, щоб пізнати складний об’єкт, його необхідно “розібрати” на складові і дослідити їхні особливості. Так, до останнього часу великі надії на пізнання життя покладали на молекулярну біологію і молекулярну генетику. Редукціонізм, що приніс безліч відкриттів у фізиці, хімії та деяких інших природничих науках, виявився практично неспроможним пояснити найбільш фундаментальні особливості живої матерії, її специфіку. Це сповна стосується і екологічних проблем.

*Холістичний підхід* (від грецького *holos* – цілий, цілісний) відомий також як принцип “чорної скриньки”. Остання назва пояснює суть підходу: вивчається реакція-відповідь об’єкта (системи) на певний вплив (тобто функція відгуку) без з’ясування внутрішньосистемних механізмів формування цієї реакції. Особливе місце холістичного підходу обумовлене традиційним домінуванням редукціонізму. Водночас необхідність цілісного дослідження екосистем неодноразово порушувалося багатьма вченими, зокрема, один з фундаторів екології, професор Московського університету К.Ф. Рульє в роботі “Жизнь животных по отношению ко внешним условиям” (1852) писав: “Приляг к лужице, изучи подробно существа – растения и животных, ее населяющих, в постепенном развитии и взаимно непрерыванно перекрещивающихся отношениях организации и образа жизни, и ты для науки сделаешь несравненно более, нежели многие путешественники... Полагаем, задачей, достойной первого из первых ученых обществ, назначить следующую тему для ученого труда первейших ученых: «Исследовать три вершка ближайшего к исследователю болота относительно растений и животных в их постепенном взаимном развитии организации и образа жизни посреди определенных условий». Пока ни одно общество не решилось предложить такой задачи, и не решилось по весьма достойной причине - оно знает, что не нашло бы даже сколько-нибудь удовлетворительного ответа”. Какие же группы организмов мы увидим в этих “трех вершках”?»

В екології вельми вдалимими прикладами застосування холістичного підходу може слугувати дослідження енергетичного балансу екосистем. Зокрема метод світлих і темних склянок, за допомогою якого встановлюють чисту і валову продукцію та загальну деструкцію екосистеми за певний проміжок часу. Вивчення енергетичного балансу екосистеми за добовою динамікою кисню чи вуглекислоти також дає інформацію про всі

складові енергобалансу, навіть не розглядаючи “дійових осіб” та «виконавців” цього процесу.

Ясна річ, що найбільш цінну інформацію, яка не лише дає величини окремих параметрів, але і дозволяє з’ясувати механізми, що лежать в основі формування тих чи інших параметрів, можна отримати лише шляхом вдалого органічного поєднання холістичного та мерологічного підходів.

При цьому на основі холістичного підходу одержують загальні параметри екосистемних процесів (що практично неможливо на засадах мерологічного підходу), а вже з’ясування механізмів окремих процесів досягається на основі мерологічного підходу. Так, вивчивши складові енергетичного балансу будь-якої екосистеми, необхідно з’ясувати, внесок яких популяцій найбільш істотний у продукційно-деструкційні процеси.

Вивчення впливу певного забруднення на екосистему в цілому можливе виключно на холістичному рівні – визначення змін продукційно-деструкційних процесів, їх співвідношення, видового та іншого різноманіття екосистеми, загальної біомаси, величини зв’язаної енергії на одиницю її доступного потоку, спряженості речовинно-енергетичних та інформаційних процесів тощо. А вже на мерологічному – можна з’ясовувати порівняльну чутливість окремих біосистем (популяцій, геміпопуляцій, трофічних груп тощо) до певного забруднення, зміни фізіолого-біохімічних та інших параметрів у окремих організмів, популяцій тощо.

Системний підхід до вивчення будь-якого об’єкта полягає у визначенні його елементів, структури, зовнішнього середовища і закону функціонування. Для цього існує три основні групи методів: *спостереження, експеримент і моделювання*.

### 3.2.1. Спостереження

*Спостереження* передбачає невтручання в природний плин подій, тобто воно проводиться в інтактному режимі. Зазвичай на практиці певне втручання є необхідним, але вимушеним (кільцювання, мічення тощо). У природних умовах найчастіше використовують *польові* спостереження екосистем, котрі покликані вирішити такі завдання:

- 1) виділення головних типів екосистем і їхніх взаємозв’язків;
- 2) визначення видового складу організмів кожної екосистеми та встановлення параметрів умов абіотичних чинників;
- 3) вивчення взаємозв’язків між елементами екосистеми;
- 4) встановлення кількісних характеристик як елементів системи (щільність популяцій тощо), так й інтенсивності взаємозв’язків між ними (трофічних тощо);
- 5) вивчення динаміки процесів (добових, сезонних, річних циклів тощо).

Одним із прикладів найбільш високоорганізованих польових досліджень є програми *комплексного екологічного моніторингу*, розгорнуті на

базі біосферних заповідників згідно програми Глобальної системи моніторингу довкілля.

В екологічних дослідженнях широко використовують найсучасніші технічні засоби. Для отримання інформації щодо стану значних територій чи акваторій вдаються до космічних спостережень, зокрема, за допомогою методу дистанційної спектрофотометрії можна отримати інформацію про стан різноманітних екосистем на нашій планеті, рівень продукційних чи деструкційних процесів, забруднення, пожежі тощо.

Для з'ясування міграцій окремих видів, популяцій застосовують різноманітні методи мічення – кільцювання (птахи), радіопередавачі, вмонтовані в ошийники (здебільшого для ссавців) чи фіксовані на інших частинах тіла тварин (акули, кити тощо), радіоактивні мітки, зокрема радіоізотопи фосфору широко використовують при дослідженні міграцій риб та інших гідробіонтів. Абсолютно необхідне використання радіоізотопів різноманітних елементів при дослідженні біогеохімічних колообігів, їх швидкості та ступеня замкненості.

Термін «моніторинг» з'явився напередодні Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища 1972 р. *Під моніторингом було вирішено розуміти систему безперервного спостереження, вимірів і оцінки стану навколишнього середовища.* На думку російського дослідника-географа І.П. Герасимова (1975) об'єктом загального моніторингу «є багатокomпонентна сукупність природних явищ, що підлягає різноманітним природним динамічним змінам і різноманітним впливам і перетворенням її людиною».

Моніторинг навколишнього середовища – комплексна система спостережень, оцінки і прогнозу змін природних середовищ, природних ресурсів, рослинного та тваринного світу, яка дозволяє виділити зміни їхнього стану і процеси, що відбуваються в них під впливом антропогенного навантаження.

У процесі моніторингу передбачається послідовна реалізація двох задач:

- забезпечується постійна оцінка "комфортності" умов середовища мешкання людини і біологічних об'єктів (рослин, тварин, мікроорганізмів), а також оцінка стану і функціональної цілісності екосистем;
- вжиття коректуючих дій у тих випадках, коли цільові показники критеріїв оцінки якості середовища не досягаються.

Слід мати на увазі, що сама система моніторингу не включає діяльність з управління станом середовища, проте, в ідеалі, є джерелом інформації, необхідної для прийняття екологічно вагомих рішень. Зокрема, Державна доповідь "Про стан природного навколишнього середовища в Російській Федерації в 1995 р." акцентує саме цю цільову складову і визначає моніторинг в РФ як «комплекс спостережень, що виконуються за науково обґрунтованими програмами спостережень, оцінок, прогнозів і розроблених на їхній основі рекомендацій і варіантів управлінських рішень, необ-

хідних і достатніх для забезпечення управлінням станом навколишнього природного середовища і екологічною безпекою». Водночас реально існуючі в Росії "екологічно значимі рішення", прийняті з використанням моніторингових досліджень, нам, на жаль, невідомі.

Система моніторингу реалізується на кількох рівнях:

- *імпаکتному* (вивчення потужних впливів на локальному масштабі, спрямоване, наприклад, на оцінку скидів чи викидів конкретного підприємства);
- *регіональному* (прояв проблем міграції та трансформації забруднюючих речовин, спільного впливу різних факторів, характерних для екосистем у масштабі регіону);
- *фоновому*, що здійснюється в рамках міжнародної програми "Людина і біосфера" на базі біосферних заповідників, де виключена будь-яка господарська діяльність (має на меті зафіксувати фоновий стан навколишнього середовища, що необхідно для подальших оцінок рівнів антропогенного впливу).

За своїм структурно-функційним складом моніторинг навколишнього середовища об'єднує в собі всі необхідні компоненти: приладно-апаратне забезпечення, систему організації вимірів і сукупність методик аналізу результатів необхідних спостережень (табл. 3.1).

Отформатовано:  
Шрифт: не курсив

Таблиця 3.1. Функції моніторингу стану навколишнього середовища (Бурдин, 1985)

Функції					
Задачі				Цілі	
Спостереження	Виявлення	Аналіз	Моделювання	Оцінка	Прогноз
За станом навколишнього середовища	Змін навколишнього середовища, пов'язаних із діяльністю людини	Змін, що спостерігаються	Змін екологічної ситуації	Стану навколишнього середовища	Очікуваних змін стану навколишнього середовища

Моніторинг охоплює весь широкий спектр аналізу спостережень за абіотичною складовою біосфери, що постійно змінюється і є зворотною реакцією екосистем на ці зміни, включаючи як геофізичні, так і біологічні аспекти, що визначає широкий спектр методів і прийомів досліджень, які використовуються при його здійсненні. В літературі, як синонім, часто зустрічається вираз «екологічний моніторинг», де під терміном «екологія» розуміють не конкретний науковий напрям, окреслений Е. Геккелем, а науки про довкілля, «інвайронментологію», як теоретичну основу раціонального природокористування (Розенберг і др., 1999).

Оскільки угруповання живих організмів значною мірою замикають на себе всі процеси, що протікають в екосистемі, ключовим компонентом мо-

ніторингу навколишнього середовища є моніторинг стану біосфери, або *біологічний моніторинг*, під яким розуміють систему спостережень, оцінки і прогнозу будь-яких змін в біотичних компонентах, викликаних чинниками антропогенного походження (Федоров, 1974; Израель, 1977) і знаходить свій прояв на організмовому, популяційному, біоценотичному чи екосистемному рівнях.

За визначенням В.С. Ніколаєвського (1981) *біологічний моніторинг* – визначення стану живих систем на всіх рівнях організації та відгуку їх на забруднення середовища. Тобто, це – система спостережень, оцінки і прогнозу змін стану біологічних систем під впливом антропогенного впливу.

Згідно з визначенням Н.Ф. Реймерса (1990) «моніторинг біологічний – стеження за біологічними об'єктами (наявністю видів, їх станом, появою випадкових інтродуцентів тощо) і оцінка якості навколишнього середовища за допомогою біоіндикаторів».

Отже, тлумачення поняття «біомоніторинг» досить широке – від спостереження за самими живими організмами – до контролю за станом певних чинників середовища за допомогою живих організмів. У останньому визначенні ми бачимо *метод біоіндикації* як засіб вирішення завдань біологічного моніторингу.

Таким чином, спостереження – основа збору інформації щодо стану екосистем з використанням найрізноманітніших технічних засобів. Крім суто наукового аспекту використання цієї інформації, на спостереженні, власне, базується вся система екологічного моніторингу, як на глобальному, так і на регіональному та локальному рівнях. За допомогою спостережень можна здійснювати експрес-діагностику стану екосистем (використовуючи метод біоіндикації). Але в усіх цих випадках втручання спостерігача в природній плин подій або зведено до мінімуму, або ж не передбачене.

Тому отримати відповідь на питання: а що відбудеться в екосистемі, якщо на неї вплине той чи інший чинник певної інтенсивності? – дає змогу експеримент.

### 3.2.2. Експеримент

*Експеримент* передбачає свідоме втручання в природний хід процесу з метою з'ясування функції відгуку системи на той чи інший вплив. Розмаїття експериментів у екології настільки величезне, що навіть перерахувати їх досить складно. Корисним може бути виділення різних їх категорій у залежності від рівня контролю експериментатора над системою, що досліджується, та кількості факторів, які свідомо змінюються.

Перш за все варто розрізнити експерименти за рівнем досягнутого в них контролю над об'єктом. Тут можливі широкі варіації – від практично неконтрольованих експериментів, коли після певного впливу на систему експериментатор у подальшому лише стежить за її динамікою, до практи-



чно повного контролю над усіма параметрами системи, що цікавлять експериментатора.

Досить поширеним є поділ експериментів на польові та лабораторні. Перші в переважній більшості випадків належать до практично неконтрольованих. У лабораторних умовах є змога контролювати ті чи інші параметри і фактори, проте більш-менш повний контроль провідних факторів можливий лише на складному сучасному устаткуванні в різноманітних фітотронах, акватронах та інших керованих лабораторних “мікрокосмах”.

За кількістю чинників, вплив яких на систему вивчається, експерименти поділяють на **однофакторні** – досліджується вплив одного чинника на систему та **багатофакторні** – вивчається одночасний вплив двох і більше чинників на систему.

### 3.2.2.1. Однофакторний експеримент

Класичною схемою проведення експериментів ще з часів Френсіса Бекона (1561–1626) вважається однофакторний експеримент, коли вивчається вплив одного чинника за фіксованих значень решти.

Слід відзначити, що в екології однофакторні експерименти виявляються значно менш продуктивними, ніж у фізиці чи інших природничих науках. Адже коли проводиться однофакторний експеримент, скажімо, досліджується вплив температури на інтенсивність фотосинтезу, слід мати на увазі, що отримані результати відповідають лише даному рівню освітлення, спектрального складу світла, концентрації окремих біогенних елементів, вологості тощо. Причому варто цей же експеримент провести при іншій вологості, як його результати можуть виявитися зовсім іншими, часто – діаметрально протилежними. Зокрема висока температура значно погвалює фотосинтез при достатній кількості вологи і, навпаки, пригнічує його за умови дефіциту води. Те ж саме спостерігаємо і в розташуванні біомів за градієнтами температури і кількості опадів: вологі тропічні ліси притаманні районам з високою температурою і вологістю. Якщо температура висока, а опадів недостатньо – має місце пустеля. Для тундри характерна достатня вологість і низька температура.

Тому в переважній більшості випадків у екологічних дослідженнях адекватним вирішуваний проблемі є *n*-факторний експеримент, принаймні, розглядаючи різні варіанти поєднання значень провідних факторів на ті чи інші досліджувані параметри. Проте ще й сьогодні однофакторний експеримент продовжує зберігати своє значення в екологічних дослідженнях з огляду на його простоту та доступність.

### 3.2.2.2. Багатофакторний експеримент

Ще в 30-х роках ХХ століття для вирішення задач одержання високих врожаїв англійським генетиком Рональдом Ейлмером Фішером були розроблені основи методу багатофакторного аналізу, які полягали в тому, що в кожному варіанті з серії дослідів експериментатор змінює не один, а від-

разу кілька факторів, значення яких комбінуються певним чином, унаслідок чого при наступній математичній обробці отримують багатофакторний опис процесу чи явища.

При дослідженні екологічних процесів доводиться мати справу з одночасним впливом багатьох чинників. Тому завданням багатофакторного експерименту і є з'ясування впливу  $n$  факторів (за різних варіантів їхнього взаємопоеднання) на ту чи іншу систему і аналіз різних сценаріїв реагування її на сукупну дію чинників.

Із двофакторним аналізом знайомі майже всі на прикладі *кліматограм*. Результати двофакторного аналізу легко графічно інтерпретувати. Для цього по осі  $x$  відкладають значення одного фактора, по осі  $y$  – другого. По осі  $z$  можна відстежувати функцію відгуку системи на двофакторний вплив (рис. 3.2).

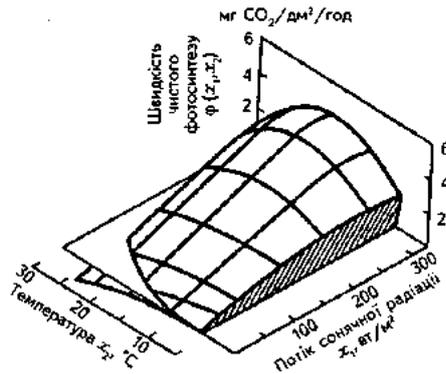


Рис. 3.2. Функція відгуку  $\varphi(x_1, x_2)$  швидкості чистого фотосинтезу вереску *Calluna vulgaris* на інтенсивність сонячної радіації  $x_1$  та температуру  $x_2$

Трьохфакторний експеримент графічно зобразити дещо складніше – по кожній з трьох осей відкладають значення відповідних факторів, а результати відгуку системи на трьохфакторний вплив можна зобразити, використовуючи засоби просторової графіки, в тому числі, використовуючи різні кольори.

Чотирьох- і більше факторний експеримент графічно вже значно важче інтерпретувати. Найпростіше результати таких експериментів можуть бути представлені у  $n$ -вимірному просторі, кожна точка якого має свої координати на кожну з  $n$  осей.

Найпростішим графіком результатів  $n$ -факторного експерименту може бути ранжований у порядку зростання значень функції відгуку системи на комплексний вплив  $n$  факторів графік, де на осі  $Y$  – відкладають значення функції відгуку системи (у порядку зростання), а кожна точка осі  $X$  буде мати відповідні значення  $n$  факторів. Комп'ютерна графіка дозволяє, навівши курсор на будь-яку точку кривої функції відгуку, отримати значення  $n$  факторів, за яких функція відгуку має відповідне значення. Таким

чином, можна отримати повну картину  $n$ -факторного впливу на ту чи іншу функцію системи чи на її стан в цілому (за інтегральними показниками).

Для ефективного планування багатофакторного експерименту запропоновано низку підходів (Федоров, 1967; Максимов, Федоров, 1967, 1969; та ін.). З розвитком комп'ютерних технологій багатофакторний експеримент має посісти провідне місце в експериментальній екології.

### 3.2.3. Моделювання

*Моделювання* передбачає створення *моделі*. Подальше вивчення системи проводять не на реальному об'єкті, а на його моделі. **Модель** можна визначити як *будь-яке спрощене відображення об'єкта (реального чи уявного)*. Особливо цінним моделювання є у випадках, коли досліди над реальною системою проводити неможливо з огляду на її масштаби – скажімо, біосфери в цілому, океану, моря тощо або ж небезпечно – вплив радіації на екосистеми. Тому для вивчення цих проблем створюється модель і подальші дослідження проводяться на ній.

Суть моделювання полягає в тому, що поряд із системою-оригіналом, яку позначимо через  $S^0(V^0, X^0, \Sigma^0, F^0)$  розглядається її модель, роль якої виконує деяка інша система:  $S = (V, X, \Sigma, F)$ , що являє собою образ (подібність) оригіналу  $S^0$  при моделюючому відображенні (відповідності подібності)  $f$ , що позначається так:

$$f: (S^0) \rightarrow S,$$

де дужки означають, що  $f$  – частково визначене відображення, тобто не всі властивості складу та структури оригіналу відображені моделлю.

Стратегія моделювання полягає у спробі шляхом спрощення отримати модель, властивості й поведінку якої можна було б ефективно досліджувати, проте яка б водночас залишалася б подібною оригіналу, щоб результати досліджень можна було б застосовувати до нього. Таким чином, мистецтво моделювати полягає у максимальному спрощенні об'єкту моделювання при збереженні якомога більшої кількості істотних властивостей оригінала. Зворотній перехід від моделі до оригіналу зветься *інтерпретацією моделі*.

За формою реалізації (під реалізацією розуміють характеристику того, “з чого і як модель зроблена”, – Полетаєв, 1966) моделі розрізняють *реальні* та *ідеальні* (знакові).

**Реальні моделі** реалізуються у тій же формі, що і об'єкт відображення – акваріум, як модель водойми, акватрони, фітотрони тощо. Реальні моделі дозволяють шляхом істотного спрощення системи досліджувати певні процеси, що в ній відбуваються та отримувати кількісні характеристики цих процесів.

Невеликі автономні «світи», або *мікрокосми*, в невеликих посудинах (пляшках тощо) часто використовують для імітування в мініатюрі природних екосистем. Ці моделі реальних екосистем можна розглядати як мікро-

екосистеми. У вдало змодельованих мікрокосмах можна спостерігати основні функції природної екосистеми. Переваги мікроекосистем для досліджень полягають у тому, що вони мають чіткі межі, легко відтворювані та зручні для експериментів.

Одним із перших досліджень *мезоекосистем*, включаючи замкнені системи життєзабезпечення людини (СЖЗ), проводилися у м. Красноярськ (Росія) в Інституті біофізики РАН (Сибірське відділення) у 1973–1985 рр. Вони показали можливість моніторингу, моделювання і прогнозування стану штучних і природних екосистем з метою їх раціонального використання. Дослідження проводились на СЖЗ людини «Біос-3». Всі розробки та матеріали дослідження були перекладені англійською мовою і тому існує припущення, що вони були використані при створенні «Біосфери-2» в США.

**Загальна характеристика «Біос-3»:**

Рік створення – 1973.

Вартість – 6 млн доларів.

Герметизований об'єм – 300 м<sup>3</sup>.

Екіпаж – 3 людини.

Результативність – життя екіпажу протягом 6 місяців за рахунок біологічного колообігу.

На початку дев'яностих років ХХ ст. унікальну систему побудували в американському штаті Арізона, поряд з містом Оракл і назвали її «*Біосфера-2*». При цьому автори проекту виходили з того, що «Біосфера-1» – це наша Земля. «Біосфера-2» – це грандіозна конструкція зі скла та армованої сталі, яка займала площу 1,27 га і мала об'єм повітря 203760 м<sup>3</sup>. «Біосфера-2» містила понад 3000 видів рослин і тварин, сім біомів – дощовий тропічний ліс, савану, пустелю, болото, маленький океан з кораловим рифом, інтенсивне сільське господарство і апартаменти для людей.

Автором проекту був Дж. Аллен, екотехнік, фахівець в галузі системного управління. Метою проєкту, як пише Дж. Аллен, було прагнення допомогти нашій біосфері розпочати освоєння придатних для життя місць спочатку в межах Сонячної системи, потім – нашої Галактики і, нарешті, в усьому Всесвіті. Будівництво тривало близько 7 років і обійшлося Едварду Баасу (мільярдеру, який фінансував цей проєкт) у понад 150 мільйонів доларів. Спроєктував споруду американець П. Солері.

Цікаво, що «Біосфера-2» була розроблена спеціально для того, щоб у ній могли жити люди, причому абсолютно ізольовано від решти світу: ні їжа, ні повітря, ні вода, ні будь-яка інша речовина не проникала всередину і ніщо не виходило назовні, крім сонячного світла, електрики та інформації по дротах. Навіть «дно» конструкції було ізольоване від землі, на якій вона стояла, спеціальними герметично звареними залізними листами. Для підтримання постійного тиску повітря, коливання якого відбувалися через

зміну температури усередині «Біосфери-2» були передбачені гігантські мембрани. Вітик повітря з усієї конструкції складав не більше 10% за рік (рис. 3.3).

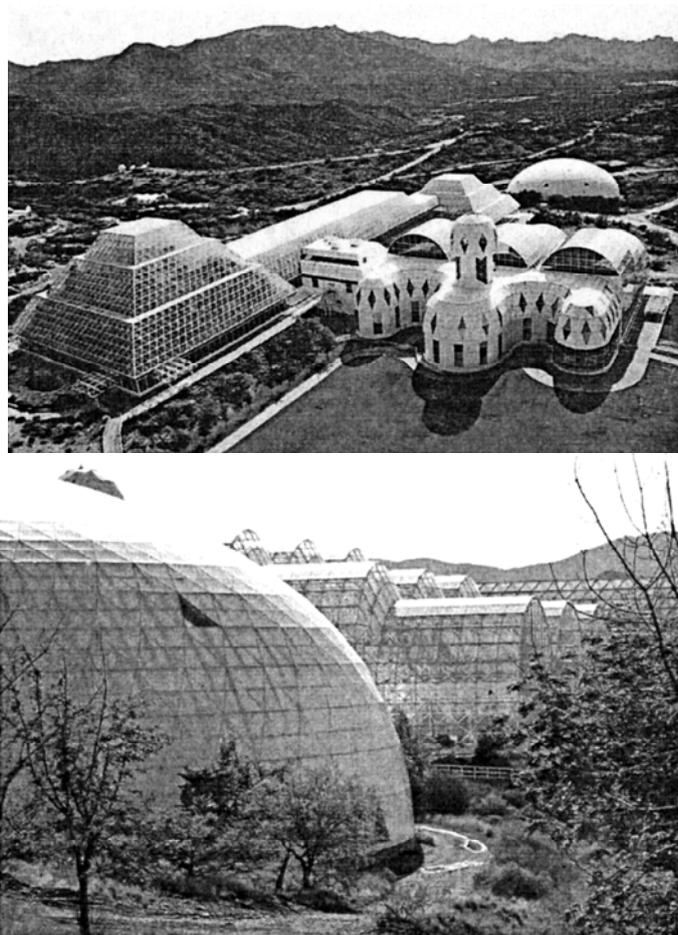


Рис. 3.3. Загальний вигляд «Біосфери-2»

«Біосфера-2» була оснащена великою кількістю датчиків, які постійно визначали температуру, вміст тих чи інших елементів у ґрунті, воді й повітрі, фіксуючи ці параметри для подальших досліджень. 26 вересня 1991 року вісім добровольців (чотири жінки і чотири чоловіки) увійшли до «Біосфери-2» з метою перебування в ізоляції протягом двох років.

Вода циркулювала й очищувалася завдяки роботі жалюзей, що регулювали сонячне освітлення, яке приводило в дію конвекційні потоки теплого повітря, що викликали випаровування з поверхні «океану». Конденсуючись, волога випадала у вигляді сильних дощів над «тропічним лісом». Звідси вода просочувалася в «болота» і знову потрапляла в «океан» через ґрунтові фільтри. В процесі фотосинтезу поглинався вуглекислий газ, що виділявся при диханні, і підтримувався необхідний вміст кисню в повітрі.

Люди контролювали роботу цих систем. У них була можливість передавати і одержувати будь-яку інформацію, проте це був єдиний зв'язок із зовнішнім світом.

На спеціальній ділянці інтенсивного сільського господарства за допомогою особливих методів оброблялись агрокультури, які слугували їжею для людей – адже іншої їжі їм не було звідки взяти. Крім землеробства, жителі «Біосфери-2» займалися скотарством. У них були кози, кури і поросята.

Всю енергію для приготування їжі, освітлення і роботи устаткування давали сонячні батареї.

Для очищення води вирощували водні гіацинти.

Проте в ході цього експерименту з'ясувалися і певні проблеми:

1. «Біосфера-2» виявилася перенаселеною. Через деякий час людям стало не вистачати їжі, і тут виявилось, що проблеми усередині «Біосфери-2» дуже нагадують земні.

2. Не всі природні явища були враховані: над «пустелею» на скляному даху «Біосфери-2» вранці конденсувалася вода і випадав дощ. У результаті пустеля стала не такою пустою, як планувалося спочатку – на ній почали з'являтися рослини.

3. Чомусь розвелось багато мурашок, хоч ніхто не планував привнести їх у систему.

4. Запланувавши течії в «океані-2», творці «Біосфери-2» не передбачили вітер. А він, як виявилось, дуже важливий для рослин. Під його дією дерева гойдаються, що призводить до зміцнення коренів та стовбурів. У результаті це призвело до обламування крон багатьох дерев під власною вагою.

5. За два роки вміст кисню зменшився в «атмосфері» з 21% до 14%, що спричинювало постійний головний біль і втрату працездатності учасників експерименту.

Проте в цілому перший експеримент на «Біосфері-2» завершився успішно. Вся команда вчених і переважна більшість рослин і тварин пережили два роки ізоляції. Точно в призначений термін, 26 вересня 1993 року, біосферяни залишили свій ковчег. І відразу ж після завершення цієї епопеї дві пари її учасників одружилися.

Американці не були б американцями, якби вони не намагалися не лише дати цінні відомості науці, але і витягти зі своїх незвичайних пригод ще і комерційну вигоду. Практично всі учасники випустили мемуари, а один з них опублікував книгу рецептів біосферянської їжі. Адже вона допомагала знижувати вміст холестерину в крові, сприяла схудненню. До речі, самі колишні еконавти довго не могли звикнути до звичайної земної їжі. Адже вона здавалася їм якоюсь штучною, несмачною!

Двоє з біосферян, Джейн Пойнтер і Табер Маккаллум, вже в 1993 році заснували компанію *ParagonSpaceDevelopmentCorporation*, яка налагодила масове виробництво кишенькових «біосфер». Були розроблені мініатюрні

– розміром від 10 до 30 сантиметрів у діаметрі – біологічні аквасистеми. У них абсолютно без всяких відходів могли жити різноманітні морські і прісноводні тварини. На ці «іграшки» в Америці був великий попит.

У березні 1994 року в «Біосфері-2» почала працювати друга зміна біосферян, уже із шести чоловік. Змінилася і сама парадигма досліджень. Перша вахта була зайнята в основному власним виживанням, прагненням забезпечити себе всім необхідним для більш-менш повноцінного життя. Тепер же в «Біосферу-2» стали ухажі фахівці-дослідники. Вони проводили експерименти, і термін їх перебування міг варіюватися від кількох діб до кількох місяців. Це вже були фактично не еконавти, а представники різних наук. І проводити повну ізоляцію їх від зовнішнього середовища вже не збиралися.

Тим часом екологічна ситуація в «Біосфері-2» все більше погіршувалася, і восени 1994 року і друга зміна фахівців була спішно евакуйована, а споруда – наглухо зачинена. У березні 1995 року було прийнято нове рішення – відкоркувати «Біосферу-2», ґрунтовно провітрити її та провести «генеральне прибирання».

У 1997 році проект «Біосфера-2» був закритий. Тоді з'ясувалося, що температура і хімічний склад повітря усередині приміщень у цьому рукотворному ковчегу починають виходити за межі безпеки. Американці витратили 150 мільйонів доларів і спробували відповісти на запитання, чи можна створити абсолютно автономну модель земної біосфери. На жаль, у цей раз дослід закінчився невдачею, «мала Земля», відтворена стараннями вчених і конструкторів, стала непридатною для життя.

Однак вже в січні 2001 року в цього довгого експерименту відкрилося друге дихання. Міністр енергетики США підписав з Колумбійським університетом угоду про використання будівель «Біосфери-2» для потреб його відомства. Було вирішено протягом двох років виділити 700 тисяч доларів на те, щоб пристосувати споруду для вивчення реакцій екологічної системи на глобальні й регіональні кліматичні зміни.

Так почалося друге життя цього чудового проекту. Коли цей проект був лише у задумі, Національна комісія США з космосу вважала можливим створити в 2017 році поселення на Місяці, а до 2027 року – на Марсі. Тоді підраховували, що буде потрібно не менш трьох років життя в умовах, подібних тим, що були організовані в «Біосфері-2», щоб подолати шлях до червоної планети і повернутися назад.

Сьогодні «Біосфера-2» є підрозділом Колумбійського університету. У ній проводяться наукові дослідження і навчання студентів. Деякі частини наукового комплексу тепер відкриті для екскурсій.

Детальнішу інформацію щодо модельних екосистем можна знайти в посібнику «Штучні системи в екології» (Руденко С.С., Костишин С.С., Ситнікова І.О., 2006) [23].

«Біосфера-2» – один з найграндіозніших проектів, в основі якого лежало дослідження *реальної моделі*. Проте витрати на такі моделі значно

перевищують реальні можливості переважної більшості наукових програм. Тому значно доступнішим є створення *ідеальних моделей*, які до того ж практично нічим не обмежені (навіть масштабністю об'єктів моделювання – аж до біосфери в цілому).

*Ідеальні моделі* – формальне відображення дійсності за допомогою даного алфавіту символів і операцій над ними. Як відзначає І.А. Полетаєв (1966), знакові моделі незрівнянно багатші за можливостями, ніж реальні, адже вони практично не обмежені можливостями фізичної реалізації.

Ідеальні моделі поділяють на дві групи – *концептуальні та математичні* (рис. 3.4).

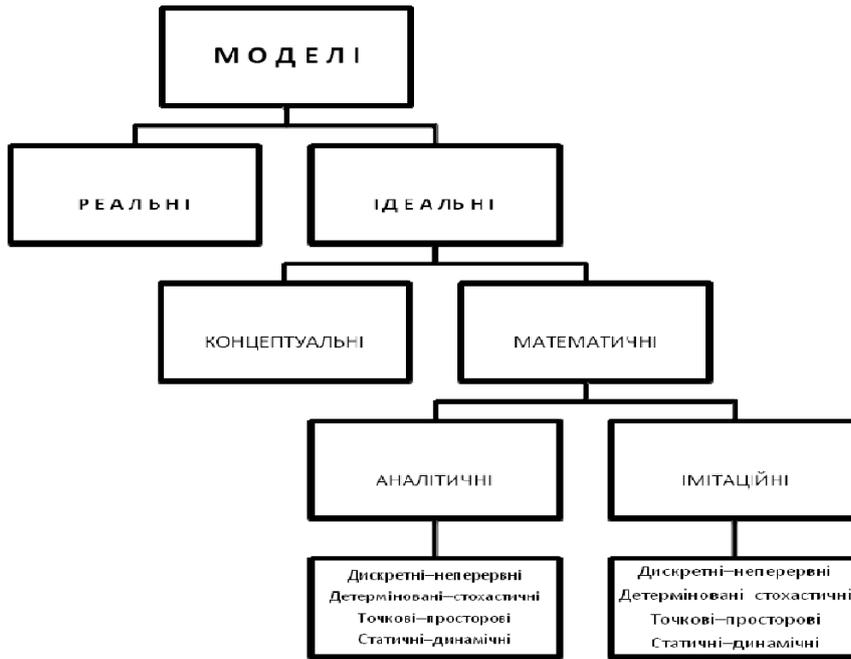


Рис. 3.4. Класифікація моделей

Концептуальна модель являє собою дещо більш формалізований і систематизований варіант традиційного опису досліджуваної екосистеми, що складається з наукового тексту, який супроводжується блок-схемою системи, графіками, таблицями тощо. Сам термін “концептуальна” підкреслює, що призначення цієї моделі – бути ясним, узагальненим і водночас досить повним виразом знань і уявлень про систему в рамках і засобами певної наукової концепції.

Перші концептуальні моделі в екології з’явилися лише у ХХ столітті (Shelford, 1913; Haviland, 1926; Summerhayes, Elton, 1923, 1928).

Поряд з такими перевагами, як універсальність, гнучкість, багатство засобів вираження тощо, завдяки яким цей метод застосовується до найрі-



зноманітніших систем, йому притаманні і певні недоліки, зокрема значна неоднозначність інтерпретації та статичність, що ускладнює опис динамічних систем і процесів.

Кількісне вивчення динамічних процесів ефективно досягається шляхом *математичного моделювання*.

*Математичною моделлю* системи-оригіналу називається її модель, у якій елементами множин  $V$  і  $X$  виступають математичні змінні (скалярні функції часу  $t$ ) в інтервалі, що розглядається (рис. 3.5).

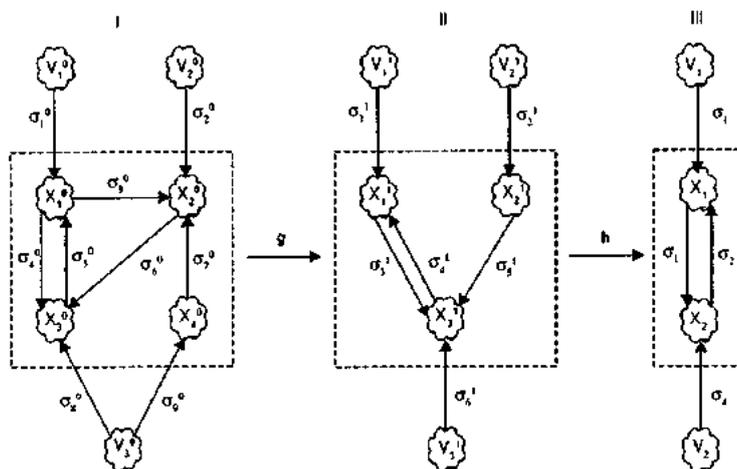


Рис. 3.5. Перехід від системи-оригіналу до її моделі

При цьому мистецтво моделювання полягає, з одного боку – у максимальному спрощенні, з іншого – у якомога більш повному збереженні основних властивостей системи-оригіналу.

В екології одними з перших вдалих математичних моделей стали *моделі Лотки-Вольтерри* (1925, 1926, 1931) для конкуренції та хижацтва тощо.

У залежності від рівня визначеності передбачення моделі поділяються на детерміновані та стохастичні (ймовірнісні). Якщо в детермінованій моделі значення змінних стану визначаються однозначно (з точністю до похибок обчислення), то стохастична модель для кожної змінної дає розподіл можливих значень, що характеризуються такими імовірнісними показниками, як математичне очікування.

### 3.3. Загальна схема і етапи системного дослідження в екології

*Системний підхід* до вивчення екологічних систем вимагає дотримання єдиної методології, якій підпорядковані зусилля всіх фахівців, залучених до вивчення певної екосистеми. Причому ефективність дослідження суттєво залежить від правильного планування і проведення цих досліджень.

Системне дослідження екосистеми складається з кількох етапів, що послідовно змінюють один одного у часі чи здійснюються паралельно [28]:

1. Визначення задачі.
2. Концептуалізація.
3. Специфікація.
4. Спостереження.
5. Ідентифікація.
6. Експерименти.
7. Реалізація моделі.
8. Перевірка моделі.
9. Аналіз моделі.
10. Оптимізація.
11. Заключний синтез.

1. *Визначення задачі* – основна мета етапу – обмежити і конкретизувати кількість можливих напрямків і аспектів вивчення екосистеми, зосередивши головну увагу на тих властивостях і процесах, які заслуговують найбільшої уваги. Адже будь-яка природна екосистема – вкрай складний утвір, детальне вивчення якого вимагає колосальних людських і матеріальних ресурсів, а також величезних витрат часу. Тому цей етап є доленосним для успішного вирішення проблеми.

2. *Концептуалізація* – полягає в узагальненні відомостей про систему, що вивчається, і представленні відомостей в логічно цілісній і достатньо повній концептуальній моделі. Перш за все на цьому етапі з'ясовуються зовнішні потоки (вхідні і вихідні) речовини, енергії та інформації, зв'язок з іншими екосистемами, а також з атмосферою, геологічними шарами та гідрологічними процесами. Вивчається вплив діяльності людини на ці процеси. Потім встановлюється склад, структура і певні закономірності функціонування даної екосистеми.

3. *Специфікація*. Полягає у визначенні складу множин вхідних змінних (зовнішнього середовища) і змінних складу майбутньої математичної моделі.

4. *Спостереження*. За результатами специфікації плануються і проводяться спостереження за динамікою властивостей системи і середовища, перш за все за параметрами зовнішнього середовища і елементами системи. Результати спостережень використовуються на наступних етапах (ідентифікація, перевірка і дослідження моделі). З іншого боку, вони можуть бути основою для певного перегляду концептуальної моделі.

5. *Ідентифікація*. Полягає у встановленні (ідентифікації) математичних відношень між змінними, що утворюють структуру системи, які б з певною точністю відображали кількісні відношення між властивостями екосистеми і її середовища.

6. *Експерименти.* Ідентифікація вимагає проведення польових та лабораторних експериментів з метою перевірки різноманітних гіпотез про характер взаємозв'язків між змінними моделі.

7. *Реалізація моделі.* Після ідентифікації моделі постає проблема побудови її дозвільного оператора. Це дає можливість розраховувати за допомогою моделі динаміку змінних стану на даному відрізку часу, що відповідає даним входам і початковому стану.

8. *Перевірка моделі.* На даному етапі дослідження встановлюють, наскільки модель здатна відтворювати властивості системи-оригінала, які цікавлять дослідника.

Для цього досить ефективним способом перевірки моделі є моделювання ситуації, що імітує різні експериментальні впливи (зміни концентрацій біогенних елементів, температури, щільності окремих видів тощо) і порівняння результатів імітації з показниками реальних експериментів.

Після кількох циклів перевірки і корекції зазвичай вдається досягти задовільного рівня моделі, придатної для подальшого використання.

9. *Дослідження моделі.* Вивчається залежність між змінними моделі. Важливим також є аналіз чутливості моделі, який полягає у з'ясуванні того, які зв'язки між змінними та їхні параметри, а також які із зовнішніх факторів спричиняють найзначніші (або найнезначніші) впливи на поведінку моделі. Після з'ясування відповіді на це питання вирішують, які параметри мусять визначатися з великою точністю при спостереженнях, і на етапі ідентифікації, а які можуть задаватися відносно наближено.

Результати теоретичного дослідження моделі додатково використовують при оцінках адекватності моделі і можуть бути основою для повернення до попередніх етапів з метою вдосконалення моделі.

10. *Оптимізація.* На цьому етапі методичною основою виступає *теорія оптимального управління*. В практичній роботі по збереженню (заповідників, заказників тощо) чи раціональному використанню (сільськогосподарських, водних, лісових тощо) екосистем часто виявляється, що серед екзогенних чинників, які впливають на них, є й такі, котрі людина може регулювати з метою оптимізації тих чи інших характеристик екосистем.

11. *Заключний синтез.* У результаті виконаної роботи остаточно оцінюються її результати – перш за все – побудована модель та визначаються перспективи для подальших досліджень. Водночас, у випадку виявлення істотних недоліків моделі, повертаються на відповідний попередній етап дослідження для з'ясування питань, що істотно знижують цінність розробленої моделі та усунення її суттєвих недоліків.

Органічне поєднання холістичного і мерологічного підходів, використання різних адекватних методів дозволяє всебічно дослідити екосистему і отримати необхідну інформацію. При цьому вкрай важливо ретельно спланувати всі етапи того чи іншого дослідження і знайти його оптимальний варіант, який полягає в мінімізації витрат на його проведення при забезпеченні належного наукового рівня.

В 1974 році американським екологом Баррі Коммонером сформульовані чотири основних принципи, що пояснюють стійкий розвиток природи й закликають людство керуватися ними у своєму впливі на навколишнє середовище. **1. Все зв'язано з усім.** Біосфера Землі є рівноважною екосистемою, у якій всі окремі ланки взаємозалежні й доповнюють одна одну. Порушення якої-небудь ланки спричиняє зміни в інших ланках. Будь-яка зміна, чинена людиною в природі, викликає ланцюг наслідків, як правило несприятливих. Наслідком втручання людини в природу є зникнення видів і зменшення видової розмаїтості в біоті. **2. Все му- сить кудись діватися.** Ландшафти Землі, географічна оболонка в цілому – у певному розумінні – замкнуті системи. Будь-яке забруднення природи повертається до людини у вигляді "екологічного бумеранга". Планета ста- ла занадто тісною для нас. Вона вже не справляється із силою антропоген- ного впливу на неї. У природних систем залишається все менше сил, щоб справлятися з переробкою речовин, забруднюючих середовище перебу- вання людей. **3. Природа знає краще.** Людство пройшло набагато корот- ший шлях розвитку, чим біосфера Землі. За багато мільйонів років існування біосфери Землі повністю сформувалися зв'язки, механізми і її окремі ланки. Необдумане й безвідповідальне втручання людей у природу може привести до знищення окремих зв'язків між ланками екосистеми й до неможливості повернення екосистеми в первісний стан. Людина, само- впевнено бажаючи "поліпшити" природу, порушує хід природних процесів. **4. Ніщо не дається дарма.** Кожне нове досягнення неминуче супроводжується втратою чогось попереднього.

Отформатовано: Шрифт: курсив

Отформатовано: Шрифт: курсив

Отформатовано: Шрифт: курсив

#### **Контрольні запитання до розділу**

1. Чим принципово відрізняється спостереження від експерименту?
2. Яку екологічну інформацію дозволяє отримати спостереження?
3. У чому суть системного підходу в екології, які його можливості?
4. Яку інформацію дозволяє отримати застосування холістичного, а яку – застосування мерологічного підходу?
5. Що являє собою екологічний моніторинг, які його складові?
6. Проілюструйте на прикладі будь-якої екосистеми її склад, струк- туру та закон функціонування.
7. Які типи структур можна виділити в екосистемі?
8. Які типи моделей найчастіше використовуються в екології та яку інформацію вони дозволяють отримати?
9. З якими основними проблемами зіткнулися експериментатори «Біосфери-2»?
10. Охарактеризуйте основні етапи системного дослідження на при- кладі будь-якої екосистеми.

## Розділ 4.

**ЧИННИКИ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА (ЕКОЧИННИКИ)**

Факторіальна екологія – найрозвиненіший розділ екології, який досліджує вплив чинників зовнішнього середовища (ЗС) на біосистеми. Часто використовують термін «екологічні чинники», але, на нашу думку, коректно говорити не про екологічні чинники, а про екочинники (ЕЧ).

Зазвичай вважається, що факторіальна екологія тотожна поняттю «аутекологія». Це не зовсім так, оскільки вплив екочинників можна вивчати на різноманітних біо- і екосистемах. Зокрема, при дослідженні впливу певного чинника, наприклад, температури, на життєдіяльність організму з'ясовують, за яких її значень організм характеризується тими чи іншими показниками життєдіяльності. Проте вже на популяційному рівні критерії впливу будуть іншими – щільність популяції, темп розмноження, смертності, біотичний потенціал тощо. На біоценотичному рівні можна з'ясувати вплив температури на видову структуру, характер міжпопуляційних взаємин, структуру трофічних ланцюгів і мереж, продуктивність біоценозу та співвідношення продукційно-деструкційних процесів тощо. На екосистемному рівні встановлюють вплив температури на: біогеохімічні колообіги, речовинно-енергетичну та інформаційну структуру екосистем тощо. Проте у багатьох випадках (для ранньої діагностики стану екосистем, прогнозування різних ефектів тощо) варто з'ясувати вплив екофакторів і на суборганізмові рівні: співвідношення окиснювального фосфорилування і вільнорадикального окиснення, активність ферментів, їх конформаційну структуру тощо.

Тобто кожному рівню організації живої матерії відповідає і свій спектр реакцій на дію екофакторів. Таким чином очевидно, що факторіальна екологія має вивчати вплив ЕФ на біо- та екосистеми різного рівня організації й інтеграції. Отже, вона аж ніяк не тотожна поняттю „аутекології”.

**4.1. Поняття екочинника**

*Екочинниками є будь-які елементи зовнішнього середовища (ЗС), які безпосередньо впливають на дану систему.*

Екочинниками є:

*для організму – будь-який чинник зовнішнього середовища (ЗС), що безпосередньо на нього впливає; для популяції – будь-який елемент ЗС, що впливає хоча б на одну особину даної популяції; для біоценозу – будь-який елемент ЗС, що впливає бодай на одну популяцію угруповання; для екосистеми – ті елементи ЗС, які впливають на будь-які її компоненти.*

Варта уваги проблема термінології: адже частина чинників ЗС для організму і популяції не є чинниками ЗС для екосистеми. Так само, як і вплив тих же біосистем на абіотичні компоненти екосистеми, чи одних абіотич-

них компонентів на інші абіотичні. Зокрема, всі внутрішньо– та міжпопуляційні впливи є внутрішньосистемними (для данної екосистеми), але ЗС для організму чи популяції відповідно.

Варто підкреслити, що ЕЧ – лише той елемент зовнішнього середовища, який безпосередньо впливає на дану біосистему (чи систему взагалі). Чинники, які впливають опосередковано, не є екофакторами. Зокрема, глибину не можна розглядати як екофактор, оскільки вона безпосередньо не впливає на живі організми. І хоч з глибиною змінюються значення переважної більшості параметрів середовища, проте саме вони – тиск, температура, освітленість, спектральний склад світла, рН, концентрація газів тощо – є ЕЧ. Аналогічно, не є екочинником і висота над рівнем моря.

Остаточна ситуація з'ясовується, коли ми моделюємо вплив ЕЧ. Так, вивчаючи вплив глибини (чи висоти над рівнем моря) в експериментальних умовах, ми можемо створювати адекватні умови середовища, змінюючи тиск, температуру, рівень інсоляції та інші чинники, але аж ніяк не можемо оперувати «глибиною» чи «висотою над рівнем моря».

*Поняття «екологічного чинника» практично тотожне поняттю «чинник зовнішнього середовища». Для будь-якої системи можна виокремити дві групи чинників: зовнішні та внутрішні. Коли екосистемна парадигма посяде належне місце в екології, а основи системного підходу і загальної теорії систем стануть невід'ємними складовими цієї науки, натомість поняття «екологічні чинники» будуть використовувати поняття «чинники зовнішнього (для даної системи) середовища», принаймні, в екології. Якби зоологи використовували термін «зоологічні чинники», ботаніки – «ботанічні чинники», філологи – «філологічні чинники» і т.п., це б сприймалося як казна-що, або ж просто як недоречність. А в екології наразі практично не звертають увагу на ту обставину, що частина загальноживаних термінів є певним анахронізмом. Тому варто поступово переходити на адекватну сучасному рівню екології термінологію, яка є загальноприйнятною в системному підході і загальній теорії систем, де поняття «зовнішнього середовища» має конкретне значення і, відповідно, чинник зовнішнього (для даної системи) середовища сприймається однозначно.*

#### **4.2. Концепція лімітуючих чинників. Закон мінімуму Ю. Лібіха**

Існування і процвітання організму чи популяції залежить від комплексу певних умов. Юстус Лібіх – видатний німецький хімік, який започаткував основи агрохімії та теорії мінерального живлення рослин, одним з перших почав вивчати вплив різних факторів на ріст рослин. Ним було встановлено, що урожай культур часто лімітується не тими елементами живлення, яких необхідна значна кількість, а тими, що потрібні в мінімальних кількостях (наприклад, цинк), але яких в ґрунті дуже мало. Висновок Ю. Лібіха *“речовиною, що знаходиться в мінімумі, управляється урожаєм і визначається величина і стійкість останнього у часі”* (Liebig, 1840)

став відомий як *закон мінімуму Ю. Лібіха*, хоч сам Лібіх ні про який закон не говорив. Ілюстрацією закону мінімуму може бути діжка, у якої рівень води в визначатиме найнижча клепка (діжка Лібіха) (рис. 4.1).

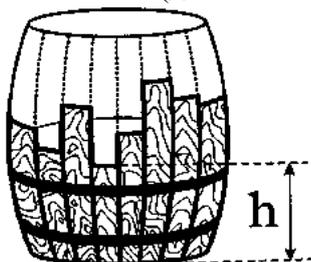


Рис. 4.1. Діжка Лібіха:  $h$  – значення лімітуючого чинника

З позицій системного підходу лімітуючим слід вважати фактор, мінімальна відносна зміна якого викликає максимальну зміну функції відгуку системи. Зокрема, аналізуючи вплив вологості, інтенсивності освітлення, концентрації ортофосфатів і нітратів на швидкість росту певного виду рослин, можна встановити, який з цих чинників є лімітуючим. Так, якщо зміна вмісту ортофосфатів на 20% викликає такі ж зміни продуктивності, які вдається отримати шляхом трикратного збільшення вмісту нітратів, двократним збільшенням інтенсивності освітлення чи зростанням вологості на 40%, то ортофосфати і будуть лімітуючим продуктивність чинником.

#### 4.3. Закон толерантності В. Шелфорда

Американський вчений Віктор Шелфорд показав, що лімітуючим може бути як мінімальне, так і максимальне значення екочинника (V. Shelford, 1913). Суть закону толерантності полягає в наступному: *життєдіяльність будь-якого організму можлива лише в певних межах значень екологічного чинника. За межами цих значень (як мінімального, так і максимального) існування організму неможливе.*

Значення екологічного чинника між його мінімальним (*min*) і максимальним (*max*) значенням називається *зоною толерантності*. Часто використовують поняття «*екологічна валентність*» – діапазон коливань значень фактора, за яких організм здатний лишатися живим. Форми з широкою екологічною валентністю називаються *еврибіонтними*, з вузькою – *стенобіонтними* (*eury* – широкий, *stenos* – вузький). Види, які відзначаються виключно широкою екологічною валентністю, а тому дуже широко розповсюджені, називаються *убіквістами* (*ubique* – скрізь). В межах зони толерантності виділяють *зону нормальної життєдіяльності* – ті значення фактора, в межах яких організм (чи популяція) не лише виживає, а й здійснює всі притаманні даній системі функції (ріст, живлення, розмноження). За значень екологічного чинника, які виходять за межі зони нормальної життєдіяльності, проте знаходяться в межах зони толерантності, знаходяться *зони песимуму*. В межах цих зон біосистема ще здатна існувати,

проте не всі притаманні їй функції тут здійснюються (зазвичай популяції тут не характерне самовідтворення, організми часто не ростуть і не живляться). Кількісний діапазон екологічного чинника, який відповідає потребі організму і забезпечує найсприятливіші умови для його життєдіяльності, називають *зоною оптимуму* (від лат. *optimum* – найкраще) (рис. 4.2).

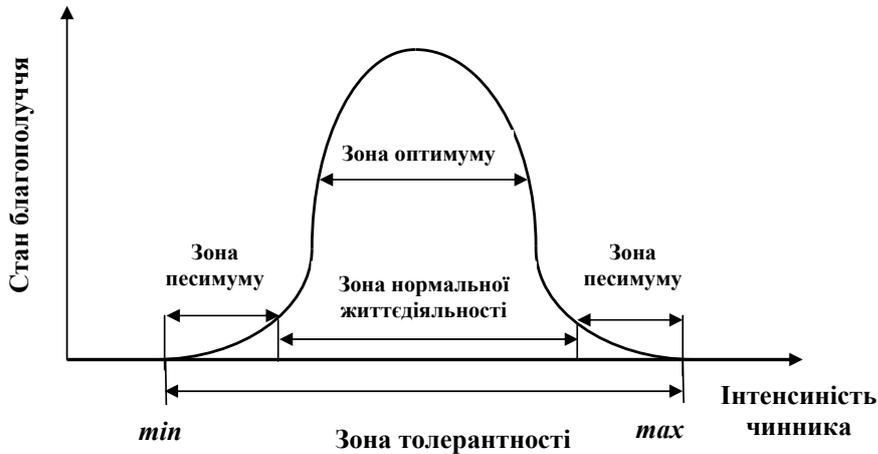


Рис. 4.2. Зони толерантності, нормальної життєдіяльності, песимуму і оптимуму

Удалено:

Організми, які мешкають за близьких до максимального значення певного чинника, називаються *фільними* (*fileo* – люблю) – термофільні, галофільні тощо, а ті, що уникають цих зон – *фобними* (*fobos* – страх) – кріофобні, реофобні тощо. Найчастіше зони оптимуму, толерантності тощо визначають у експериментах із градієнтним полем за швидкістю росту (рис. 4.3) чи іншими показниками.

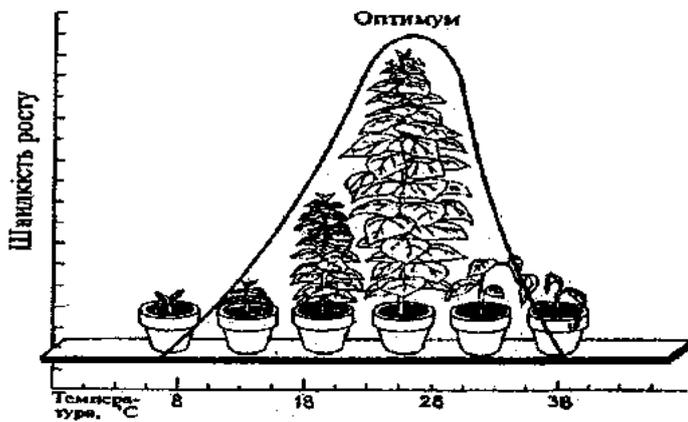


Рис. 4.3. Швидкість росту рослин за різних температур

Варто відзначити, що картина залежності між інтенсивністю чинника та рівнем енергетичних витрат організму має вигляд, зворотній зага-



льновідомій ілюстрації закону толерантності Шелфорда (рис. 4.2): за оптимального значення того чи іншого чинника витрати енергії на підтримання життєдіяльності організму мінімальні. А будь-яке відхилення значень чинника від оптимальних призводить до зростання енерговитрат (на підтримання гомеостазу чи енантіостазу) (рис. 4.4). За мінімізації енерговитрат на підтримання життєдіяльності уможлиблюється: ефективно використання доступних енергетичних ресурсів на ріст, розмноження та інші притаманні організму чи популяції функції, що і забезпечує процвітання даної біосистеми.

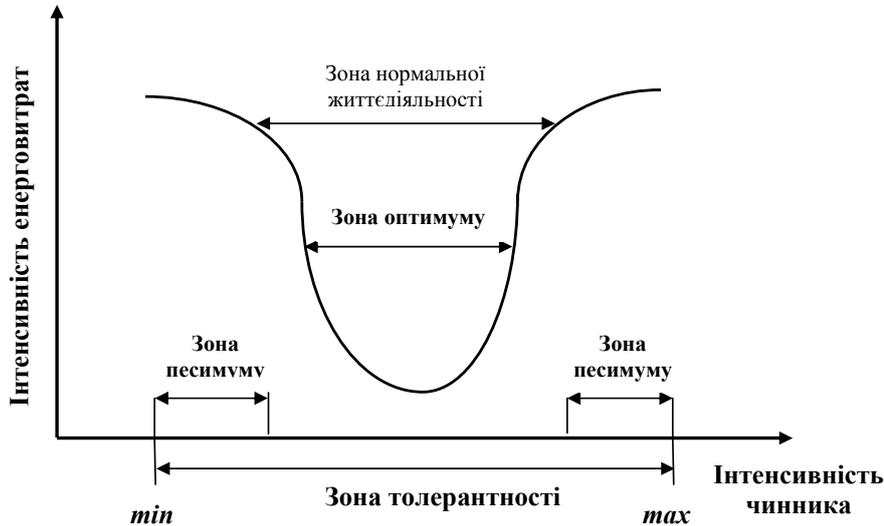


Рис. 4.4. Інтенсивність енерговитрат за різної інтенсивності чинника

Принагідно варто особливо підкреслити, що тут мова йде саме про енерговитрати на підтримання життєдіяльності. Для організму це зазвичай енерговитрати на базальний, чи основний обмін, (базальний, чи основний, обмін визначається енерговитратами на підтримання життєдіяльності організму у стані повного спокою за відсутності рухової активності та будь-яких зовнішніх подразнень, тобто це саме енерговитрати на підтримання життя).

В екологічній літературі часто порівнюють закон Лібіха з принципом Шелфорда. Це не зовсім коректно. Важливо підкреслити, що Ю. Лібіх вивчав проблему продуктивності рослин і впливу на неї різних чинників, переважно, мінерального живлення. Тому і сам закон Лібіха, і висновки, що випливають з нього, стосуються, головним чином, продуктивності та чинників, що її обмежують, в той час як закон В. Шелфорда стосується саме питання толерантності, виживання і оптимальних умов, тобто того, що ми називаємо “функцією благополуччя” системи. Тому навіть порівнювати ці закони, а тим паче говорити, що В. Шелфорд запровадив поняття лімітую-

чого значення максимального значення чинника (а не лише його “мінімуму”, як це зробив Ю. Лібіх) не зовсім коректно.

#### 4.4. Типи взаємодії та комплексний вплив екочинників

Екочинники впливають на біо- і екосистеми різного рівня організації й інтеграції не ізольовано, а у комплексі з іншими ЕЧ. Розрізняють три типи взаємодії факторів: *адитивність* (кожний фактор діє незалежно від інших, тому загальний вплив їх дорівнює сумі впливів кожного); *синергізм* (дія одного фактора підсилюється дією іншого) і *антагонізм* (дія одного чинника послаблює дію іншого). Схематично це можна зобразити так: “+” – позитивний вплив (підсилення); “-” – негативний вплив (ослаблення); та “0” – відсутність вірогідного взаємовпливу.

Прикладом адитивності може бути сумарна доза поглинутої організмом з різних джерел іонізуючої радіації.

Холод, зазвичай, підсилює вплив голодування (синергізм), а тепло його послаблює (антагонізм), так само, як і достаток їжі послаблює негативний вплив низьких температур.

Вивчаючи вплив температури на різні параметри росту рослин, ми не можемо нехтувати вологістю, рівнем освітленості, концентрацією біогенів тощо. Адже одна і та ж температура спричинює часто протилежний ефект у залежності від рівня вологості. Варто згадати, що температура і кількість опадів значною мірою визначають типи головних біомів нашої планети (рис. 4.5)

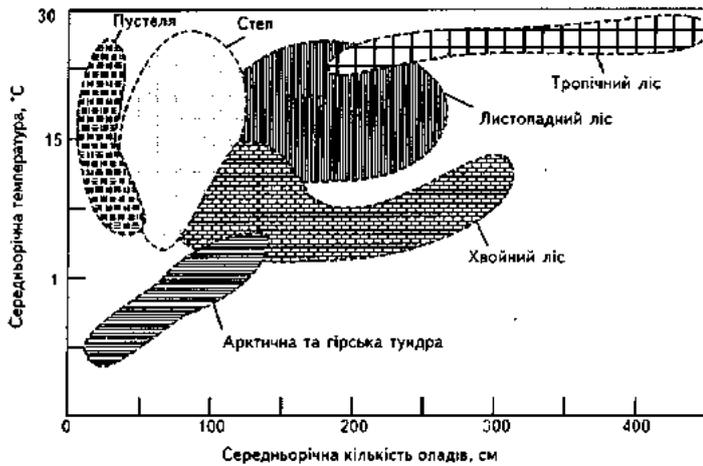


Рис. 4.5. Взаємозв'язок між температурою, кількістю опадів та типом біому

Удалено: 4.5

Таким чином, при дослідженні впливу окремих ЕЧ на живі організми однофакторний аналіз себе давно вже вичерпав. І навіть у тих випадках, коли вивчається нібито вплив одного якогось чинника, треба мати на увазі, що інтерпретація результатів таких досліджень можлива лише для умов

Удалено: фактору

даного експерименту (відповідних показників вологості, рівня освітленості тощо).

Вивчення комплексного впливу ЕФ пов'язане з ім'ям Ейльхарда Альфреда Мітчерліха і його послідовника, німецького вченого Бернхарда Бауле. Вивчаючи вплив фізичних (освітленість, температура і вологість ґрунту тощо) і хімічних (вміст елементів мінерального живлення, кислотність тощо) чинників на врожайність сільськогосподарських культур в умовах Східної Пруссії, Мітчерліх встановив “закон фізіологічних взаємозв'язків” (Mitscherlich, 1909), який згодом було перейменовано в “закон сумісної дії факторів” (Baule, 1918). Суть закону полягає в тому, що величина врожаю залежить не лише від якого-небудь (хай навіть лімітуючого) фактора, а від усієї сукупності факторів одночасно, тобто:

$$\Phi = \varphi(x_1, \dots, x_n).$$

Праці Мітчерліха і його послідовників помітно стимулювали вивчення багатофакторних залежностей в сільському господарстві, екології та суміжних дисциплінах.

Як показує вивчення комплексного впливу ЕФ, при змінах екологічних факторів змінюється також і відносний вплив факторів на функцію відгуку, інтервали толерантності, положення зони оптимуму, масштаб і форма конкретних функцій відгуку на кожний з ЕФ. Все це підкреслює необхідність вивчення залежностей функції відгуку від усієї сукупності факторів. Тому методичною основою факторіальної екології є комплексні підходи до вивчення взаємодії біосистем з середовищем при широкому використанні засобів багатофакторного експерименту і апарата багатомірного математичного аналізу.

Для кількісної оцінки значення певного ЕЧ у житті організму, популяції, угруповання чи екосистеми в цілому можна використати ранжування факторів за відносною силою їхнього впливу. При цьому *найістотніший вплив спричинює той фактор, мінімальне відносне відхилення якого викликає максимальні зміни в параметрах системи, що досліджується.*

#### 4.5. Поняття простору екочинників

Щоб охарактеризувати множину можливих комбінацій ЕЧ, доцільно ввести поняття простору екочинників.

*Простором екочинників* назвемо евклідовий простір, координати якого співставленні ранжованим ЕЧ. Це можна записати у такому вигляді:

$$\xi = \{(x_1, x_2, \dots, x_n \dots)\},$$

що означає, що множина  $\xi$  складається з можливих послідовностей вигляду  $(x_1, x_2, \dots, x_n \dots)$ .

Таким чином, кожній конкретній комбінації значень ЕЧ відповідає точка екологічного простору  $\xi$  з координатами  $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \dots)$ .

Для ілюстрації розглянемо модельну екосистему, до складу якої входить експериментальна культура водоростей, що культивується на живильному середовищі постійного складу, і містить всі необхідні для водоростей елементи в достатній кількості. Якщо в цьому експерименті варіюватиме концентрація ортофосфатів і рівень освітлення, то координатами екологічного простору будуть такі змінні:  $x_1$  – концентрація ортофосфатів;  $x_2$  – рівень освітлення;  $x_3$  – щільність культури водоростей.

При цьому варто підкреслити, що *a priori* не передбачається статистичної чи функційної незалежності чинників (координат) екологічного простору. Більше того, однією з задач факторіальної екології є з'ясування такої залежності та врахування її впливу на показники життєдіяльності біосистем чи параметри екосистеми в цілому.

#### 4.6. Функція відгуку біо- і екосистем на сукупну дію екочинників

Для кількісної характеристики впливу ЕЧ на параметри біосистем різного рівня (на показники життєдіяльності) слід ввести поняття про *функцію відгуку*. Значення, що набуває показник з номером  $n$  на певній шкалі при варіюванні ЕЧ як правило, обмежені знизу і зверху.

Позначимо через  $\Gamma^k = [\underline{C}_k, \overline{C}_k]$  відрізок на шкалі вимірів, обмежений мінімально  $\underline{C}_k$ , і максимально  $\overline{C}_k$  можливого значення  $k$ -го показника.

Функцією відгуку  $k$ -го показника на сукупність екочинників ( $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ ) називається функція  $\varphi^k$ , що відображує екологічний простір  $\xi$  на шкалу  $\Gamma^k$ :

$$\varphi^k : \xi \rightarrow \Gamma^k,$$

яка кожній точці ( $x_1, \dots, x_n, \dots$ ) простору  $\xi$  співставляє число  $\varphi^k(x_1, \dots, x_n, \dots)$  на шкалі  $\Gamma^k$ .

Кількість екочинників практично необмежена, відповідно нескінченна розмірність екологічного простору  $\xi$  і кількість аргументів функції відгуку  $\varphi^k(x_1, \dots, x_n, \dots)$ , але на практиці виділяють певну кількість чинників (позначимо їх через  $n$ ), за допомогою котрих можна пояснити задану частину від повного варіювання функції відгуку.

Наприклад, перші три чинники спроможні пояснити 80% загального варіювання показника  $\varphi$ , перші 5 – 95%, перші 10 – 99% і так далі. Решта, що не увійшла до вказаних чинників, не має істотного впливу на показник, що досліджується. Їхній вплив можна розглядати як певний “*екологічний шум*”, що накладається на дію *імперативних чинників*.

#### 4.7. Функція благополуччя системи

Крім функції відгуку, що відповідає конкретним показникам  $i = 1, \dots, k$  життєдіяльності особин, чи іншим параметрам популяцій чи біосистем іншого рівня слід також запровадити поняття *узагальненої функції відгуку*

або функції благополуччя (життєвості) біосистеми. Значення останньої змінюються вздовж деякої шкали (як правило, що включає 0) і є узагальненим показником сприятливості стану біосистеми за даного поєднання екочинників – від процвітання (при  $\varphi > 0$ ); рівноваги (при  $\varphi = 0$ ), і до пригнічення та загибелі (при  $\varphi < 0$ ).

Функція благополуччя вираховується виходячи з конкретних функцій відгуку. За функцію благополуччя біологічних систем варто брати найбільш інформативні показники, зокрема, для організму – загальний стан, ступінь розвитку, стан імунної системи, фізіолого-біохімічні показники, життєздатність, витривалість тощо. Для популяції – середню тривалість життя особин, різницю між швидкістю фотосинтезу і дихання у рослин, співвідношення між приростом біомаси і рівнем дихання у тварин, біотичний потенціал у популяції, темп росту популяцій, характер динаміки її щільності, ефективність трансформації енергії, рівень захворювань тощо. Для біоценозу – загальна величина потоку енергії та співвідношення продукційно-деструкційних процесів, видовий склад, структура, видове різноманіття, загальна біомаса тощо. При цьому варто брати до уваги стадію, серію екологічної сукцесії, етап цикліки відповідної системи: сезонний, річний, добовий тощо; наявність і характер трансформацій тощо.

#### 4.8. Класифікація екочинників

Найчастіше (традиційно) виділяють три групи екочинників: *абіотичні*, *біотичні* та *антропогенні*. За періодичністю – *періодичні* і *неперіодичні* (класифікація Мончадського). Популярним є поділ екочинників на *залежні* й *незалежні* від щільності популяції. Причому у більшості випадків біотичні чинники розглядаються як залежні від щільності, абіотичні – незалежні від щільності популяції. Проте в обох випадках є багато прикладів, які виходять за ці межі. Взагалі щодо класифікації екочинників, то їх існує безліч. Зупинимось лише на вищезгаданих.

##### 4.8.1. Абіотичні чинники

*Абіотичні* – чинники неживої природи – температура, вологість, світло, концентрація мінеральних солей тощо.

Поділ чинників на біотичні й абіотичні досить умовний. Так, якщо ми у відро з водою випустимо рибу, то за щільної посадки через певний час вона помре від задухи. Виникає питання: від біотичного чи абіотичного впливу вона померла? Низький рівень кисню, що викликав задуху, а також значне зростання концентрації вуглекислоти, аміаку та інших продуктів метаболізму є безпосереднім результатом життєдіяльності риб. Але чинником, що викликав задуху, є саме абіотичний (абіотичні) – дефіцит кисню та значна концентрація  $\text{CO}_2$  і аміаку.

Мисливець влучив у вовка – і сіромаха помер. На запитання – від чого? – відповідь відома – від кулі, тобто від абіотичного чинника! І таких

кумедних прикладів можна навести безліч, що свідчить про відносність розмежування біотичних й абіотичних чинників.

Дуже коротко розглянемо найважливіші абіотичні чинники.

#### 4.8.1.1. Температура

Більшість видів живих організмів може існувати в досить вузькому температурному діапазоні. Проте ми знаємо бактерій і ціанобактерій з гарячих джерел, а також кілька видів організмів з термальних глибинних океанічних вод, для яких оптимальною є температура близько 250°C. Для більшості ж організмів верхня межа температур не перевищує 50°C. Слід зазначити, що, як правило, верхні критичні значення чинника виявляються значно критичнішими, ніж нижні.

Досить важливим є значення температури для регуляції швидкості метаболічних процесів. Причому в діапазоні нормальної життєдіяльності при підвищенні температури на 10 градусів рівень обміну зростає вдвічі – втричі (прояв *правила Вант-Гоффа*). Гідробіологи й іхтіологи для визначення інтенсивності дихання та інших метаболічних процесів часто користуються температурним коефіцієнтом  $Q_{10} = 2,3$ . Тобто з підвищенням температури на кожні 10°C рівень метаболізму зазвичай зростає в 2,3 рази.

За особливостями терморегуляції всі організми можна поділити на *гомойотермні* та *пойкілотермні*. Пойкілотермні (часто їх називають «холоднокровними») також мають низку адаптацій до регуляції температури свого тіла, зокрема, шляхом вибору ділянки з певною температурою, використання енергії сонячних променів (гріються на сонечку) тощо.

Варто підкреслити, що життєдіяльність організмів у більшості випадків пригнічується за постійної температури. Так, ще В. Шелфорд у 1929 р. помітив, що яйця, личинки і лялечки яблуневої плодожерки за умов коливання температури розвиваються швидше, ніж за постійної температури. Стимулюючий ефект змінних температур, в усякому разі, в помірній зоні, можна вважати чітко встановленим (Одум, 1986) [18]. Сотні публікацій останніх років свідчать, що для кожного організму є певний оптимальний режим коливань температури, за якого стан благополуччя організму значно перевищує рівень, характерний для найбільш оптимального значення температури за фіксованого її значення. Це необхідно враховувати в експериментах, які, у переважній більшості, проводяться за сталих фіксованих значень температури.

*Помічено, що у теплокровних тварин, які виявляють географічну мінливість, розміри тіла особин вірогідно більші у популяції, що мешкають у холодніших частинах ареалу виду. Ця залежність дістала назву **правила Бергмана**.*

А згідно *правила Аллена* виступаючі частини тіла теплокровних тварин у холодному кліматі коротші, ніж у теплом, адже в першому випадку вони віддають у навколишнє середовище менше теплоти.

Згідно з **правилом Глогера** раси тварин у теплих та вологих регіонах пігментовані сильніше (тобто особини темніші), ніж у холодних і сухих.

#### 4.8.1.2. Світло

Енергія світла є основним енергетичним джерелом, за рахунок якого існує все живе на нашій планеті. Кількість променистої енергії, яка проходить через атмосферу, є досить постійною (*сонячна стала*) і дорівнює 1,98–2,00 кал/см<sup>2</sup> за 1 хв. Проходячи через атмосферу, випромінювання експоненційно послаблюється атмосферними газами і пилом (ясним сонячним днем в полудень до поверхні Землі може дійти не більше, ніж 67% його енергії). Ступінь цього ослаблення залежить від довжини хвилі. Ультрафіолетові промені з довжиною хвилі менше 300 нм затримуються *озоновим шаром*. Промениста енергія, яка досягає земної поверхні в ясний день, складається на 10% з ультрафіолетового випромінювання, на 45% з видимого світла і на 45% з інфрачервоного випромінювання. Рослинність найактивніше поглинає сині, червоні і довгі інфрачервоні промені. Випромінювання в діапазоні 380-750 нм найбільш ефективно використовується у процесах фотосинтезу рослин і називається *фотосинтетично активною радіацією (ФАР)*.

Око людини здатне сприймати електромагнітні хвилі довжиною від 390 до 760 нм. З екологічної точки зору важливим є довжина хвилі, інтенсивність і тривалість дії світлових променів.

##### *Оптичні властивості води*

У порівнянні з повітрям вода значно менш прозора. В ній світло швидко поглинається і розсіюється. Закономірності поглинання світла описується *законом Бугера-Ламберта*:

$$I_z = I_0 \times e^{-mz},$$

де:  $I_z$  – інтенсивність (енергія) світлової хвилі після проходження нею шару води завтовшки  $z$ ;  $I_0$  – вихідна інтенсивність;  $m$  – коефіцієнт поглинання світла, який залежить від довжини хвилі ( $\lambda$ ) (табл. 4.2)

Таблиця 4.2. Коефіцієнти поглинання ( $m$ ) хвиль різної довжини ( $\lambda$ )

$\lambda$ , нм	820	680	620	580	520	460	400	380
$m$	2,42	0,455	0,273	0,210	0,016	0,0054	0,0134	0,0255

Природні води, які містять значні кількості завислих часток, мають помітно вищі коефіцієнти поглинання всіх променів.

Внаслідок різної інтенсивності поглинання хвиль різної довжини спектральний склад світла, при проходженні його через водну товщу, істотно змінюється. В першу чергу в ньому зникають інфрачервоні промені (довші 820 нм), потім червоні (680 нм) та оранжеві (620 нм). Найглибше проникають зелені (520 нм) і особливо сині (460 нм).

*Прозорість води (F)* називають відношення потоку променів, що пройшов через шар товщиною  $z$  ( $I_z$ ) до того, що ввійшов у воду ( $I_0$ ):

$$F = I_z / I_0.$$

Показником прозорості є глибина, на якій зникає видимість диску Секкі – білий диск діаметром близько 30 см. (the Secchi disk, запропонований в 1865 р. Pietro Angelo Secchi). Зазвичай диск Секкі зникає з поля зору на глибині, куди проникає 5% сонячної радіації, яка падає на поверхню води (Хатчінсон, 1969).

Світло, що падає на поверхню води, частково відбивається від неї. При прямому (перпендикулярному) падінні світла від поверхні відбивається близько 2%, а при куті  $30^\circ$  – 25%, при  $50^\circ$  – 40%. Значно зростає відбивання світла при хвилюванні водної поверхні.

В озерах і водосховищах з прозорістю 1–2 м на глибину 1 м проникає не більш ніж 5–10 % енергії сонячної радіації, що падає на поверхню води, а глибше 2 м від неї лишаються лише десяті частки процента, що складає 0,015–0,04 Дж/см<sup>2</sup>. Саме тому ізобата мілководної зони водосховищ (зокрема, дніпровського каскаду), яка визначається межею росту гідромакрофітів, проходить по глибинам близько 2 м.

У морях і океанах освітленість води швидко знижується і вже на глибині 100–200 м вона недостатня для існування рослин. Максимальна прозорість води у Саргасовому морі – досягає 66,5 м, у Середземному – 60 м, в Азовському – 2,75 м (влітку під час масового розвитку фітопланктону вона знижується до 10 см) [12].

Останні ознаки світла зникають у відкритому океані на глибині 1,0–1,6 км.

#### 4.8.1.3. Іонізуюча радіація

Вплив іонізуючої радіації на живі організми викликає особливий інтерес ще з часу відкриття радіаційних ефектів. У 1895 р. помічник В. Рентгена В. Груббе отримав радіаційний опік рук при роботі з рентгєнівськими променями, а французький вчений Анрі Бекерель, який відкрив радіоактивність (в 1896 р. він помітив випромінювання ураном невідомого виду проникаючого випромінювання, яке він назвав радіоактивним), отримав сильний опік шкіри від випромінювання радію. А. Бекерель поклав кілька фотографічних платівок у шухляду стола, придавивши їх шматками якогось мінерала, що містив уран. Коли він проявив платівки, то на свій подив виявив на них сліди якихось випромінювань, які він приписав урану. Невдовзі цим явищем зацікавилась Марія Склодовська-Кюрі – молодий хімік, полька за походженням, яка і ввела у вжиток слово “радіоактивність”. В 1898 році вона зі своїм чоловіком П’єром Кюрі виявили, що уран після випромінювання перетворюється на інші хімічні елементи. Цьому передувало відкриття в 1895 році рентгєнівських променів, які були названі так за ім’ям їх відкривача німецького фізика Вільгельма Рентгена.



Різні види випромінювання супроводжуються вивільненням різної кількості енергії і мають різну проникаючу здатність, тому вони спричинюють неоднаковий вплив на тканини живого організму.

*Альфа-випромінювання* є потоком важких часток (це потік  $\alpha$ -частинок, які є ядрами атома гелію і мають позитивний заряд, мають найбільшу іонізуючу здатність і дуже малу проникаючу здатність). У тканини людини вони проникають на частинку міліметра. Це випромінювання затримується аркушем паперу і практично не здатне проникнути через зовнішній шар шкіри. Тому воно не є небезпечним доти, поки радіоактивні речовини, які випромінюють  $\alpha$ -частинки, не потраплять всередину організму. Тоді вони стають надзвичайно небезпечними.

*Бета-випромінювання* (це потік електронів або позитронів), які мають меншу іонізуючу але більшу проникаючу здатність ніж альфа-промені. Воно проходить в тканини організму на глибину 1–2 см.

Проникна здатність *гама-випромінювання* (потік  $\gamma$ -квантів, електромагнітне випромінювання з дискретним спектром (дуже короткою довжиною хвилі), що виникає при зміні енергетичного стану атомного ядра або під час анігіляції частинок), їм властиві велика проникаюча і мала іонізуюча здатності. Поширюється зі швидкістю світла. Його може затримати лише товста свинцева чи бетонна плита.

Пошкоджені, викликаних в живому організмі випромінюванням, буде тим більше, чим більше енергії воно передасть тканинам. Кількість такої переданої організму енергії називається *дозою*.

Кількість енергії випромінювання, поглинута одиницею маси тіла, яке опромінюється, називається *поглинутою дозою* і вимірюється в системі СІ в *греях* (Гр). Проте ця величина не враховує того, що при однаковій поглинутій дозі альфа-випромінювання значно небезпечніше, ніж бета- чи гама-випромінювання.

Якщо взяти до уваги цей факт, то дозу слід помножити на коефіцієнт, який відображує здатність випромінювання даного виду пошкоджувати тканини організму. Альфа-випромінювання вважається при цьому в двадцять разів небезпечнішим від інших видів випромінювання. Перераховану таким чином дозу називають еквівалентною дозою і вимірюють в системі СІ в *зівертах* (Зв).

Слід враховувати, що одні частини тіла, органи і тканини більш чутливі за інші. Наприклад, при однаковій еквівалентній дозі опромінення виникнення раку в легенях більш ймовірно, ніж у щитоподібній залозі, а опромінення статевих залоз особливо небезпечне через ризик генетичних пошкоджень. Тому дози опромінення органів і тканин також слід враховувати з різними коефіцієнтами. Так, якщо для організму в цілому *коефіцієнт радіаційного ризику* дорівнює одиниці, то його значення для окремих органів і тканин складають: 0,12 – для червоного кісткового мозку; 0,03 – для кісткової тканини; 0,03 – для щитоподібної залози; 0,15 – для молоч-

них залоз; 0,12 – для легень; 0,25 – для сім'яників та яєчників і 0,30 – для решти тканин.

Перемноживши еквівалентні дози на відповідні коефіцієнти і просумувавши по всім органам і тканинам, отримаємо *ефективну еквівалентну дозу*, яка відображує загальний ефект опромінення для організму (в Зв).

Просумувавши *індивідуальні ефективні еквівалентні дози*, отримані групою особин, отримаємо *колективну ефективну еквівалентну дозу*, яка вимірюється в *людино-зівертах*.

Колективну ефективну еквівалентну дозу, яку отримують багато поколінь людей від якогось радіоактивного джерела за весь час його подальшого існування називають *очікуваною (повною) колективною ефективною еквівалентною дозою*.

*Бекерель* (Бк, Bq) – одиниця активності нукліду в радіоактивному джерелі (в системі СІ). 1 Бк відповідає одному розпаду в секунду для будь-якого радіонукліду.

*Грей* (Гр, Gy) – одиниця поглинутої дози в системі СІ. Є кількістю енергії іонізуючого випромінювання, яка поглинута одиницею маси якого-небудь фізичного тіла. 1 Гр = 1 Дж/кг.

*Зіверт* (Зв, Sv) – одиниця еквівалентної дози в системі СІ. Одиниця поглинутої дози, помножена на коефіцієнт, який враховує різну радіаційну небезпеку для організму різних видів іонізуючого випромінювання. 1 Зв відповідає поглинутій дозі в 1 Дж/кг для рентгенівського,  $\gamma$ - і  $\beta$ -випромінювання.

Головні радіоактивні ізотопи, які зустрічаються в гірських породах Землі, – це калій-40, рубідій-87 і члени двох радіоактивних родин, які беруть початок відповідно від урану-238 і торію-232 – довгоживучих ізотопів, що входять до складу Землі з самого її виникнення.

Рівні земної радіації неоднакові в різних місцях земної кулі і залежать від концентрації радіонуклідів у певній ділянці земної кори. В місцях проживання основної частини населення вони приблизно одного порядку. Так, згідно з дослідженнями, проведеними у Франції, Німеччині, Італії, Японії і США, приблизно 95% населення цих країн проживає в місцях, де потужність дози опромінення в середньому складає від 0,3 до 0,6 мілізіверта в рік. Проте деякі групи населення отримують значно більші дози опромінення: близько 3% отримує в середньому 1 мЗв/рік, а близько 1,5% – понад 1,4 мЗв/рік.

У деяких місцях рівні радіації значно вищі. Поблизу міста Посус-ді-Калдас в Бразилії, розташованого в 200 км на північ від Сан-Паулу, є невелика височина. Тут рівень радіації в 800 разів перевищує середній і досягає 250 мЗв/рік. З якихось причин височина виявилася незаселеною. Проте лише трохи менші дози радіації були зареєстровані на морському курорті, розташованому за 600 км на схід від цієї височини.

Гуарапарі – невелике місто з населенням 12 тис. мешканців – кожного літа стає місцем відпочинку близько 30 тис. курортників. На окремих діля-

нках його пляжів зареєстровано рівень радіації 175 мЗв/рік. Радіація на вулицях міста виявилася значно нижчою – від 8 до 15 мЗв/рік – але все ж значно перевищувала середній рівень.

*Внутрішнє опромінення.*

У середньому 2/3 ефективної еквівалентної дози опромінення, яку людина отримує від природних джерел радіації, надходять від радіоактивних речовин, що потрапили до організму з їжею, водою та повітрям. Незначна частина цієї дози припадає на радіоактивні ізотопи типу вуглецю-14 і тритію, які утворюються під впливом космічної радіації. Решта надходить від джерел земного походження. В середньому людина отримує близько 180 мЗв/рік за рахунок калію-40, який засвоюється організмом разом з нерадіоактивними ізотопами калію. Значно більшу дозу внутрішнього опромінення людина отримує від нуклідів радіоактивного ряду урану-238 і меншою мірою – від радіоактивного ряду торію-232.

Деякі з них, наприклад, нукліди свинцю-210 і полонію-210 надходять до організму з їжею. Вони в значній кількості концентруються в рибі і молюсках.

Відносно нещодавно вчені зрозуміли, що *найвагомішим з усіх природних джерел радіації є газ радон*. Він у 7,5 рази важчий за повітря, не має запаху і смаку. Згідно з оцінками НКДАР ООН, *радон разом зі своїми дочірніми продуктами радіоактивного розпаду відповідальний за 3/4 річної індивідуальної ефективної еквівалентної дози опромінення, яку населення отримує від земних джерел радіації*. Більшу частину цієї дози людина отримує від радіонуклідів, що потрапляють в її організм з повітрям, яке вдихається, особливо у приміщеннях, які не провітрюються.

У природі радон зустрічається в двох основних формах: радону-222, члена радіоактивного ряду, що утворюється продуктами розпаду урану-238, та радону-220, члена радіоактивного ряду торію-232. Внесок радону-222 в загальну дозу опромінення приблизно в 20 разів більший, ніж радону-220. Проте для зручності обидва ізотопи часто розглядають разом.

Радон вивільняється із земної кори повсюди, але його концентрація в зовнішньому повітрі істотно розрізняється для різних точок земної кулі. Основну частину дози опромінення від радону людина отримує, знаходячись у закритому приміщенні, яке не провітрюється. *В зонах з помірним кліматом концентрація радону в закритих приміщеннях у середньому у 8 разів вища, ніж назовні*.

Водночас варто мати на увазі, що поява і розвиток життя на Землі відбувався в умовах постійного впливу іонізуючої радіації. Тому біологічна дія малих доз радіації викликає особливий інтерес. Дія іонізуючого випромінювання на рівні окремих іонізуючих частинок (квантів) при взаємодії з ДНК (ДНК в даному випадку є біологічною мішенню) може призвести до незворотнього пошкодження гену (до мутації). Зміна генетичної інформації може привести до загибелі клітини. Таким чином, іонізуюча радіація – це єдиний, відомий людству, фізичний агент, який не має порогу ефекту.

Оскільки навіть за найменшого впливу (одна іонізуюча частинка) можуть виникнути серйозні біологічні наслідки (звісно, що з дуже низькою ймовірністю). Головний висновок з усього цього полягає в тому, що будь-яке додаткове опромінення до існуючого (природного) радіаційного фону є шкідливим та небезпечним.

Проте все не так просто. Вірогідний характер дії радіації здійснюється тільки на ті біологічні процеси, які безпосередньо пов'язані з функціонуванням генетичного апарату клітини. Такі ефекти розвиваються за принципом «все або нічого» (іонізуюча частинка або попала, або не попала в «мішень»); зі збільшенням дози радіації збільшується кількість таких елементарних подій, а не їх величина (тягар). Усі інші біологічні ефекти опромінення залежать від величини отриманої дози – зі збільшенням дози опромінення збільшується виразність ефекту. Так, зі збільшенням дози опромінення збільшується тривалість затримки поділу кожної окремої клітини, а також сукупності клітин.

Більш того, за малих доз опромінення, рівні яких межують з природним фоном, вдається зареєструвати навіть стимулюючу дію радіації. Така дія проявляється у збільшенні частоти клітинних поділів, прискоренні проростання та покращенні схожості насіння, та навіть в підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Збільшується виведення курчат (зменшується їх смертність при вилуплюванні з яєць). Курчата швидше набирають вагу, а у курей зростає яйценосність. Збільшується стійкість тварин до бактеріальних та вірусних інфекцій. Таким чином, не тільки у рослин, а і в тварин (навіть у радіочутливих видів ссавців) виділяють діапазон доз, які знаходяться в межах 1–10–25 рад, які викликають стимуляцію життєдіяльності. Цей ефект учені називають *гормезисом*. Наприклад, тривале опромінення передличинок чавичі гама-променями в дозі 5 мГр на добу пришвидшувало їх ріст. А більше – викликало різні порушення. У парамецій (інфузорій) родів *Caudatum* і *Aurelia*, ізольованих від дії природної радіації (їх розміщували в товстостінних свинцевих циліндрах) чисельність культури через 2-6 діб знижувалася вдвічі й відновлювалася до вихідної величини, коли культури опромінювали  $^{60}\text{Co}$  до рівня природного фону (Planel et al., 1970).

Але потрібно звернути увагу на те, що для стохастичних ефектів, тобто мутацій, явище гормезису не доведене. За таких умов застосування теорії безпорогової дії радіації істотно обмежується і є ґрунтовним тільки для стохастичних генетичних ефектів.

З іншого боку, багатьма вченими було доведено, що в дії радіації існує поріг навіть для стохастичних ефектів. До них належать, наприклад, збільшення випадків лейкозів та раку (який виникає внаслідок пошкодження хромосом). У діапазоні значних доз опромінення (від 20 до 30 рад) чітко реєструються лінійна залежність частоти віддалених наслідків від дози опромінення. Зі зменшенням доз все важче встановити таку залежність, а якщо врахувати, що існує природний рівень раків та лейкозів (їх виник-

нення не пов'язане з радіацією та опроміненням), то встановлення залежності доза-ефект є вкрай проблематичним. За таких умов, щоб встановити ефекти малих доз радіації, тобто визначити вірогідність наукового експерименту, потрібно в тисячі разів збільшити кількість піддослідних тварин. При цьому потрібно, щоб тварини (наприклад миші) були однорідною популяцією, що також вкрай важко. Крім того, для такої значної кількості тварин досить важко створити однорідні умови. Зважаючи на це, можна дійти висновку, що експериментальна перевірка безпорогової, або порогової концепції дії радіації на організм (для обґрунтування вибору однієї з них) є завданням надзвичайно важким, та, на даний час, не до кінця вирішеним.

Щодо порогової концепції дії радіації варто сказати, що дана концепція має суттєве теоретичне та експериментальне підтвердження. Основний зміст полягає в тому, що в клітині існують цілі системи, які відповідають за відновлення пошкоджень генетичного апарату клітини. Такі системи відновлення ДНК зветься *системами репарації*. Ці системи є надзвичайно ефективними та мають потужний запас функціональної стійкості до навантажень, які пов'язані з відновленням враженої ДНК. Виходячи з цього й стверджують, що при малих дозах радіації (коли низькі рівні пошкоджень генетичного апарату) системи відновлення встигають повністю ліквідувати пошкодження генетичного апарату. Тільки при збільшенні дози (потужності опромінення) вище якогось рівня, системи відновлення не встигають «ремонтувати» ДНК. Наслідки опромінення (ефект) реєструється за збільшенням генетичних пошкоджень.

На думку деяких вчених (наприклад В.А. Барабой), існує пояснення, яке може розтлумачити доцільність та змістовність доказів обох концепцій. Потрібно звернути увагу на той факт, що, незважаючи на наявність потужних систем репарації ДНК, вони не можуть повністю ліквідувати пошкодження генетичного апарату (як радіаційної, так і нерадіаційної природи). Системи відновлення генетичного апарату клітини сформувались разом з виникненням життя на Землі. Разом з організмами системи відновлення еволюціонували як системи захисту генетичної інформації клітини, організму від мутагенного впливу навколишнього середовища (в тому числі й радіаційного фону). З іншого боку, повне відновлення зміненої генетичної інформації – не в інтересах кожного біологічного виду, що існує на Землі. Умови життя на Землі поступово змінюються. За умов зміни умов життя біологічному виду потрібно постійно пристосовуватись. В таких умовах вид, який на 100% захищає свою спадковість, втрачає можливість пристосовуватись і, як наслідок, у змінених умовах довкілля його чекає загибель як виду. Стає очевидним, що для видів є обґрунтованою необхідність збереження певної кількості мутантних особин, які б в змінених умовах життя були більш придатними для існування внаслідок кращого пристосування. Завдяки цим особинами, в уже змінених умовах довкілля,

вид зможе успішно розмножитись та зберегти себе як вид (запобігти його вимиранню).

Виходячи з цього, можна припустити, що незважаючи на наявність потужних систем відновлення (захисту) генетичного апарату клітини, в умовах природного радіаційного (в ширшому значенні – мутагенного) фону виникають мутантні особини серед популяцій усіх видів живих істот. Мутаційний процес відбувається безперервно. Таким чином мутантні організми є «сировиною», завдяки якій відбувається природний добір та зберігаються організми (види), які є найбільш пристосованими до даних умов. При цьому особини, які набули шкідливих ознак та послаблюють здатність популяції до пристосування в змінених умовах довкілля – «вибраковуються» природнім чином.

Тобто виходить, що репаративні системи ліквідують не всі, а лише частину пошкоджень ДНК. Якесь частину пошкоджень не відновлюється й дає початок мутаціям, які виникають з частотою, найбільш вигідною для популяції даного виду. Таким чином, навіть природний радіаційний фон, який співіснує з життям на Землі мільярди років, відіграє роль «постачальника» мутацій. Поріг, таким чином, відсутній або знаходиться нижче фону. Ця мутагенна роль радіації зберігається і в надфоновій області малих доз опромінення. Репаративні системи видаляють основну масу мутацій, за винятком біологічно необхідних. Тому в межах малих доз опромінення відсутня лінійна залежність між відношенням «доза-ефект», а спостерігається хвилеподібна залежність, або крива виходить на плато. Тільки виходячи з якоїсь величини дози (для кожного виду організмів він окремий), залежність «доза-ефект» має лінійну залежність – спостерігається лінійне збільшення пошкоджень ДНК, що є показником переходу від малих до істотних доз радіації (обумовлюється перевищенням резервних можливостей репаративних систем клітини).

Якщо дотримуватися такого тлумачення, то виходить, що в межах малих доз радіації можливі ефекти стимуляції фізіологічних функцій клітин та цілого організму (гормезис), а також мутагенні ефекти, які є співставними з дією природного мутагенного фону (Барабой В.А., 1991).

#### 4.8.1.4. Вода

Вода необхідна всім живим організмам і є важливим лімітуючим фактором у наземних і водних екосистемах. Кількість опадів, вологість значною мірою визначають, разом з термальним режимом, головні характерні риси наземних фітоценозів. У водному середовищі організми вирішують проблеми свого водного-сольового балансу двома шляхами: *осмоконформісти* (майже всі морські безхребетні, а з хребетних – міксини) є *ізоосмотичними*, тобто рідини їхнього тіла мають таку ж осмотичну концентрацію, як і середовище їх існування; *осморегулятори* (практично всі мешканці прісних вод), внаслідок своєї *гіперосмотичності* (осмотичність рідин їхнього організму вища, ніж середовища існування), мають підтримувати

свій водний баланс, постійно виділяючи з організму надлишок води, яка надходить через усі напівпроникні поверхні, а морські хребетні, навпаки, внаслідок своєї *гіпоосмотичності*, мають різні пристосування до поповнення свого водного балансу внаслідок втрати води через напівпроникні поверхні. Зокрема, морські костисті риби заковтують воду, щоб надолужити її втрати.

*Хімічний склад і будова води*

Молекула води складається з двох атомів водню і одного атома кисню. Оскільки перші мають 3 ізотопні форми (протій, дейтерій, тритій), а другі – 6, то може існувати 36 різновидів води, проте в природі зустрічається лише дев'ять. 99,7% маси природної води утворюють молекули  $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ . В значно меншій кількості (0,2%) зустрічаються молекули  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$  і ще рідше ті, до складу яких входять дейтерій, тритій та важкі ізотопи кисню.

За своїми властивостями важка вода (з молекулярною масою понад 18) помітно відрізняється від звичайної. Так, вода, що містить дейтерій, щільніша звичайної на 11%, замерзає при  $-3,8^\circ\text{C}$ , закипає при  $101,4^\circ\text{C}$ , має більшу (на 23%) в'язкість і найбільш щільна за температури  $11,4^\circ\text{C}$ .

Вода має низку унікальних властивостей, які сприяють життєвим процесам на нашій планеті. Максимальна щільність чистої води спостерігається за температури  $3,98^\circ\text{C}$ . Щільність води істотно залежить від температури (табл. 4.3).

Таблиця 4.3. Щільність прісної води за різних температур

Температура	0°C	4°C	10°C	20°C	30°C
Щільність, г/см <sup>3</sup>	0,99986	1,00000	0,99972	0,99823	0,99567

Ця властивість прісної води (солоній морській воді це не притаманно!) – максимальна щільність за температури  $3,98^\circ\text{C}$ , а з охолодженням і нагріванням щільність зменшується – має величезне екологічне значення.

При утворенні криги молекули води, з'єднуючись одна з одною своїми різнойменними полюсами, утворюють шари. Кожна з них зв'язана з трьома іншими молекулами того ж шару, і з однією – з сусіднього. За такої структури виникають численні порожнини розміром більші за молекулу води, саме тому щільність криги менше одиниці. При таненні криги частина водневих зв'язків руйнується, молекули, що відірвалися, розташовуються в порожнинах вихідних структур і щільність прісної води зростає. При подальшому зростанні температури до  $3,98^\circ\text{C}$  розривання водневих зв'язків продовжується, ущільнення води перевищує ефект теплового розширення. За температур вище  $3,98^\circ\text{C}$  теплове розширення починає переважати над процесами ущільнення і щільність води починає знижуватися. Слід відзначити, що розривання майже всіх зв'язків відбувається лише при переході води в пару. За  $20^\circ\text{C}$  зберігається половина з них. У морській воді

картина інша: зі зниженням температури щільність неспинно зростає аж до замерзання.

**Термічні властивості води.** Воді притаманна надзвичайно висока теплоємність (4,9 Дж/г на 1°C). Така аномально висока теплоємність пояснюється тим, що частина теплової енергії йде на розривання водневих зв'язків між асоційованими молекулами. В результаті вода повільно нагрівається і повільно охолоджується, відіграючи тим самим роль важливого регулятора температури при її добових та сезонних коливаннях.

Підтриманню термостабільності води сприяє вкрай висока теплота пароутворення ( $2,26 \times 10^6$  Дж/кг, або 539 кал/г при 100°C) і плавлення криги ( $3,35 \times 10^5$  Дж/кг, чи 80 кал/г)

Коли збільшується надходження тепла до водойм, зростає випаровування, внаслідок чого підвищення температури сповільнюється. При охолодженні води нижче 0°C і утворенні криги тепло, що виділяється, гальмує подальше зниження температури.

**Солоність води** – сумарна концентрація всіх мінеральних йонів, що містяться у воді. Існує низка класифікацій вод за солоністю. У гідроекології та гідробіології традиційно користуються *Венеціанською системою*, яка була прийнята в 1958 році Міжнародним гідрологічним з'їздом у Венеції (Італія). Згідно цієї системи всі природні води поділяють на прісні (до 0,5‰), солонуваті, чи міксогалінні (0,5–30,0‰), еугалінні, чи морські (30–40‰) та гіпергалінні, чи пересолені (понад 40‰).

Солоність океанічної води досить постійна і зазвичай коливається в межах 34–35‰. Лише в поверхневому шарі коливання складають 2–3‰ (що обумовлено випаровуванням і опадами).

Співвідношення солей в океанічній воді відзначається значною постійністю: хлориди складають 88,8% (концентрація йонів Cl<sup>-</sup> складає 19,35‰), сульфати – 10,8%, карбонати – 0,4%. Тому одним з найпоширеніших методів визначення солоності є множення кількості хлору, що міститься у воді (у промілях), на “*хлорний коефіцієнт*”, який дорівнює 1,807.

Різні організми по-різному переносять зміни солоності води. Ті, які переносять значні коливання солоності, називаються *евригалінними* (грецьке *еври* – широкий, *галос* – сіль) на противагу від *стеногалінних* (грецьке *стенос* – вузький).

У більшості морських безхребетних тканинна рідина має такий же осмотичний тиск, як і морська вода. Такі організми називаються *ізоосмотичними* (грецьке *ізос* – рівний). Загалом за здатністю до осморегуляції всі водні організми поділяються на дві групи: *осморегулятори* і *осмоконформери* (осмоконформісти). Осморегулятори – практично всі прісноводні істоти, а також морські хребетні (за винятком міксин – вони осмоконформери).

Водночас практично всі організми – як осморегулятори, так і осмоконформери, здатні до йонної регуляції. Підтримання певної концентрації різних йонів у гідробіонтів досягається шляхом *йонної регуляції* – контролю



над сольовим складом внутрішнього середовища. На відміну від осмотичної йонної регуляція має здійснюватися безперервно, оскільки *ізотонія* (рівність осмотичного тиску в організмі й середовищі) досить звична для гідробіонтів у природних умовах, в той час як *ізоіонія* (однакове співвідношення окремих йонів у організмі та його середовищі) практично ніколи не спостерігається. Внаслідок проникненості покривів безперервно відбувається *пасивний сольовий обмін* організмів із зовнішнім середовищем, який дестабілізує йонну впорядкованість клітин. Тому *пасивному сольовому обміну*, який порушує гомеостаз, організми протиставляють *активний*, стабілізуючий співвідношення окремих йонів та їх загальну концентрацію.

Як показав Ж. Леб ще наприкінці XVIII століття, водяні організми можуть швидко гинути в осмотично сприятливому середовищі, якщо його сольовий склад не збалансований за співвідношенням окремих йонів, особливо одно- і двовалентних катіонів. Зокрема, в чистому розчині NaCl личинки *Balanus* припиняли рухатися, падали на дно і вмирали. Варто було додати певну кількість  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , як життя цих істот нормалізувалося. Особливе значення для гідробіонтів має *йонний коефіцієнт* – відношення суми йонів калію і натрію до суми йонів кальцію і магнію. Зі зменшенням солоності природних вод йонний коефіцієнт знижується, оскільки відносне значення кальцію зростає (карбонати), а натрію знижується (зменшення хлоридів). Особливо чутливі до змін йонного коефіцієнту морські організми, оскільки вони мешкають в умовах відносно постійної солоності і слабо адаптовані до її змін. Прісноводні гідробіонти є типовими гіперосмотичними організмами, а тому головна проблема у них – видалення надлишку води, яка постійно надходить через напівпроникні поверхні.

Цікаво, що і для прісноводних, і для морських форм крайня межа поширення знаходиться в межах 7–8‰. Причому ця межа простежується в найрізноманітніших морях: Чорному, Азовському, Білому, Балтійському, Північному та інших, а також для різних фауністичних груп, тобто має універсальний характер. Показано що це пов'язано з впливом солоності на низку біологічних процесів (Хлебович, 1974). Оскільки кількість морських видів значно зменшується зі зниженням солоності нижче 7–8‰, а кількість прісноводних – з її підвищенням до цього рівня, в даному інтервалі солоності видове різноманіття населення вкрай незначне і представлене, головним чином, специфічними солонуватоводними формами. Це явище дістало назву "*парадоксу солонуватих вод*". Слід також відзначити, що у деяких прісноводних форм максимальна щільність популяцій спостерігається за солоності 3–5‰.

Значна стійкість гідромакрофітів до пониження солоності обумовлена міцними клітинними оболонками, що виявляють механічний опір осмотичному надходженню води до організму.

*Водневий показник (pH)* має колосальне значення для водних і ґрунтових екосистем. рН (відємний десятковий логарифм концентрації водневих йонів) впливає на організми через зміну швидкості ферментативних

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

реакцій, роботу мембранних транспортних систем, стан самих мембран тощо. Значний вплив  $pH$  і на всі хімічні процеси в екосистемі, зокрема, стан зворотних реакцій, валентність різноманітних йонів, особливості середовища в цілому тощо.

Концентрація водневих йонів у природних водах досить постійна, оскільки завдяки наявності карбонатів вони є досить забуференими системами. За відсутності (чи низького вмісту) карбонатів  $pH$  може знижуватися до 5,67, якщо вода насичена  $CO_2$ . У сфагнових болотах  $pH$  часто досягає 3,4, оскільки карбонатів дуже мало і присутня сульфатна кислота. Під час інтенсивного фотосинтезу  $pH$  зростає до 10 і вище унаслідок майже повного вичерпання  $CO_2$  і підлогування води карбонатами. У морських водах  $pH$  зазвичай складає 8,1–8,4. Води з  $pH$  від 6,96 до 7,30 називаються нейтральними; 3,40–6,95 – кислими; понад 7,3 – лужними. У водоймі добові коливання  $pH$  часто складають 2 одиниці і більше.

#### 4.8.1.5. Гази у повітрі та воді

Атмосфера (від древньогрецького  $\alpha\tau\mu\acute{o}\varsigma$  – пара и  $\sigma\phi\alpha\iota\tau\epsilon\rho\alpha$  – куля) – газова оболонка (геосфера), що оточує планету Земля. Внутрішня її поверхня покриває гідросферу і, частково, кору, зовнішня – межує з навколосезною частиною космічного простору. Склад атмосфери досить постійний, оскільки конвекційні потоки забезпечують інтенсивне перемішування до висот не менше 100 км (рис. 4.4).

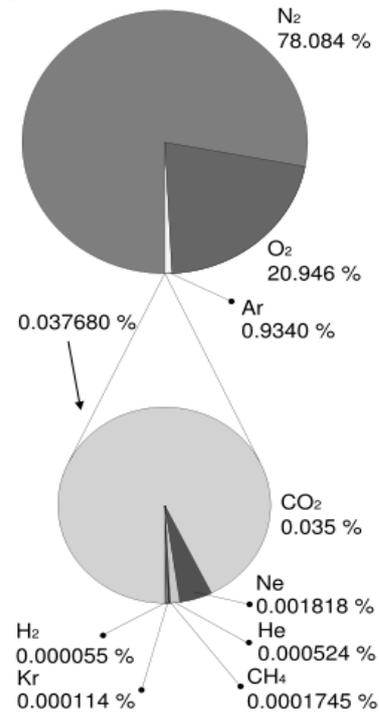


Рис. 4.6. Склад сухого повітря

Щодо кисню, то в 1910 році надзвичайно точні вимірювання показали його вміст в атмосфері становив 20,948%, а в 1970 р. – 20,946±0,006%.

В атмосфері виокремлюють такі шари:

*Тропосфера* – її верхня межа знаходиться на висоті 8–10 км у полярних, 10–12 км – у помірних і 16–18 км – у тропічних широтах. Взимку вона розташована нижче, ніж улітку. Нижній, основний шар атмосфери, містить понад 80% всієї маси атмосферного повітря і близько 90% усієї водяної пари, що міститься в атмосфері. В тропосфері значно розвинені турбулентність і конвекція, виникають хмари, розвиваються циклони і антициклони. Температура зменшується зі зростанням висоти зі середнім вертикальним градієнтом 0,65°/100 м. За «нормальні умови» біля поверхні Землі прийнято: щільність 1,2 кг/м<sup>3</sup>, барометричний тиски 101,34 кПа, температура плюс 20 °С і відносна вологість 50%. Ці умовні показники мають суто інженерне значення.

*Стратопауза* – граничний шар атмосфери між стратосферою і мезосферою. В вертикальному розподілі температури має місце максимум близько 0°С.

*Мезосфера* – починається на висоті 50 км і сягає до 80–90 км. Температура з висотою знижується з середнім вертикальним градієнтом 0,25–0,3°/100 м. Головним енергетичним процесом тут є променистий теплообмін. Складні фотохімічні процеси за участю вільних радикалів, коливально збуджених молекул тощо обумовлюють світіння атмосфери.

*Мезопауза* – перехідний шар між мезосферою й термосферою. В вертикальному розподілі температури має місце мінімум (близько –90°С).

*Термосфера* – верхня межа – близько 800 км. Температура зростає до висоти 200–300 км, де сягає значень близько 1500 К, після чого лишається майже постійною до великих висот. Під впливом ультрафіолетової і рентгенівської сонячної радіації та космічного випромінювання відбувається іонізація повітря («полярні сяйва») – основні шари іоносфери лежать всередині термосфери. На висотах понад 300 км переважає атомарний кисень.

*Екзосфера* – зона розсіювання, зовнішня частина термосфери, розташована вище 700 км. Газ в екзосфері сильно розріджений, і звідси йде втрата його частинок у міжпланетний простір (дисипація).

На висоті близько 2000–3000 км екзосфера поступово переходить в так званий ближньокосмічний вакуум, який заповнений сильно розрідженими частинками міжпланетного газу, головним чином атомами водню. Але цей газ – лише частина міжпланетної речовини. Другу частину складають пилеподібні частки кометного і метеорного походження. Крім надзвичайно розріджених пилеподібних часток, в цей простір проникає електромагнітна і корпускулярна радіація сонячного і галактичного походження.

У тропосфері зосереджено близько 80% маси атмосфери, в стратосфері – близько 20%; маса мезосфери – не більше 0,3%, термосфери – мен-

ше 0,05% від загальної маси атмосфери. Наразі вважається, що атмосфера сягає висоти 2000–3000 км.

У залежності від складу газів в атмосфері виділяють *гомосферу* і *гетеросферу*. Гетеросфера – це шари, де гравітація спричинює вплив на розділення газів. Оскільки їх перемішування на такій висоті незначне. Звідси – змінний склад гетеросфери. Нижче неї лежить добре перемішана, однорідна за складом частина атмосфери, яка називається гомосфера. Границя між цими шарами називається турбопаузою. Вона знаходиться на висоті близько 120 км.

Зазвичай у наземному середовищі кисень рідко виступає лімітуючим фактором. Проте у низці випадків цей чинник має суттєвий вплив. Зокрема, у мешканців нір склад повітря істотно варіює, причому вміст кисню там може знижуватися до 15% і нижче (*Darden, 1972*). На висоті 3000 м над рівнем моря починає проявлятися зниження працездатності, а на висоті 6000 м більшість людей не може вижити, що пов'язане з нестачею кисню, хоч його вміст у повітрі й там складає 20,95%.

Варто згадати і *ефект Пастера* (*L. Pasteur, 1822-1895*) – пригнічення процесів гліколізу чи бродіння в присутності кисню, що є одним з механізмів регуляції обміну речовин в організмі. Відповідно, зі зниженням вмісту кисню процеси гліколізу погравляються. Ефект був відкритий в 1857 р. Луї Пастером, який показав, що аерування культури дріжджів викликає зростання швидкості росту дріжджів, але падіння швидкості бродіння.

Вважається, що 600 млн. років тому в атмосфері була пройдена так звана *точка Пастера*, коли вміст кисню становив уже 1% від сучасного. При цьому рівні кисню в атмосфері низка мікроорганізмів переходить до окисних реакцій при диханні, замість анаеробного бродіння, а також, на думку деяких дослідників, починає формуватися озоновий шар планети, який зменшує згубний вплив на організми жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця. З появою у кінці протерозою поблизу поверхні планети озону пов'язують екологічний вибух у морях на початку кембрію – масове поширення майже всіх відомих у наш час типів організмів.

В кембрії атмосфера набувала киснево-вуглекисло-азотного складу. На протязі ордовіка й силуру відбувалося подальше зростання концентрації вільного кисню й зменшення частки CO<sub>2</sub>. В середині ордовіцького періоду була досягнута так звана *точка Беркнера-Маршалла*, коли вміст вільного кисню у атмосфері становив уже 10% від сучасної концентрації. Це був той критичний рівень, який утворює кисневу атмосферу. Вважають також, що при такому рівні кисню у атмосфері зростає ефективність озонового шару, який формується вже на значних висотах, захищаючи поверхню планети. Остання обставина, очевидно, сприяла початку заселення у силурі суходолу рослинним світом. Сучасний рівень вмісту кисню був досягнутий у атмосфері в середині девонського періоду. В подальшому, однак, концентрація вільного кисню не залишалась постійною.

Концентрація іншого важливого компонента атмосфери – вуглекислого газу протягом фанерозою також в окремі моменти значно перевищувала сучасну, хоч зберігалась загальна тенденція зниження його вмісту від 0,4 до 0,03%. Перше суттєве зниження загального вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері відбулося в ордовику, що стало однією із суттєвих причин пізньоордовицького зледеніння. Друге зниження спостерігалось у пізньому карбоні і корелюється із великим гондванським зледенінням. Таке зниження могло бути викликане посиленням споживання атмосферного CO<sub>2</sub> рослинністю раннього карбону та значними витратами його на утворення карбонатних порід і черепашок молюсків. Останнє значне зниження вмісту CO<sub>2</sub> відбулося у пліоцені; в сучасну епоху вміст CO<sub>2</sub> у атмосфері є мінімальним за всю історію планети.

Гази розчиняються у воді. Якщо поверхня води вільно контактує з газом, через деякий час встановиться рівновага, за якої за одиницю часу однакові кількості молекул газу будуть надходити у воду (*інвазія*) та виходити з неї (*евазія*).

Кількість розчиненого у воді газу при цьому залежить від:

1) природи газу, 2) парціального тиску газу в газовій фазі, 3) температури, 4) присутності інших розчинених речовин.

Кількість газу, розчиненого у даному об'ємі води, залежить від тиску газу. Якщо тиск зросте вдвічі, то, відповідно, вдвічі більше газу розчиниться у воді.

*Залежність між тиском і кількістю розчиненого газу описується законом Генрі:*

$$Vg = \alpha Pg/760 \times V_{H_2O};$$

де:  $Vg$  – кількість (мл) газу, розчинного за СТТС (стандартні температура (0°C) і тиск (1 атм) у сухому стані) у воді при даному  $Pg$  тиску (мм. рт. ст.);  $\alpha$  – коефіцієнт розчинності.

Так, коефіцієнт абсорбції (розчинності) кисню за 0°C дорівнює 0,04898. Таким чином, при нормальному вмісті цього газу в атмосфері (210 мл/л) в 1 л води розчиниться  $210 \times 0,04898 = 10,29$  мл кисню.

Із підвищенням температури і солоності коефіцієнт абсорбції зменшується і величина нормального вмісту кисню знижується (табл. 4.5).

Таблиця 4.5. Вміст кисню у воді при різній температурі й солоності

Температура, °C	Вміст кисню (мл/л) за різної солоності				
	0 ‰	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰
0	10,29 мл/л	9,65 мл/л	9,01 мл/л	8,36 мл/л	7,71 мл/л
10	8,02 мл/л	7,56 мл/л	7,10 мл/л	6,63 мл/л	6,17 мл/л
20	6,57 мл/л	6,22 мл/л	5,88 мл/л	5,53 мл/л	5,18 мл/л
30	5,57 мл/л	5,27 мл/л	4,96 мл/л	4,65 мл/л	4,35 мл/л

Для водних мешканців, на відміну від наземних, кисень часто виступає як лімітуючий чинник. На суходолі організми зазвичай мають достатню кількість кисню (його дефіцит відчувають лише мешканці ґрунту за певних умов – зокрема, після дощу відомий всім масовий лаз дощових черв'яків; проблеми, пов'язані з закисненням ґрунтів тощо).

#### 4.8.1.6. Біогенні елементи

Хімічні елементи, життєво необхідні організмам, називаються *біогенними*. Концентрація біогенних елементів відіграє визначальну роль у формуванні біопродуктивності екосистем. Варто згадати, що саме дослідження мінерального живлення рослин Ю. Лібіхом (1840) призвело до формування закону мінімуму

Елементи, що містяться в організмах у значних кількостях – від десятків відсотків до 0,01%, називаються *макроелементами* (вуглець, кисень, водень, азот, кальцій, калій, кремній, магній, фосфор, сірка, натрій, хлор тощо). Якщо порівняти відносний вміст елементів у земній корі та в живих організмах, то виявиться, що найбільш дефіцитним елементом є фосфор.

Хімічні елементи, вміст яких в організмах складає тисячні частки відсотка і нижче, називаються *мікроелементами*. Більшість з них – метали. В організмах виявлено близько 70 мікроелементів: V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, I, F, Br, Se та інші. Мікроелементи входять до складу різноманітних біологічно активних сполук.

Варто зазначити, що для мікроелементів (як і для макроелементів) існують певні оптимальні для кожного виду живих організмів значення їхнього вмісту в середовищі. Згубним для організмів є як нестача, так і надлишок кожного елемента та його сполук (нагадаємо, що одними з найнебезпечніших забруднюючих речовин є сполуки важких металів, які в мікрокількостях конче необхідні для нормальної життєдіяльності організмів).

#### 4.8.1.7. Вітер і течія

Істотне значення у житті організмів і у функціонуванні екосистем мають переміщення повітряних і водних мас. Для живих організмів це, з одного боку – важливі додаткові джерела енергії. Досить згадати роль вітру в опиленні вітрозапильних рослин тощо. З іншого боку, часто вони є також і лімітуючими чинниками.

З вітром тісно пов'язані й згінно-нагінні явища та ціла низка інших. Зокрема, коли ми розглядаємо умови існування понтогамарусів (один з характерних видів бокоплавів), скопичення яких часто досягають колосальної біомаси, то вони значною мірою пристосувалися до ефективного використання саме додаткових джерел енергії вітру і води – вітер приносить їм органічну речовину з усієї поверхні водойми, водночас у зоні заплеску, де вони мешкають, продукти метаболізму ефективно вимиваються хвилями. В штиль гамариди вимушені займати значно більші площі, бо для утилізації продуктів їхнього метаболізму потрібні значно більші ділянки.

Значення течій також важко переоцінити як у житті й життєвих циклах окремих видів, так і у функціюванні *лотичних* (проточних) екосистем в цілому.

#### 4.8.1.8. Тиск

Тиск є важливим фактором впливу на живі організми. У повітряному середовищі тиск на висоті 6000 м над рівнем моря складає 380 мм. рт. ст., а на висоті 10000 м – близько 200 мм. рт. ст., в той час як у водному середовищі зростання тиску на одну атмосферу відповідає зануренню на кожні 9,8 м. Таким чином, на найбільших глибинах (зокрема, за результатами вимірів з радянського судна «Витязь» у Маріанському жолобі (у Тихому океані, географічні координати 11°21' пн. ш. 142°12' с. д.), було встановлено максимальну глибину – 11022 м. Згодом було знайдено ще глибше місце – западина Челленджер у Маріанському жолобі – 11034 м) тиск сягає понад 1100 атмосфер! Водночас на найвищій вершині суходолу (Джомолунгма, чи Еверест, 8848 м) тиск (230 мм. рт. ст.) складає близько третини від його значення на рівні моря.

#### 4.8.2. Біотичні чинники

*Біотичні чинники* – внутрішньопопуляційні та міжпопуляційні взаємодії (детальніше вони розглянуті в розділі «Біоценози і угруповання»).

Часто виділяють *біогенні чинники* – групу чинників, пов'язаних як з безпосереднім, так і з опосередкованим впливом живих організмів на середовище нині та в минулий час. Інколи вживають поняття «*біологічний чинник*» – чинник, породжений життям, тобто джерелом якого є безпосередньо живий організм, або будь-яка їх сукупність.

*Антропогенні* – вплив діяльності людини на екосистеми та її компоненти. Але варто зауважити, що будь-який вплив діяльності людини на екосистеми можна поділити на дві групи: безпосередній вплив – полювання, рибальство, сільське господарство тощо, та опосередкований – зміни в екосистемах, викликані діяльністю людини. Перші нерідко об'єднують у групу *антропічних факторів*, другі – в *антропогенних*. При цьому антропогенні знаходять свій прояв як через зміни абіотичного оточення – швидкість течії річок внаслідок гідробудівництва, токсичні відходи підприємств, зміна термічного режиму тощо, так і через біотичні – зміни щільності популяцій різних видів унаслідок діяльності людини, перебудова угруповань тощо – тобто суто біотичні взаємини. Але якщо під екологічним фактором розуміти лише безпосередній вплив на дану систему, то в цьому аспекті при класифікації ЕФ на біотичні й абіотичні місця для антропогенних факторів не виявляється! У цьому випадку доцільно говорити про антропогенне навантаження, чи антропогенну трансформацію екосистем, яка істотно змінює екосистеми в цілому, їхній склад і структуру, а також всі основні їхні характеристики. Варто відзначити, що дедалі менше екосис-

тем лишається у природному стані, більшість є антропогенно трансформованими.

Таким чином, послідовно застосовуючи методологію системного підходу, можна говорити не про антропогенні чинники, а про антропогенне навантаження на екосистеми, що знаходить свій прояв через зміни всього комплексу як біотичних, так і абіотичних факторів.

#### 4.8.3. Періодичні та неперіодичні чинники

Досить популярною є класифікація чинників зовнішнього середовища за О.С. Мончадським (1958) [70] на *періодичні* і *неперіодичні*. За цією класифікацією всі екочинники поділяють на три групи: *первинні періодичні*, *вторинні періодичні та неперіодичні*. На думку О.С. Мончадського адаптації в першу чергу виникають до тих факторів, яким властива періодичність – добова, місячна, сезонна чи річна. Циклічність цих факторів існувала ще до появи життя на нашій планеті, тому адаптації організмів до цих факторів є найдревнішими і спадково закріпленими.

Первинні періодичні фактори необхідно враховувати при проведенні експериментів. Зокрема, існування яскраво вираженої адаптації організмів до первинних періодичних факторів пояснює несприятливість постійної температури. Ще В. Шелфорд показав, що для нормального росту й розвитку тварин абсолютно необхідною умовою є коливання температури.

Зміни вторинних періодичних чинників є наслідком зміни первинних періодичних чинників. Зокрема, вологість повітря належить до вторинних періодичних факторів і залежить від температури.

Неперіодичні чинники – здебільшого стихійні лиха – як правило несприятливі для живих організмів. Найчастіше вони діють зненацька, і у організмів практично не існує до них адаптацій. Як правило, неперіодичні фактори призводять до зниження щільності популяцій.

#### 4.8.4. Залежні та незалежні від щільності популяції чинники

ЕФ можна поділити на *залежні та незалежні від щільності популяції*. Здебільшого вважається, що біотичні фактори є залежними, а абіотичні – незалежними від щільності популяції.

Залежність біотичних факторів від щільності популяції знайшла своє відображення у добре відомих *моделях Лотки-Вольтерри* для системи «хижак–жертва» і для *конкуренції*. Ці моделі дозволяють кількісно оцінити ефекти, пов'язані саме зі щільністю популяцій. У *логістичній кривій Ферхюльста* також швидкість росту популяції безпосередньо пов'язана з її щільністю у той чи інший період. Цій проблемі присвячено багато праць, зокрема можна згадати, що вся теорія Ч. Дарвіна значною мірою базується саме на проблемі перенаселення.

Щодо абіотичних чинників, то їхня відносна незалежність від щільності популяції також досить умовна. Так, температура середовища мало залежить від щільності популяції, але і в цьому випадку можна навести без-



ліч прикладів терморегуляції у різних тварин, що ґрунтуються на груповій поведінці (“черепahi пінгвінів”, збирання в групи, терміку в соціальних груп комах тощо). Інтенсивність освітлення також залежить від щільності рослинного покриву на суходолі, від рівня розвитку фітопланктону у водному середовищі тощо. Концентрація кисню і вуглекислоти залежить як від концентрації автотрофних і гетеротрофних організмів, так і від рівня їхньої функціональної активності. Те ж стосується і більшості інших абіотичних компонентів екосистеми.

Тому слід обережно використовувати поділ факторів на залежні і незалежні від щільності популяції, розуміючи всю відносність цього поділу.

#### 4.9. Значення коливального режиму екофакторів та поняття оптимуму

Згідно класичних поглядів на вплив екологічних факторів, можна визначити таку точку на кривій життєдіяльності, яка характеризує найсприятливіше значення даного фактора для організму чи популяції. Більш зрілі погляди на цю проблему враховують комплексний вплив ЕФ (синергізм, антагонізм, адитивність).

Нарешті, сучасний рівень факторіальної екології передбачає розглядати одночасний вплив усіх факторів, тобто кожен систему розглядають у  $n$ -мірному просторі ЕФ. Це повною мірою стосується окреслення оптимальних умов середовища для систем різного рівня – організмів, популяцій, угруповань і екосистем.

З позицій системного підходу *оптимальними є такі значення відповідних параметрів зовнішнього середовища, за яких функція благополуччя системи набуває максимального значення.*

Реальна ситуація з визначенням оптимальних параметрів середовища значно складніша. Результати багатьох досліджень дозволяють дійти однозначного висновку: *найсприятливіші (оптимальні) умови для організму, популяції чи угруповання – це не фіксоване значення будь-якого чинника (чи комплексу чинників), а певна частота і амплітуда його (їх) коливання в певних “оптимальних” межах.*

Так, при вивченні впливу температури на процеси росту гідробіонтів встановлено, що максимальний темп росту спостерігався за коливань температури в певних межах (Галковская, Сушня, 1981) [46]. Причому в усіх випадках максимальний ріст спостерігався за умов, коли організм мав змогу сам вибирати собі ту чи іншу ділянку з різною температурою (в умовах термоградієнтного лотка). Причому остаточного пояснення цього феномену поки що немає.

Аналогічні результати отримані при вивченні впливу газового режиму на ріст риб. Так, у контролі риб утримували в умовах постійної аерації. В експерименті аерацію виключали на ніч. На світанку концентрація кисню в цих акваріумах складала близько 3–4 мг  $O_2$ /л. Але, як не дивно, риби росли за цих умов значно швидше, ніж у контролі і більш ефективно вико-

ристовували корм (ефективність трансформації речовини і енергії була на 30–40 % вищою, ніж у контролі).

Схожі результати отримані і при вивченні впливу змін солоності (для прісноводних риб). Виявилось, що періодичне зростання солоності води значно поліпшувало показники росту риб і ефективність використання ними раціону. Позитивні результати отримані й у дослідах, в яких риб одноразово чи дворазово на добу занурювали (у сачку) у сольовий розчин на кілька десятків секунд.

Нарешті, аналогічні результати отримані і при вивченні впливу стресової ситуації. До останнього часу вважалося (принаймні, у практиці рибного господарства), що будь-яке турбування риб призводить до зростання їхньої активності (риби метушаться, шугають по садкам чи басейнам), при цьому у них значно зростає рівень енергетичного обміну, а відтак, як вважалося, – і непродуктивні витрати енергії, що призводить до зменшення ефективності біопродукційного процесу. На кафедрі іхтіології Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова під керівництвом професора О.С. Константінова проведена серія дослідів по з'ясуванню впливу стресу на ріст риб. Молодь білого товстолоба протягом місяця вирощувалася в акваріумах в умовах, близьких до оптимальних (білий товстолоб – один з небагатьох видів прісноводних риб-планктонофагів, які живляться не елективно). У контролі всі параметри середовища підтримували автоматично в межах оптимальних значень, подачу корму здійснювали автоматично, практично без контакту з експериментатором. У експериментальних акваріумах риб кілька разів на добу “лякали” – зненацька з'являвся експериментатор, який розмахував руками над акваріумом. Перелякані риби метушилися, б'ючись об скло акваріумів, ледь не вистрибуючи при цьому з акваріумів. Через місяць усіх піддослідних риб зважили, визначили також загальні витрати кормів та фізіолого-біохімічні показники. Виявилось, що молодь, яку “залякували”, росла на 30–40% швидше, ніж у контролі, ефективніше (на 20%) використовувала корми і відзначалася ліпшими фізіолого-біохімічними показниками. Варто також підкреслити, що у молоді, позбавленої стресів, значно деградував головний мозок, який значною мірою був замінений сполучною тканиною.

*Таким чином, парадигма оптимальних умов, як якихось конкретних значень параметрів середовища давно вже не витримує ніякої критики (про що писав ще В. Шелфорд та багато інших дослідників). Зокрема, можна сказати, що «найкраща» температура (чи певне значення якогось іншого чинника) – це, зазвичай, суто лабораторний варіант оптимальності, тобто з того зла, яким є сама по собі сталість умов середовища, вона найкраща. Проте адекватним природі біо- і екосистем різного рівня може бути лише градієнтне поле екоциклів, що змінюється у часі з певною амплітудою і частотою в межах певних (оптимальних кожній системі) значень.*

Варто згадати, що сам фундатор вчення про *стрес* – Ганс Сельє писав: «Життя є стрес, а стрес – це життя... Повну свободу від стресу дає лише смерть» [35]. Вчення про стрес бере початок з 1936 року, коли канадський фізіолог і фармаколог Г. Сельє опублікував свої перші праці про неспецифічну загальну відповідь організму на шкідливі впливи – пошкодження та інтоксикацію.

Дослідження Сельє дозволили довести, що в патогенезі всіх захворювань розрізняють власне пошкодження і компенсаторно-приспосувальні реакції організму на нього. Саме з таких позицій він оцінив комплекс змін, викликаних стресом, і пізніше назвав його «*загальним адаптаційним синдромом*»

*Стресор* – це фактор зовнішнього або внутрішнього середовища, що викликає стрес. Г. Сельє пише: «Стрес є частиною нашого повсякденного досвіду, проте він пов'язаний з великою кількістю причинних факторів (стресорів), таких як хірургічна травма, опіки, емоційне збудження, розумове чи фізичне напруження, втома, біль, страх, приниження, розчарування, втрата крові, інтоксикація або навіть несподіваний успіх». Оскільки сила впливу стресорів на організм різна та, відповідно, різний ступінь викликаних ними змін, Сельє запропонував розрізняти *еустрес і дистрес*.

*Еустрес* – це стан напруження адаптаційних (приспосувальних) резервів організму («адаптаційної енергії» за Сельє), викликаних стресорами помірної сили, яке по суті є фізіологічним станом, оскільки людина безперервно піддається впливам природного та соціального середовища, що змінюється. Більш того, еустрес тренує та зміцнює адаптаційні системи організму, тобто він є необхідним для підтримки високого рівня здоров'я. Сильні й тривалі стресогенні впливи викликають *стан дистресу*, виходом з якого може бути *одужання, виникнення хронічних захворювань або смерть*. Саме дистрес має безпосереднє відношення до медичних аспектів вчення про стрес. Доходимо висновку, що еустрес корисний і потрібний для людини, а дистресу необхідно уникати, бо саме він часто викликає виникнення хронічних захворювань.

Основою вчення про стрес є фундаментальні праці Клода Бернара – автора уявлень про *гомеостаз*, інтеграцію фізіологічних функцій та хвороби, як відхилення від гомеостазу. Вперше думка про те, що постійність внутрішнього середовища забезпечує оптимальні умови для життя і розмноження організмів, була висловлена в 1857 р. французьким фізіологом Клодом Бернаром. Його вражала здатність організмів регулювати і підтримувати в досить вузьких межах такі фізіологічні параметри, як температура тіла або вміст в ньому води. Це уявлення про саморегуляцію як основу фізіологічної стабільності він резюмував у твердженні: «Сталість внутрішнього середовища є обов'язковою умовою вільного життя». Клод Бернар підкреслював відмінність між зовнішнім середовищем, в якому живуть організми, і внутрішнім середовищем, в якому знаходяться їхні окремі

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

Отформатовано:  
Шрифт: курсив

клітини, і розумів, як важливо, щоб внутрішнє середовище залишалася незмінним.

Гомеостаз (гр.  $\acute{\omicron}\mu\omicron\iota\omicron\sigma\tau\acute{\alpha}\sigma\iota\varsigma$  от  $\acute{\omicron}\mu\omicron\iota\omicron\varsigma$  – однаковий, подібний і  $\sigma\tau\acute{\alpha}\sigma\iota\varsigma$  – стан, нерухомість) – здатність відкритої системи зберігати сталість свого внутрішнього стану через узгоджені реакції, спрямовані на підтримання динамічної рівноваги. Прагнення системи відтворювати себе, поновлювати втрачену рівновагу всупереч супротиву зовнішнього середовища.

Американський фізіолог Волтер Кеннон (Walter B. Cannon) у 1932 р. в своїй книзі «*The Wisdom of the Body*» («Мудрість тіла») запропонував цей термін для назви «координованих фізіологічних процесів, які підтримують більшість стійких станів організму». У подальшому цей термін поширили на здатність динамічно зберігати постійність свого внутрішнього стану будь-якої відкритої системи.

Поряд з поняттям “гомеостаз” використовують поняття “*енантиостаз*” – підтримання на певному рівні функціональних процесів. Таким чином, біосистема може або підтримувати відносну сталість свого внутрішнього середовища, або ж забезпечувати певний рівень функціональної активності, що часто супроводжується зміною внутрішнього стану.

В екології концепція гомеостазу екосистем розвивалася в працях Ф. Клементса (1920, 1949) та інших вчених. Останнім часом ці питання набувають особливої актуальності з огляду на всезростаюче антропогене навантаження. Тому особливої уваги варті проблеми стресового стану екосистем, визначення меж їхньої стійкості, оцінка стратегії підтримання гомеостазу та енантіостазу екосистемами різного типу та за різного рівня антропогенного навантаження.

### Контрольні запитання до розділу

1. Дайте визначення оптимального значення екочинника для певної біосистеми.
2. Що таке «простір екофакторів»?
3. Як визначити лімітуючий чинник та як порівняти біотичні й абіотичні чинники за силою їхнього впливу?
4. Які основні лімітуючі чинники водного і наземного середовища існування?
5. Яке значення має коливальний режим екофакторів для біосистем різного рівня організації?
6. Чим відрізняються макроелементи від мікроелементів і яка їхня роль для живих організмів?
7. Які є типи класифікації екочинників?
8. Яке значення стресу для живих організмів?
9. Порівняйте гомеостаз із енантіостазом.
10. Яке значення має еустрес та дистрес?

Отформатовано: Шрифт: курсив

Удалено: ¶

## Розділ 5. ПОПУЛЯЦІЇ В ЕКОСИСТЕМАХ

Популяційна екологія – один з найбільш розвинених розділів сучасної екології як за своїм теоретичним і прикладним значенням, так і за станом розвитку його концептуального апарата. Це обумовлено значною практичною спрямованістю популяційних досліджень. Адже прогнозування вилову риби, добування мисливських видів, раціональне лісове господарство, прогнозування спалахів чисельності шкідників сільського, лісового та інших господарств та безліч інших проблем тісно пов'язані з питанням динаміки чисельності популяцій, характеру міжпопуляційних взаємин та їхньої ролі у популяційній цикліці тощо.

Багато вчених визначає екологію як науку про популяції. Так, канадський вчений Ч. Кребс визначає екологію як “науку про взаємодії, що визначають поширення і кількісний розвиток організмів” (Krebs, 1985). Згідно цього визначення головні питання екології: чому саме ті чи інші організми в даний момент зустрічаються саме в цьому місці і чому їхня чисельність і біомаса саме така, а не інша, а якщо вона змінюється з плином часу, то чому саме так? (впадає в око, що це визначення переформується з тлумаченням екології як «економіки природи»).

Принагідно слід зауважити, що відповіді на ці питання (чому, скільки тощо) можна лише з позицій екосистемного підходу, адже доля кожної популяції в конкретній екосистемі врешті решт визначається сукупністю всіх абіотичних і біотичних чинників та характером їхньої взаємодії і взаємозв'язку внутрішньопопуляційних процесів з екосистемними. І лише розглядаючи конкретну популяцію як елемент екосистеми, можна знайти відповіді на ці запитання.

Популяційний підхід зосереджує увагу на окремих видах. Зазвичай, це види, що мають важливе господарське значення – як об'єкти промислу, так і всілякі “шкідники” сільського і лісового господарства, носії захворювань тощо, а також види, що потребують охорони.

Слід зазначити, що до складу однієї, навіть незначної за розмірами, природної екосистеми входить кілька сотень чи тисяч видових популяцій. Тому, цілком природно, вивчення всіх популяцій навіть невеликої екосистеми, практично абсолютно неможливе.

### 5.1. Поняття популяції в екології

Серед біологів не вщухають суперечки щодо визначення поняття “популяція”. Термін *популяція* (від лат. *populus* – народ, населення) спочатку використовували для окреслення груп людей, які населяють певну місцевість. Вперше термін “популяція” було запроваджено в біологію данським біологом і генетиком Вільгельмом Людвіком Йогансеном у 1903 році для позначення “природної суміші особин одного і того ж виду, неоднорідної в

генетичному відношенні”. У подальшому цей термін набув екологічного значення. Р. Пірл писав: “популяція – група живих особин, що виділяється в деяких рамках простору і часу” (Pearl, 1937).

Частина авторів вважає, що термін “популяція” може застосовуватися лише до тих груп, які досить тривалий час (в принципі – необмежено) можуть існувати без будь-яких контактів з іншими аналогічними групами” (Шварц, 1969). За визначенням С.С. Шварца (1980), “популяція – це елементарне угруповання організмів певного виду, що має всі необхідні умови для підтримання своєї чисельності неосяжно тривалий час в умовах середовища, що постійно змінюється”.

Олексій Володимирович Яблоков визначає популяцію як “мінімальну самовідтворну групу особин одного виду, що протягом еволюційно тривалого часу населяє певний простір, утворюючи самостійну генетичну систему і формуючи власний екологічний простір” (Яблоков, 1987). При цьому автор підкреслює, що “...популяція – завжди досить численна група особин, протягом великої кількості поколінь значною мірою ізольована від інших аналогічних груп особин”.

При вивченні екосистем під терміном “популяція” розуміють сукупність всіх особин даного виду, що входять до даної екосистеми. Подібної точки зору часто дотримуються фітоценологи, проте замість терміну “популяція” у цих випадках вживають термін “ценопопуляція”, підкреслюючи цим, що це не просто сукупність рослин певного виду, а сукупність, що входить до конкретного ценозу (угруповання).

Олексій Меркурійович Гіляров (Гіляров, 1990) пропонує в екології під популяцією розуміти “будь-яку здатну до самовідтворення сукупність особин одного виду, більш-менш ізольовану в просторі і часі від інших аналогічних сукупностей того ж виду” [6].

Дотримуючись логіки системного підходу, в екології під “популяцією” слід розуміти самовідтворну одновидову біосистему в рамках даної екосистеми. Елементами популяції є особини, або різні розмірно-вікові групи особин, чи певні стадії розвитку тощо (в залежності від цілей конкретного дослідження).

## 5.2. Склад і структура популяцій. Геміпопуляції

Елементами популяції зазвичай вважаються особини. При дослідженні низки конкретних питань буває корисно вважати елементами популяції певні розмірно-вікові групи, або групи тієї чи іншої статі, інколи варто виділяти генетичні групи тощо. При дослідженні багатьох екосистем, зокрема водних, часто доводиться мати справу з одновидовими біосистемами, які аж ніяк не є самовідтворними. Зокрема, личинки комах, що входять до складу гідроекосистем і часто є домінуючими групами (личинки хірономід, бабок, веснянок тощо) з одного боку, і дорослі форми (імаго), що населяють наземні екосистеми – з іншого. Такі сукупності життєвих стадій од-

ного виду, що населяють певний біотоп, прийнято називати “геміпопуляціями” (Беклемишев, 1960).

При вивченні популяцій використовують дві групи кількісних показників: статичні – що характеризують стан популяції в певний момент часу  $t$  і динамічні, що характеризують процеси, які відбуваються в популяції за певний проміжок часу  $\Delta t$ .

### 5.3. Статичні показники популяції

До статичних показників належать: загальна чисельність і щільність популяції, різноманітні характеристики популяційної структури (вікової, розмірної, статевої, генетичної тощо).

Визначити загальну чисельність організмів у природних популяцій досить складно, часто – практично неможливо. Можна відносно точно порахувати дерева, кущі тощо на певній території, проте визначити точно загальну кількість тварин у природних екосистемах зазвичай практично неможливо. Для оцінки загальної чисельності популяцій рухливих тварин зручним виявляється метод мічення і повторного відлову. Суть його полягає у тому, що відловлюють певну кількість тварин, і після мічення їх випускають на волю. Через певний час проводять повторні відлови, і за часткою, яку складають серед відловлених істот мічені, розраховують загальну чисельність популяції. Але в переважній більшості випадків визначають не загальну чисельність, а щільність популяції. Це відомі методи трансект при вивченні рослин, метод облову певних ділянок, сюди ж належать і маршрутні методи обліку чисельності (птахів, рептилій, амфібій тощо).

Віковий склад популяції є її важливою характеристикою, яка істотно впливає на народжуваність, смертність тощо. Співвідношення вікових груп у популяції визначає її здатність до розмноження в даний момент часу і показує, чого можна очікувати у майбутньому, тому віковий склад дає цінну інформацію про популяцію і для прогнозування її стану (рис. 5.1).

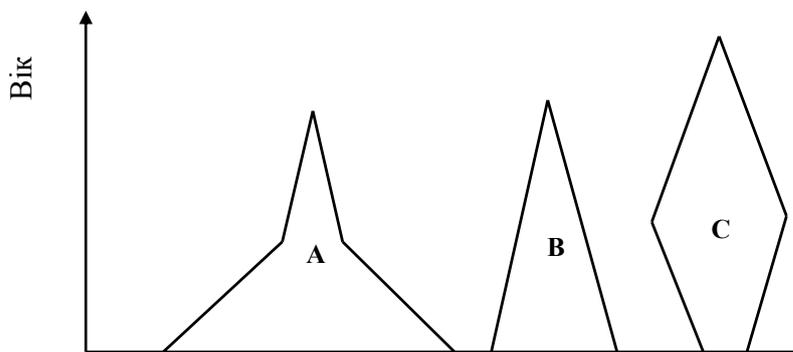


Рис. 5.1. Типи вікового складу популяцій: з високою смертністю молодих особин (А), з рівномірним виживанням різних вікових груп (В), з домінуванням певних вікових груп (С)

Зазвичай у популяціях, які швидко збільшують свою чисельність, значну частку складають молоді особини (рис. 5.2, а); при повільному зростанні чисельності віковий розподіл більш рівномірний (б); популяції, що знаходяться у стаціонарному стані, мають значну частку старих особин (в). Причому це притаманно і населенню окремих країн (рис 5.2).

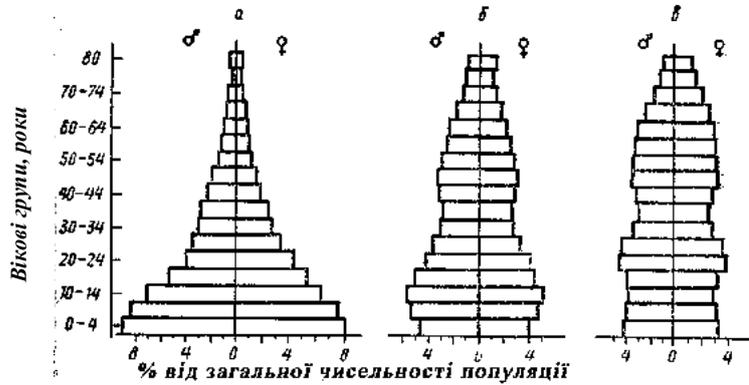


Рис. 5.2. Віковий склад населення в 1970 р.: а - у Мексиці (швидке зростання населення); б - у США (повільне зростання популяції); в - у Швеції (стаціонарний стан популяції)

Для кожної стійкої популяції характерний стабільний віковий розподіл (рис. 5.3).

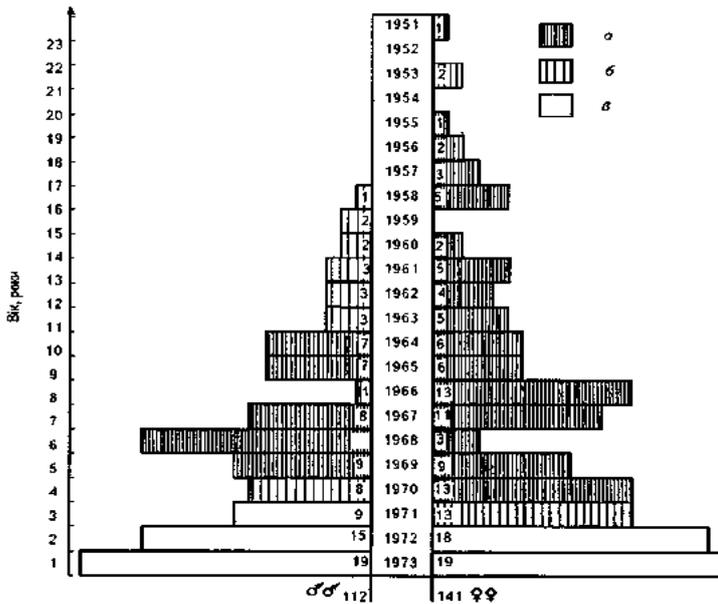


Рис. 5.3. Віковий склад популяції зубра в Біловезькій Пущі: а-розроджувальна активність, б-обмежена розроджуваність, в-особини, які не беруть участі в розроджуваності



Дещо спрощено, в популяції можна виділити три екологічні вікові групи: *пререпродуктивну*, *репродуктивну* та *пострепродуктивну*. Тривалість цих періодів по відношенню до загальної тривалості життя значно варіює у різних організмів. У одноденок личинковий період розвитку у воді триває від одного року до кількох, а у дорослому стані вони живуть кілька діб. Від величини загибелі особин різних вікових груп залежить загальний характер смертності популяції, який може бути представлений відповідними для кожного виду кривими (рис. 5.4).

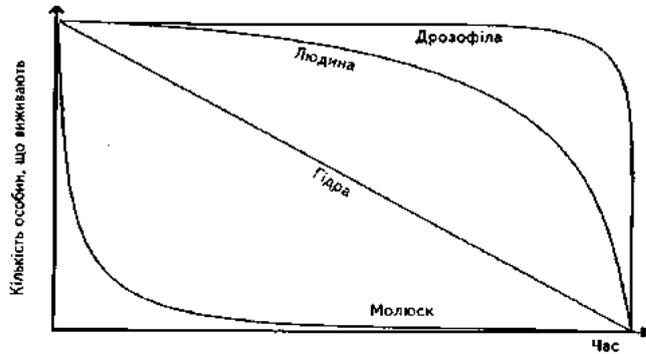


Рис. 5.4. Типи кривих виживання у різних організмів

Щодо просторового розподілу, то можна виділити три основні типи: *випадковий*, *регулярний* і *груповий (плямистий)* (рис. 5.5).

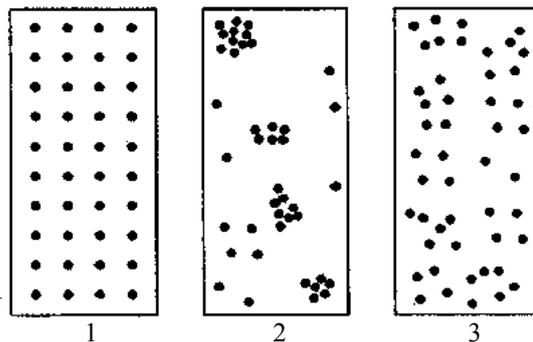


Рис. 5.5. Типи розподілу організмів у просторі: 1-регулярний, 2-груповий, 3-випадковий

Існує багато способів математичного визначення того чи іншого типу розподілу в залежності від конкретних ситуацій. Одним із найпростіших і часто вживаних методів встановлення типу розподілу є порівняння середньоквадратого відхилення ( $\sigma^2$ ) із середнім арифметичним ( $\bar{m}$ ):

$$\sigma^2 = \bar{m} - \text{випадковий}; \sigma^2 > \bar{m} - \text{плямистий}; \sigma^2 < \bar{m} - \text{регулярний}.$$

Біологічний сенс того чи іншого типу розподілу визначається, як правило, умовами середовища (типом розподілу ресурсів та інших чинників

середовища) і характером внутрішньопопуляційних взаємин. Так, якщо ресурси у просторі знаходяться рівномірно, то можливі два варіанти розподілу – випадковий (за відсутності територіальності) і рівномірний (проявляється територіальна поведінка особин). Найчастіше як ресурси, так і окремі умови середовища мають мозаїчний малюнок, йому відповідає плямистий тип розподілу особин у просторі.

До певної міри агрегацію можна пояснити і принципом оптимальної щільності популяції. Згідно принципу Олі (*Allee, 1931, 1938, 1951*) як недонаселення, так і перенаселення може виступати лімітуючим чинником. Для кожної популяції в певних умовах існує оптимальна щільність, за якої виживання особин буде максимальним.

#### 5.4. Динамічні показники популяції

До динамічних показників популяції належать *типи росту* і *типи динаміки чисельності (чи щільності)* популяції.

У загальному вигляді рівняння динаміки чисельності популяції має вигляд:

$$\text{швидкість зміни чисельності} = (\text{народжуваність} + \text{швидкість іміграції}) - (\text{смертність} + \text{швидкість еміграції}).$$

До основних динамічних показників популяції належать: *швидкість народжуваності (чи просто народжуваність)* – кількість особин, що народжуються в популяції ( $\Delta N$ ) за певний проміжок часу  $\Delta t$ ; для оцінки народжуваності та порівняння за цим показником різних популяцій зручно користуватися питомою народжуваністю  $\Delta N/\Delta t$ . *Смертність* – величина, протилежна народжуваності.

##### 5.4.1. Типи росту популяцій. J- подібний та S- подібний ріст

Розрізняють два основні типи росту чисельності (чи щільності) популяцій – *J-подібний* і *S-подібний*, названі так за характером кривих росту (рис. 6.1).

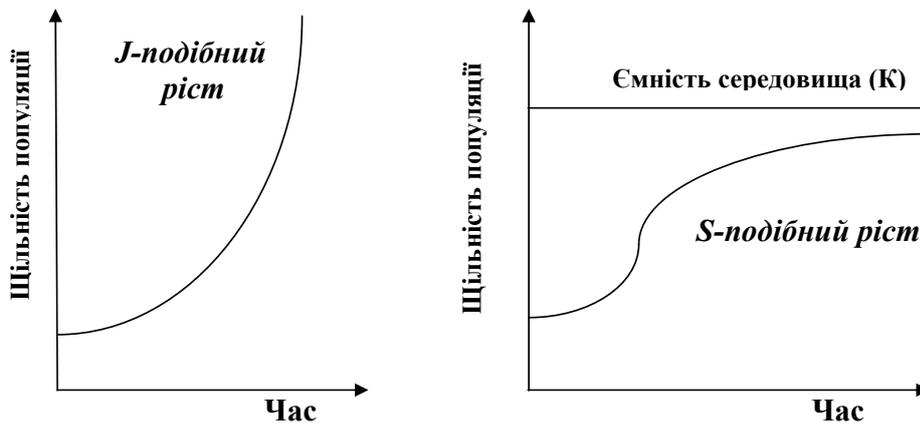


Рис. 5.6. Типи росту популяцій

Якщо чисельність особин зростає з відносно постійною швидкістю, то має місце типовий **J- подібний ріст**.

При цьому миттєва швидкість росту визначається таким чином:

$$dN/dt = rN,$$

звідки:

$$r = dN/Ndt,$$

$$N_t = N_{t-1}e^{rt}.$$

Якщо  $r = \text{const}$ , то ріст відбувається за експоненціальним законом.

Якщо величини чисельності наводяться в логарифмічному масштабі, то графік експоненціального росту набуває вигляду прямої лінії. Тому інколи експоненціальний ріст називають *логарифмічним*.

Рівняння експоненціального росту в логарифмічній формі має вигляд:

$$\ln N_t = \ln N_0 + rt,$$

тобто є рівнянням прямої, а коефіцієнт  $r$  характеризує кут нахилу її до осей.

Біологічний сенс коефіцієнта  $r$  (від англ. *rate* – рівень) досить цікавий. По суті, це *біотичний потенціал популяції* – миттєва швидкість зміни чисельності чи щільності популяції.

В кожний конкретний момент часу його можна розглядати як різницю між миттєвою народжуваністю та миттєвою смертністю:

$$r = b - d;$$

де:  $r$  – біотичний потенціал популяції;  $b$  – рівень народжуваності (*birth-rate*);  $d$  – рівень смертності (*death-rate*).

Таким чином, у кожний момент часу популяція може змінювати свій біотичний потенціал або шляхом зміни рівня народжуваності, або рівня смертності, або ж обох цих показників одночасно.

### **S- подібний ріст популяції**

Для опису цього типу росту можна використовувати багато рівнянь, але найбільш популярним виявилось найпростіше з них – так зване *логістичне рівняння*. Вперше його запропонував бельгійський математик П.Ф. Ферхюльст для опису росту народонаселення (*Verhulst*, 1838). Цим рівнянням користувалося багато дослідників, проте з часом про нього забули. Потім його «перевідкрили» американські дослідники Пірл та Рід (*Pearl, Reed*, 1920), які, втім, через рік визнали пріоритет Ферхюльста.

В основі логістичної моделі лежить припущення про лінійне зниження швидкості питомого росту  $r_a = dN/Ndt$  зі зростанням чисельності  $N$ , причому ця швидкість стає рівною нулеві при досягненні певної (граничної для даного середовища) чисельності –  $K$ . Тобто якщо  $N = K$ , то  $r_a = 0$ .

Логістичне рівняння в диференціальному вигляді:

$$dN/dt = r_{\max}N (K - N)/K;$$

де:  $r_{\max}$  – константа експоненційного росту, який міг би спостерігатися в початковий момент зростання чисельності;  $K$  – верхня асимптота  $S$ -подібного росту. Біологічний сенс її можна ототожнити з поняттям “ємності середовища” для популяції. *Ємність середовища (для популяції) – це максимальна щільність популяції, яка може підтримуватися ресурсами даної екосистеми.*

В інтегральній формі логістичне рівняння має вигляд:

$$N_t = K / (1 + e^{-r_{\max}t})$$

де:  $N_t$  – чисельність популяції в момент часу  $t$ ,  $e$  – основа натурального логарифму,  $K$  – верхня асимптота  $S$  – подібного росту, або ємність середовища. Варто звернути увагу, що в рівнянні  $S$ -подібного росту значення біотичного потенціалу популяції ( $r$ ) постійно змінюється, прямуючи до нуля, в той час як при  $J$ -подібному рості значення  $r$  постійне в будь-який момент часу; тому в рівнянні  $S$ -подібного росту використовують не  $r$ , а  $r_{\max}$ .

Зауважимо, що термін “логістична крива” був запропонований П.-Ф. Ферхюльстом без будь-яких пояснень. У французькій мові того часу слово “*logistique*” означало “мистецтво обчислення”.

Знання особливостей росту певної популяції конче необхідні для її раціональної експлуатації. Зокрема, за умови  $S$ -подібного росту, максимальну продукцію можна отримувати при підтриманні щільності популяції на рівні, близькому до точки зміну радіусу кривизни  $S$ -подібної кривої (рис. 5.6), тобто за найвищої швидкості росту даної популяції. Цей же підхід дозволяє визначити верхню межу вилучення особин з популяції (що в свою чергу залежить від задач оптимізації використання певної популяції).

#### 5.4.2. Типи динаміки чисельності популяцій

У загальному вигляді співвідношення процесів, що визначають динаміку чисельності популяції, можна записати таким чином:

*Зміна чисельності популяції = (народження особин + імміграція) – (загибель особин + еміграція).*

За особливостями динаміки чисельності всі популяції можна поділити на дві основні групи: *рівноважні* та *опортуністичні*. Перші – це популяції, щільність яких не має різких перепадів, вона зазвичай коливається в певних межах навколо якогось середнього значення. Зазвичай рівноважний тип динаміки щільності притаманний популяціям тих видів, представники яких відзначаються відносно великими розмірами, значною тривалістю життя, тривалим життєвим циклом (рис. 5.7).

Щодо особливостей росту чисельності (щільності) рівноважних популяцій, то, зазвичай, їм притаманний  $S$ -подібний ріст, тоді як опортуністичним –  $J$ -подібний (що і дає їм можливість вибухоподібно збільшувати свою щільність за відповідних умов).

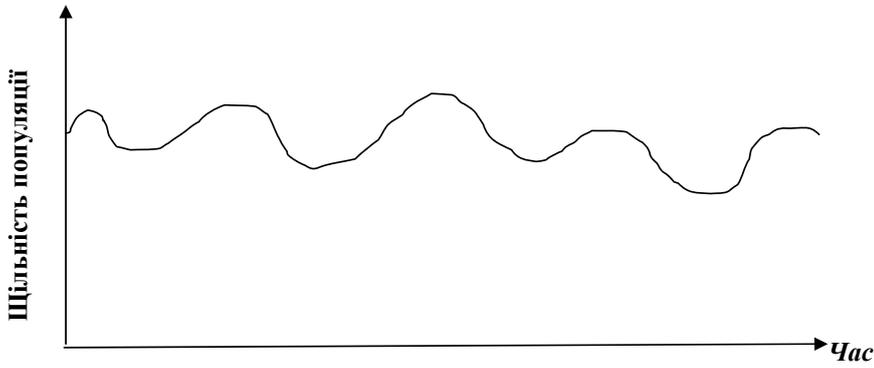


Рис. 5.7. Рівноважний тип динаміки популяції

Опортуністичні ж популяції характеризуються різкими коливаннями щільності. Такий тип динаміки характерний багатьом видам, яких називають «шкідниками» різних господарств тощо, зокрема загальновідомі спалахи щільності сарани, мишовидних гризунів тощо. Графіки динаміки їх чисельності (чи щільності) часто нагадують електрокардіограму чи енцефалограму (рис. 5.8).

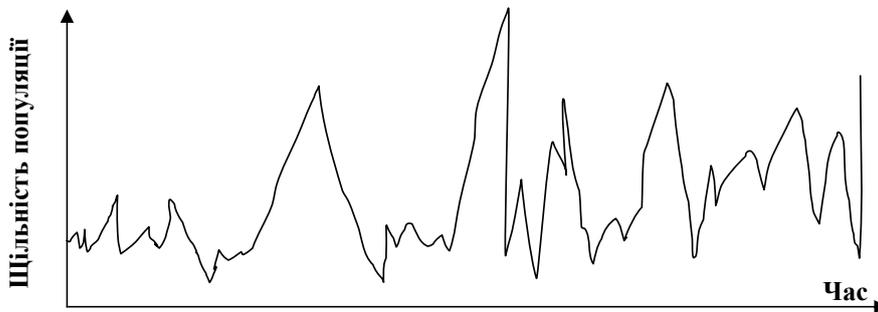
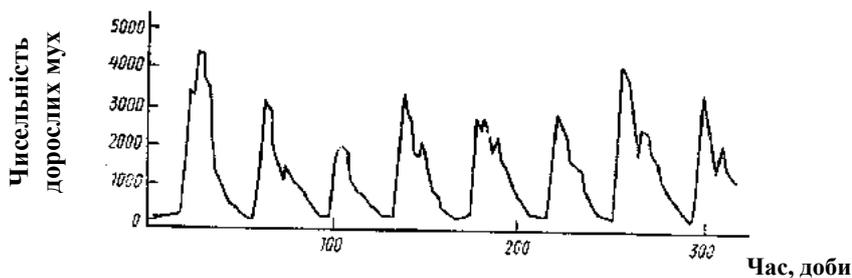


Рис. 5.8. Опортуністичний тип динаміки популяції

Щодо причин коливання щільності популяцій існує безліч теорій. Зокрема, навіть за стаціонарних умов у популяції буде спостерігатися певна цикліка її щільності, пов'язана з періодичністю розмноження, тривалістю життя тощо (рис. 5.9)

Рис. 5.9. Циклічні коливання чисельності мух *Lucilia cuprina* в лабораторній популяції, що культивується за постійної кількості корму (за Nicholson, 1954)

Часто причини коливань чисельності чи щільності популяцій пояснюють різними зовнішніми (для даної популяції) впливами. Досить популярною є теорія коливань, що ґрунтується на взаємовпливах хижака і жертви. Зокрема, майже в усіх підручниках з екології наводять приклад коливання чисельності зайця і рисі в Канаді (за матеріалами заготівель шкір компанією Гудзон-Бей (*MacArthur, Connel, 1966*) (рис. 5.10).

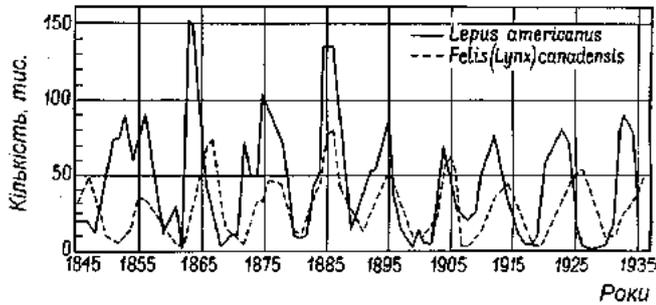


Рис. 5.10. Динаміка чисельності зайця *Lepus americanus* і рисі *Lynx canadensis* у Канаді (за матеріалами заготівель шкір компанією Гудзон-Бей)

Проте у більшості випадків встановити, що є причиною, а що – наслідком – досить важко. Зокрема, динаміку чисельності жертви можна пояснити тиском хижаків, проте з такою ж вірогідністю можна стверджувати, що динаміка популяції хижака (рис. 5.10) лише відповідає на зміну чисельності жертви, причина якої не відома.

І лише в кількох дослідженнях можна з високою вірогідністю говорити про причини та наслідки динаміки щільності популяцій. Досліджуючи причини динаміки щільності масових видів планктонних ракоподібних на водосховищі в нижній течії р. Замбезі в тропічній Африці, польський гідробіолог Глівіч виявив дивний зв'язок між фазами місяця і динамікою щільності масових видів планктонних ракоподібних (*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma excisum*, *Eudiaptomus sp.*, *Mesocyclops leuckarti*) (Gliwicz, 1986). Зокрема, було встановлено, що чисельність цих ракоподібних протягом року закономірно коливається, причому максимумами щільності завжди припадали або ж на повнолулля, або ж за кілька діб до нього. Глівіч з'ясував причину цього явища: інтенсивне виїдання ракоподібних уночі за повного місяця невеликими (до 8 см завдовжки) прісноводними сардинами лімнотрисами (*Limnothrissa miodon*). Планктонні ракоподібні в цій водоймі, як і в багатьох інших, здійснюють добові вертикальні міграції, піднімаючись в темну частину доби до поверхні – в шари, багаті їжею, а в світлу частину доби залишаються у придонних шарах на значній глибині, де через незначний рівень освітленості у них значно менший ризик стати жертвою риб. Риби також здійснюють вертикальні міграції – скопичення їх пливуть слідом за максимальним скопиченням планктону (що було встановлено з використанням ехолотного дослідження). У безмісячні ночі скопичення риб розсіюються, живлення не спостерігається. З наближенням до

повного місяця скопичення риб починають зберігатися й на ніч, а максимальна інтенсивність виїдання планктону спостерігається за максимальною освітлення води – повний місяць та кілька діб до і перед ним (рис. 5.11).

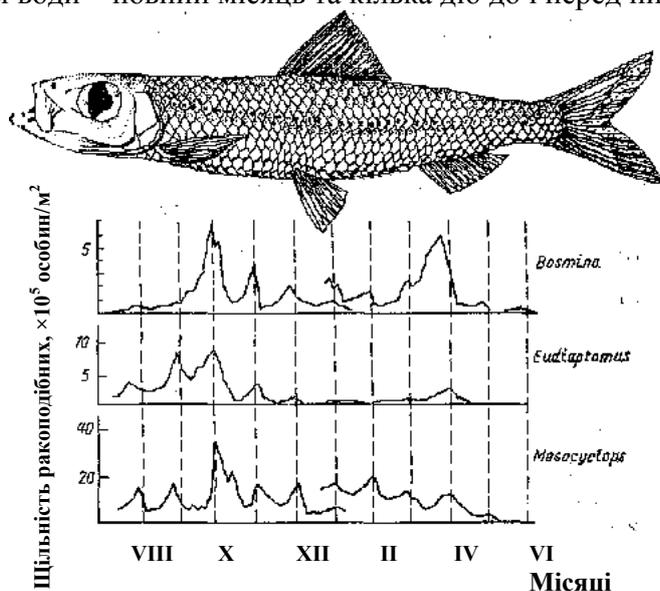


Рис. 5.11. Спряжені з місячним циклом коливання щільності трьох видів планктонних ракоподібних у водосховищі Кагора-Басса на р. Замбезі. Вгорі—*Limnothrissa miodon*, яка активно виїдає зоопланктон у місячні ночі (пунктирними вертикальними лініями відмічені доби повного місяця)

Знання закономірностей динаміки щільності популяцій конче необхідне для розробки квот виловів риб певних видів, ліцензування відстрілу окремих видів тварин, лісокористування, прогнозування спалахів чисельності видів, які є переносниками найрізноманітніших захворювань, «шкідниками» лісового і рибного господарств тощо.

Популяційна екологія досягла значного розвитку значною мірою саме завдяки її практичній спрямованості, адже раціональне використання популяцій, як складова *раціонального збалансованого природокористування*, має опиратися саме на наукові дослідження особливостей їх відтворення у конкретних екосистемах. Адже, як підкреслював О.В. Яблоков, «визначення меж відведення особин та біомаси популяцій є центральним завданням природокористування. Популяція є першим акцептором, який сприймає всю різноманітність порушень, що вносить в навколишнє середовище діяльність людини. Якщо антропогенна діяльність навіть і не направлена прямо на ту чи іншу популяцію, вона опосередковано сприймає такі дії. Перевищення порогів використання популяцій завжди загрожує серйозними наслідками».

Тому раціональне використання кожної популяції має ґрунтуватися на детальних відомостях щодо її особливостей, зокрема продукційних та циклічних характеристиках.

## 5.5. Типи життєвих стратегій популяцій

Кожна популяція для виживання і реалізації притаманної всім системам тенденції до експансії має комплекс властивостей, які забезпечують виживання в різноманітних умовах. Оскільки не можна бути універсальним в усьому, то для реалізації цих тенденцій у популяції є кілька варіантів, які дістали назву життєвих стратегій. В екології найбільш популярним є поділ життєвих стратегій популяцій на  $r$ - і  $K$ - стратегіи.

Не менш важливою, а в деяких аспектах і значно змістовнішою, є виділення трьох життєвих стратегій (за системою Раменського-Грайма). Проте ця система ще не стала такою загальноприйнятою в екології, як перша, хоч її популярність зростає з кожним роком.

### 5.5.1. $K$ - і $r$ - стратегіи

Константи  $r$  і  $K$  із логістичного рівняння дали назву двом типам природного добору, виділивши які американські дослідники Р. Макартур та Е. Вілсон (*MacArthur, Wilson, 1967*) поклали початок концепції, що отримала пізніше широке визнання. Згідно цієї концепції серед багатьох екологічних стратегій можна виділити два крайніх типи.

Так звана  $r$ -стратегія пов'язана з високими значеннями біотичного потенціалу популяції, в той час як  $K$ -стратегія спрямована на підвищення конкурентоспроможності і виживання окремих особин (що особливо важливо в умовах жорстокої конкуренції).

Якщо  $r$ -відбір – це, перш за все, відбір на такі властивості, як висока плодючість, швидке досягнення статевої зрілості, короткий життєвий цикл, здатність до швидкого поширення в нових біотопах, а також здатність до переживання несприятливих періодів у стані спокою, то  $K$ -відбір – це відбір на конкурентоздатність, підвищення захищеності від хижаків і паразитів, зростання ймовірності виживання кожного нащадка, на розвиток більш досконалих внутрішньопопуляційних механізмів регуляції чисельності тощо.

Дискусії про те, яка зі стратегій краща, позбавлені будь-якого сенсу. Адже на рівні біотичного угруповання ці стратегії забезпечують функціонування біоценозу в умовах середовища, які постійно змінюються і час від часу характеризуються тими чи іншими катаклізмами. За цих умов реалізація стратегії біоценозу на максимізацію своєї біомаси, зв'язаної в ній енергії тощо (тобто на експансію) досягається саме наявністю двох стратегій популяцій. Так, будь-який потужний несприятливий вплив на угруповання призводить до істотного зменшення його біомаси. За цих умов саме завдяки  $r$ -стратегам вдається у найкоротший час поновити вихідну біомасу



і забезпечити максимальне «представництво» біосистеми в даній екосистемі. В подальшому К-стратегі поновлять свою щільність, біомасу тощо, але в цілому біоценоз, як цілісна система, знаходиться на відносно постійному рівні (біомаса, енергія тощо).

### 5.5.2. Система життєвих стратегій Раменського–Грайма

Проблема життєвих, чи як їх інколи називають, *еколого-ценотичних стратегій* вже давно привертала увагу фахівців-фітоценологів. Так, ще в 30-х роках 20 століття Л.Г. Раменський (1938) запропонував розрізняти три основні типи рослин, названі ним *віолентами*, *патієнтами* і *експлерентами*, що розрізняються стратегіями виживання, на 29 років раніше, ніж запропонували свою систему Р. Макартур і Е. Вілсон (MacArthur, Wilson, 1967)!

**Віоленти** (від латинського *violentia* – схильність до насилля, або силивики) – це види, що часто визначають загальний вигляд і характер угруповання, вони здатні пригнічувати конкурентів за рахунок більш інтенсивного росту і більш повного використання території. У рослин-віолентів потужна коренева система і добре розвинена надземна частина. Типові віоленти – це багато видів дерев (особливо ті, що утворюють корінні ліси), а також домінуючі види трав'янистих рослин чи інших угруповань, наприклад, мох сфагнум, чи очерет.

**Патієнти** (від латинського *patientia* – терпіння, витривалість), чи *терплячі* – це види, здатні виживати в несприятливих умовах, де більшість інших видів існувати просто не здатні, наприклад, за умов недостатнього освітлення, вологи, мінеральних речовин тощо. До патієнтів належить багато рослин, які вважаються посухостійкими, тіньлюбними чи навіть солелюбними. Хоч експериментально показано, що багато з них (хоч і не всі) за відсутності конкурентів можуть існувати і добре почуватися в умовах більшої вологості, освітленості тощо.

**Експлеренти** (від латинського *explere* – наповнювати, виповнювати), чи наповнюючі – це види, що швидко розмножуються і швидко розселяються, з'являються там, де порушені корінні угруповання. До типових експлерентів належать рослини, що поселяються на вирубках і згарищах, наприклад іван-чай (*Chamaenericon angustifolium*) або осика (*Populus tremula*). Проте, як справедливо зауважує О.М. Гіляров, *належність певного виду рослин до віолентів, патієнтів чи експлерентів не може ґрунтуватися лише на його аутокологічних характеристиках. Певний тип еколого-ценотичної стратегії відображує також положення виду в угрупованні* (Гіляров, 1990). Саме тому один і той же вид в різних угрупованнях може належати до різних еколого-ценотичних типів. Так, сосна (*Pinus sylvestris*) є типовим віолентом у сосновому бору, а на болоті вона є патієнтом.

Слід нагадати, що запропонована Л.Г. Раменським система *еколого-ценотичних стратегій*, чи *ценотипів*, як називав її сам Л.Г. Раменський, до останнього часу була відома лише вузькому колу фахівців. Увагу широко-

го загалу екологів ця система привернула після того, як стали досить популярними уявлення про r- і K-відбір та стратегії, а також у зв'язку із запропонованою англійським вченим Дж. Граймом (*Grime, 1979*) класифікацією життєвих стратегій рослин. Дж. Грайм виділив три типи рослин: *конкуренти*, *стрес-толеранти* і *рудерали*. Система Грайма, як бачимо, є практично тотожною системі Раменського.

Природно, що кожному виду притаманний певний рівень “віолентності”, “патієнтності” та “експлерентності”. Схематично систему Раменсько-Грайма можна зобразити у вигляді рівностороннього трикутника, вершини якого зайняті крайніми типами (віоленти, патієнти, експлеренти). Будь-яка точка на площині цього трикутника, яка відповідає реальному положенню певної популяції в системі цих координат, має певну відстань до відповідних вершин трикутника. Відносна наближеність до певної вершини (патієнтної, експлерентної та віолентної) буде кількісною характеристикою життєвих стратегій даної популяції (рис. 5.12).

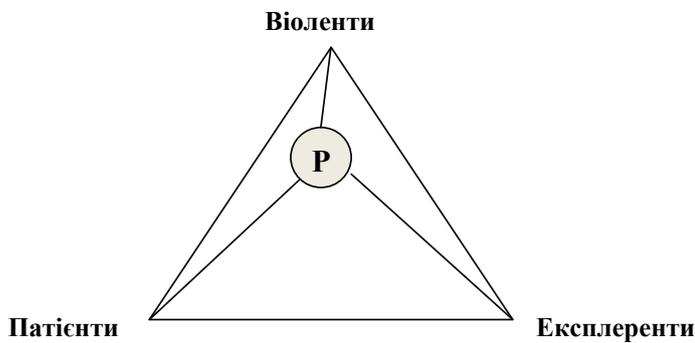


Рис. 5.12. Типи життєвих стратегій популяцій (за Раменським-Граймом)

Кожна з цих характеристик може варіювати від 0 (максимальна віддаленість від відповідної вершини) до 1 (в частках) чи до 100% (у відсотках) – власне, сама вершина – крайній прояв відповідної стратегії. При цьому співвідношення наближеностей популяції до відповідних вершин буде кількісною характеристикою співвідношення відповідних стратегій даної популяції (P):

$$PB : PP : PE.$$

І хоч система життєвих стратегій Раменського-Грайма була розроблена для рослин, її можна ефективно використовувати для будь-яких живих організмів. Зокрема види, які мешкають за крайніх значень будь-якого чинника, можна віднести до стрес-толерантів – населення термальних вод, мешканці гіпергалінних водойм, рослини і тварини пустель тощо. Віоленти – типові доміанти клімакських угруповань. Експлеренти відомі кожно-

му (бур'яни, види з колосальним біотичним потенціалом, зазвичай коротким життєвим циклом тощо).

Подальший розвиток цієї системи може знайти свій прояв у збільшенні кількості різноманітних типів життєвих стратегій, при цьому кількісною характеристикою певного виду чи популяції щодо її життєвої стратегії буде відносна відстань від відповідних вершин  $n$ -кутника до точки її розташування на його площині.

Слід відзначити, що система Раменського-Грайма з кожним роком стає дедалі популярнішою і усе частіше використовується екологами для оцінки стану екосистем, в біологічній індикації та в системі екологічного моніторингу в цілому. Адже будь-які зрушення у співвідношенні віолентів, пацієнтів і експлерентів свідчить про суттєві процеси в екосистемі, викликані або зовнішнім впливом, або ж внутрішньосистемними процесами (сукцесії, флуктуації).

Зокрема, зростання частки пацієнтів зазвичай свідчить про погіршення умов існування переважної більшості популяцій. Зростання ж  $r$ -стратегів найчастіше спостерігається після потужних несприятливих для угруповання впливів (залпові викиди токсичних речовин, пожежі та інші стресові впливи), після яких саме  $r$ -стратегі (експлеренти, рудерали) найшвидше поновлюють свою чисельність й біомасу, в той час як  $K$ -стратегі роблять це значно повільніше, що й призводить до того, що відносна частка рудералів зростає за рахунок звільнення частини життєвого простору  $K$ -стратегіями.

Щодо віолентів, то зростання їх щільності (а особливо – відносної частки в угрупованні) – закономірний процес у ході природної екологічної сукцесії. Тому в більшості випадків зростання частки віолентів свідчить про поліпшення умов середовища та стану екосистеми в цілому. Проте в цілій низці випадків, зокрема, в умовах антропогенно трансформованих екосистем, цей процес може свідчити і про істотні негаразди в екосистемі. Тому для кожного типу екосистем є своє оптимальне співвідношення представників трьох життєвих стратегій, і будь-які зміни цього співвідношення варті уваги екологів.

Це повною мірою стосується і *видів-інтродуцентів* (вселенців), які не характерні для даної екосистеми, але, якимось чином опинившись в ній (часто занесені людиною), нерідко посідають в екосистемі чільне місце. Причому з кожним роком ця проблема набуває все загрозливіших масштабів свідчить про істотні негаразди в екосистемі в цілому. Результати досліджень цієї проблеми свідчать, що найінтенсивніше вселення нових, не характерних для даної екосистеми видів має місце при нестійкому стані екосистеми: будь-які катаклізми, стресові впливи на екосистему в цілому сприяють інтенсифікації цих процесів. Водночас екосистемам, які знаходяться в стані благополуччя і відносної стійкості, це явище притаманно у значно меншій мірі. Останнім часом інтенсивність заселення екосистем видами-інтродуцентами (часто це явище називають *інвазією*) використо-

вують як показник нестабільного стану екосистеми і до певної міри – як показник її неблагополуччя.

Це органічно пояснюється загальною теорією систем, де ймовірність появи нової властивості істотно зростає при коливальних процесах системи.

*Умови формування нових структур:*

- відкритість системи;
- її стан далекий від рівноваги;
- наявність флуктуацій.

“В основі процесів розвитку біосистем лежить протиріччя між випадковістю і закономірністю, свободою вибору і надійністю пам’яті, хаосом і структурою тощо” (Букварева, Алещенко, 1997). Новоутворення створюються нелінійними системами, які можуть мати декілька стійких станів. *Перейшовши границю стійкості система потрапляє в критичний стан, який називається **точкою біфуркації***. В цій точці навіть незначна флуктуація може вивести систему на інший шлях еволюції і різко змінити її структуру і поведінку. Це і називається *подією*. Таким чином, випадковість і необхідність доповнюють одна одну, визначаючи долю відкритої системи.

*У точці біфуркації флуктуація досягає такої сили, що структура системи не витримує і руйнується; в цьому випадку принципово неможливо передбачити чи стане динаміка системи хаотичною чи вона перейде на новий, більш високий рівень впорядкованості, який І. Пригожин назвав **дисипативною структурою*** (для підтримання цієї структури необхідно більше енергії, ніж для підтримання більш простих структур, на зміну яким вона прийшла). *“Дисипативні структури існують лише постільки, поскольку система дисипує (розсіює) енергію і, відповідно, виробляє ентропію. З енергії виникає порядок зі зростанням загальної ентропії. Таким чином, ентропія – не просто беззупинне сповзання системи до стану, позбавленого будь-якої організації..., а за певних умов стає праматір’ю порядку”* (Горелов, 1997).

### **Контрольні запитання до розділу**

1. В чому полягають відмінності між типами життєвих стратегій популяцій (за системою Макауртура-Вілсона і Раменського-Грайма)?
2. Охарактеризуйте основні типи росту і динаміки щільності популяцій. Наведіть приклади.
3. Чим відрізняється  $r$  в рівнянні  $j$  – подібного і  $S$  – подібного росту ?
4. Чим визначається «ємність середовища» для популяції ?
5. У чому полягають відмінності у понятті «популяції» в екології і в зоології та ботаніці?
6. Що таке «геміпопуляція» і для чого використовується цей термін?
7. Наведіть приклади опортуністичних та рівноважних популяцій.
8. Які практичні аспекти популяційної екології?

## Розділ 6. БІОЦЕНОЗИ І УГРУПОВАННЯ

Важливою віхою на шляху адекватного вивчення екологами цілісних природних комплексів було запровадження поняття “біоценоз”, яке запропонував німецький гідробіолог Карл Мьобіус у 1877 р.

### 6.1. Поняття біоценозу та угруповання

Вивчаючи устричні банки, К. Мьобіус назвав біоценозом “об’єднання живих організмів, що відповідає за своїм складом, кількістю видів і особин деяким середнім умовам середовища, об’єднання, в якому організми пов’язані взаємною залежністю і зберігаються завдяки постійному розмноженню в певних місцях...”. Якби одна з умов, згідно К. Мьобіуса, відхилилася на певний час від звичайної середньої величини, змінився б весь біоценоз... “Біоценоз також змінився б, якби кількість особин збільшилася чи зменшилася завдяки діяльності людини або ж один вид повністю зник з угруповання, або, нарешті, до його складу увійшов новий...” (Möbius, 1877).

Таким чином, К. Мьобіус визнавав важливе значення абіотичних умов середовища, сукупність яких пізніше була названа Ф. Далем (Dahl, 1908) *біотопом*. Проте як цілісну систему Мьобіус розглядав лише біоценоз як угруповання.

Слід відзначити, що різні автори надавали цьому терміну різних значень. Згадаймо точку зору Клементса (Clements, 1928) та його послідовників на біотичне угруповання (біоценоз) як на *організм вищого порядку*. З іншого боку, праці Раменського (1924) і Глізона (Gleason, 1926) практично заперечували об’єктивність виділення цього поняття.

Зауважимо, що термін “біоценоз” коректно застосовувати для окреслення живого компонента конкретної екосистеми. Як синонім, часто використовують поняття “*біотичне угруповання*”. У випадках, коли мова йде лише про якусь частину біоценозу, виділену на основі певних ознак – таксономічних, функціональних тощо – варто використовувати термін «угруповання», або ценоз, населення чи група видів. Ці терміни можна використовувати в різних значеннях у залежності від конкретних цілей того чи іншого дослідження.

На відміну від гідроекології, в «наземній» екології майже відразу відбувся поділ на “*екологію рослин*” та “*екологію тварин*”, тоді як абіотичні компоненти тривалий час розглядалися лише як зовнішні фактори.

### 6.2. Склад біоценозу

Отже, біоценоз – це сукупність всіх популяцій і геміпопуляцій, які беруть участь (постійно чи періодично) у функціонуванні даної екосистеми.

У кожний момент часу  $t$  біоценоз має певний *видовий склад* – сукупність видів, що входять у певне угруповання;

*видову насиченість* – кількість видів у біоценозі (зазвичай це поняття використовують у фітоценології), яка вимірюється кількістю популяцій, що входять до нього –  $n(t)$ , і кількісний склад, що характеризується набором з  $n(t)$  чисел  $x_1(t), \dots, x_n(t)$ , що означають чисельності чи щільності цих популяцій.

З позицій системного підходу *біоценоз* – це вищий рівень організації (*інтеграції*) біосистеми даної екосистеми. Елементами його є популяції та геміпопуляції, пов'язані різноманітними зв'язками між собою і з абіотичними елементами екосистеми. Важливим етапом розвитку біоценології було дослідження *зовнішньометаболічних потоків речовини між різними популяціями* – *екологічного метаболізму* [93].

Варте уваги і таке, здавалося б, просте питання: що є елементами біоценозу? Якщо вважати, що біоценоз складається з популяцій, як самовідтворних одновидових біосистем у рамках даної екосистеми, то виявиться, що більшість водних і багато ґрунтових біоценозів не є біоценозами! Але в практиці екологічних досліджень водні екосистеми вивчаються як самостійні, хоч і тісно пов'язані з наземними. Аналогічну картину маємо нагоду спостерігати і при дослідженні *едафоценозів*. У ґрунті ми зустрічаємо масу личинкових стадій організмів, дорослі форми яких у ньому практично не мешкають.

Щоб уникнути тут зайвих дискусій, при виокремленні таких біоценозів, до складу яких входять лише певні життєві стадії окремих видів, варто саме геміпопуляції розглядати як елементи даної системи. *З позицій системного еколога саме геміпопуляції є елементами біоценозу і займають певні екологічні ніші*. Адже при вивченні водної екосистеми, де мешкають личинки сірої ропухи *Bufo bufo*, ми не можемо ні назвати пуголовків популяцією, ні включити дорослих особин, які взагалі мало пов'язані з водою, до складу водної екосистеми.

Аналогічну картину спостерігаємо на кожному кроці. Основу морського зоопланктону складають личинкові форми бентосних організмів. Личинки більшості комах не лише зовні мало нагадують дорослі форми, але й за способом життя, живлення і всього комплексу пристосувальних особливостей істотно відрізняються від дорослих форм. Багато паразитів, що розвиваються зі зміною хазяїв, також мало нагадують одне одного на різних стадіях свого життєвого циклу. А розмаїття життєвих циклів рослин! Досить згадати чергування спорофіту і гаметофіту, чи життєві цикли водоростей.

Таким чином, щоб розглядати певну біологічну систему як відносно однорідну (концепція ієрархії рівнів організації передбачає, що внутрішню структуру елемента ми не розглядаємо, тобто нам все одно: дорослими формами чи личинковими вона утворена – абсурд та й годі !), яка є певним

елементом біоценотичного угруповання, у багатьох випадках значно коректніше користуватися поняттям геміпопуляція.

При порівнянні біоценозів найчастіше використовують різноманітні індекси видової схожості.

Найбільш популярними для цього є *індекси Жаккара (Jaccard P., 1901):*

$$I = \frac{C}{A + B - C}$$

і *Сьоренсена (Sørensen T., 1948):*

$$S = \frac{2C}{A + B}$$

де:

A – кількість видів у першому біоценозі; B – кількість видів у другому біоценозі; C – кількість видів, спільних для обох біоценозів.

На нашу думку, значно доцільніше використовувати індекс Жаккара, оскільки індекс Сьоренсена дає числа, які не відповідають реальним величинам схожості. Так, розглянемо найпростіший приклад: два біоценози (I і II), населені видами (a, b, c, d) (табл. 6.1):

Таблиця 6.1. Видовий склад двох біоценозів

Види	Біоценози	
	I	II
a	+	–
b	–	+
c	+	+
d	+	+

За індексом Жаккара ці біоценози схожі на:

$$2/(3+3-2) = 1/2, \text{ тобто на } 50\%.$$

Розрахунки за індексом Сьоренсена:

$$2 \times 2 / (3 + 3) = 2/3.$$

Отже, навіть у найпростішому випадку результат визначення схожості за індексом Сьоренсена не вкладається в рамки здорового глузду. При складніших варіантах (більша кількість видів тощо) результат буде ще більш спотвореним.

Нарешті, варто мати на увазі, що обидва ці індекси не враховують кількісної представленості видів у біоценозах. Тому два біоценози будуть абсолютно схожими за обома індексами, якщо всі види спільні для обох біоценозів. Водночас у першому біоценозі один вид може бути представлений 97% від загальної чисельності всіх особин, а у другому – всі види можуть бути *еквітабельними* (рівнопредставленими). Неврахування кількі-

**Удалено:** Біоценози можна порівнювати між собою за схожістю видів, які входять до їхнього складу

**Примечание [В.П.1]:**

сної представленості окремих видів призводить до істотних похибок при оцінці ступеня схожості біоценозів.

Тому в усіх випадках, коли є кількісні дані щодо представленості окремих видів у біоценозі, слід використовувати *індекс процентної схожості* (ІПС) (Renkonen, 1938; Шорьгин, 1939):

$$ІПС = \sum \min (a_i, b_i),$$

де:  $a_i$  і  $b_i$  – відповідно значення  $i$ -го компонента в першому і другому угрупованні.

Детальніше про це мова піде далі.

### 6.3. Видове багатство і видове різноманіття

Кожен біоценоз характеризується *видовим багатством* і *видовим різноманіттям*.

*Видове багатство* – загальна кількість видів, що входять до нього.

*Видове різноманіття* на відміну від *видового багатства*, враховує як кількість видів, так і відносну їх представленість в біоценозі. Найчастіше його визначають за *формулою Шеннона* (яку в 1951 р. З. Маргалеф, а потім і Р. Макартур запропонували використовувати для оцінки видового різноманіття):

$$H = -\sum p_i \times \log_2 p_i;$$

де:  $n_i$  – кількість особин  $i$ -го виду;  $N$  – загальна кількість особин усіх видів;  $p_i$  – ймовірність події:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Часто використовують й інші показники, зокрема:

$$d = S/\log N,$$

$$d = (S-1)/\log N,$$

$$d = S/\log A,$$

$$d = S \text{ на } 1000 \text{ особин},$$

де:  $S$  – кількість видів;  $A$  – площа облікової площадки (зазвичай в  $m^2$ );  $N$  – загальна кількість особин.

У низці випадків поняття *видового багатства* і *видового різноманіття* використовуються не зовсім коректно, а інколи розглядаються як синоніми. Тому варто нагадати, що *видове багатство* угруповання чи біоценозу визначається кількістю видів, які до нього входять (мешкають в ньому).



Видове ж різноманіття визначається як кількістю видів, що входять до певного біоценозу, так і їх *еквітабельністю* (рівнопредставленістю).

При цьому кількісна характеристика видового різноманіття дається в бітах на одну особину –  $(\bar{H})$ ;

Перемноживши цю величину на кількість всіх особин в біоценозі отримують інформацію біоценозу в цілому:

$$H = \bar{H} \times N.$$

За даної кількості видів видове різноманіття буде максимальним за рівномірної представленості (еквітабельності) кожного з  $n$  видів. Так, якщо угруповання складається з 10 видів і 1000 особин, то максимальні значення видового різноманіття будуть у випадку, коли кожний з 10 видів представлений 100 особинами. І навпаки, мінімальним видове різноманіття буде за умови, коли один вид представлений 991 особиною, а решта видів – однією особиною кожний. Отже видове різноманіття залежить від кількості видів та їх представленості в угрупованні.

#### 6.4. Структурованість біоценозу

Структурованість біоценозу знаходить свій прояв і у *консорціях* – сукупностях різнорідних організмів, трофічно, топічно чи іншим чином пов'язаних між собою і з *едифікатором* (фундатором) консорції. Сучасні уявлення про консорції були сформульовані В.Н. Беклемішевим (1951) і Л.Г. Раменським (1952) та розвинені в працях В.В. Мазінга (1966, 1969). Під *консорцією* розуміють сукупність видів, пов'язаних трофічними, топічними, фабричними та іншими зв'язками з *видом-едифікатором*, чи *детермінантом консорції*, в ролі якого зазвичай виступає рослина-автотроф. Прикладом консорції може бути ялина (*вид-едифікатор*) з усіма організмами, пов'язаними з нею спільністю долі, тобто спільнота, що утворює з ялиною переплетіння топічних, речовинно-енергетичних та інформаційних зв'язків. Проте у багатьох випадках детермінантом консорції є і тварини. Ретельно досліджені консорції губок, двостулкових молюсків тощо.

При біоценологічних дослідженнях важливо, перш за все, визначитися зі структурованістю біоценозу і встановити основні його елементи. Такими елементами вважаються популяції чи (значно рідше) геміпопуляції. Проте кожне дослідження вирішує своє коло завдань. Зокрема, при з'ясуванні трофічної структури біоценозу корисним є виділення *гільдій* (Root, 1967) – груп популяцій чи геміпопуляцій, які використовують певний клас ресурсів аналогічним чином – як елементів біоценозу.

Складність природних біоценозів на практиці, як правило, унеможлиблює вивчення всіх його популяцій. Тому спеціалісти з певних груп рослинного і тваринного світу, а також мікологи, мікробіологи, вірусологи вивчають якусь таксономічну групу в межах конкретного біоценозу. Такі

групи таксономічно близьких видів називають *асамблеями*. Так, говорять про асамблею птахів даного біоценозу, асамблею кліщів тощо. Як синоніми, використовують і такі терміни, як орнітоценоз (обо ж орнітоцен), чи угруповання птахів такого то ценозу чи екосистеми. Часом використовують поняття „пташине населення” або „населення птахів” певного ценозу тощо.

### 6.5. Екологічний метаболізм

Важливим етапом розвитку біоценології було формування поняття „*екологічного метаболізму*” (Хайлов, 1971) [93]. З'ясувалося, що в багатьох випадках головним джерелом біогенів для фітопланктону є потік метаболітів від зоопланктону. Наприклад, улітку в озері Вашингтон (США) 90% первинної продукції утворюється за рахунок фосфору, що його екскретує зоопланктон (Devol, 1979). У свою чергу, фітопланктон прижиттєво екскретує 30–40% синтезованої органічної речовини у воду. Бактерії, що її споживають, синтезують вітаміни, вкрай необхідні рослинам, які не здатні повністю себе ними забезпечити.

Вивчення екологічного метаболізму в гідроекосистемах показало, що різні види тісно пов'язані між собою *зовнішньометаболічними зв'язками*. Це дозволяє по-новому підійти і до самого поняття біоценозу, єдність і цілісність якого значною мірою забезпечується зовнішньометаболічними зв'язками. Таким чином, кожному біоценозу притаманний і певний тип екологічного метаболізму.

### 6.6. Типи міжпопуляційних взаємовідносин

Характер взаємин між окремими видами і популяціями настільки різноманітний, що жодна з класифікацій цих взаємин на основі урахування конкретних біологічних їх механізмів не одержала загального визнання.

Досить вдалим виходом із цієї скрути виявилась запропонована П. Беркгольдером (Burkholder, 1952) і розвинена далі Ю. Одумом (Odum, 1953) *класифікація біотичних взаємодій* за їх кількісними ефектами. При цьому позитивний вплив позначається „+”, негативний „–”, а відсутність вірогідного впливу позначається через „0”.

Варто підкреслити, що автори пропонували проводити оцінку ефекту за чисельністю чи щільністю популяцій, що взаємодіють, та швидкості їх зміни. Тобто, якщо за відсутності взаємодії дана популяція має певну кількість особин  $N_1$ , (чи певну щільність), то при взаємодії з іншою популяцією можливі три варіанти: 1) щільність не змінюється („0”); 2) щільність зростає („+”); 3) щільність зменшується („–”).

Взаємопоеднання цих трьох можливих варіантів і вичерпує всю гаму результатів міжпопуляційних стосунків, саме тому ця система (з огляду на її простоту) виявилася найбільш популярною саме в екології, де в першу чергу важливо оцінити результат (ефект) взаємодії окремих популяцій, а

не біологічні механізми, які лежать в його основі, що є предметом вивчення окремих біологічних дисциплін (табл. 6.2).

Таблиця 6.2. Типи міжпопуляційних взаємин

Популяції		Типи взаємин
I	II	
+	+	<i>Мутуалізм, протокооперація</i>
+	-	<i>Паразитизм, хижацтво</i>
+	0	<i>Карпозі, коменсалізм</i>
0	0	<i>Нейтралізм</i>
-	0	<i>Аменсалізм</i>
-	-	<i>Конкуренція (інтерференційна і експлуатаційна)</i>

*Примітка.* “+” – зростання чисельності одного викликає зростання чисельності іншого; “-” – зростання чисельності одного викликає зменшення чисельності іншого; “0” – відсутність впливу.

Слід зазначити, що ця класифікація, досить проста на перший погляд, не зовсім однозначна при глибшому аналізі результатів міжпопуляційних взаємодій. П. Абрамс, ґрунтовно проаналізувавши принципи класифікації взаємодій популяцій, дійшов висновку, що слід надавати перевагу класифікації за механізмами взаємодій (Abrams, 1987). П. Абрамс підкреслив також необхідність урахування масштабу часу при вивченні та класифікації взаємодій, показавши, що висновок про позитивний чи негативний вплив конкретної взаємодії може змінюватися в залежності від тривалості періоду спостереження. З автором не можна не погодитись щодо важливості цього питання, проте зі свого боку зауважимо, що для біолога механізми взаємодій дійсно є дуже цінною ознакою типів взаємин, але для еколога, який досліджує і прогнозує результати цих взаємодій, оцінка і класифікація їх на основі функції благополуччя є чи не єдиним реальним виходом у даній ситуації, адже все-таки не можна досягнути неосяжне, і тому це спрощення не лише корисне при екосистемних дослідженнях, а й, вочевидь, це чи не єдино можливий підхід до оцінки результатів цих взаємодій.

Використовуючи поняття функції благополуччя та поширюючи типи взаємодій не лише на види і популяції, а й на угруповання (і навіть на індивідуальні стосунки) будь-якого рівня (асамблеї, гільдії, геміпопуляції, консорції тощо), в основу класифікацій всіх біотичних взаємодій за кількісними ефектами їх наслідків також можна ефективно використовувати систему “+”, “-”, “0”.

Таким чином, поклавши в основу класифікацій міжпопуляційних взаємин функцію благополуччя популяції у відповідь на вплив на неї іншої популяції, отримуємо вищезгадані типи міжпопуляційних взаємин.

При цьому слід внести певні уточнення. Так, нейтралізм, власне, не є типом міжпопуляційних стосунків, оскільки він, за визначенням, не передбачає ніякого впливу однієї популяції на іншу.

Експлуатаційна конкуренція також не може бути визнаним типом міжпопуляційних відносин, оскільки тут не передбачається прямого (безпосереднього) впливу. Варто згадати, що до екологічних факторів ми включаємо лише той чинник, який *безпосередньо* впливає на ту чи іншу систему! Тому, хоч *експлуатаційна конкуренція* (ЕК) – загальноприйнятий в екології термін, коректніше буде говорити не про ЕК, а про використання одних і тих же ресурсів різними популяціями. Тобто ми можемо розглядати лише взаємини “ресурси–користувачі”, а не взаємини між користувачами одних і тих же ресурсів, які безпосередньо між собою не взаємодіють.

Варті уваги і всі взаємодії, де є знак мінус. Зокрема, хижацтво зазвичай розглядається як позитивна для хижака і негативна для жертви взаємодія. Проте достеменно відомо (і на численних прикладах доведено), до чого призводить вилучення чи значне обмеження щільності хижаків – часом аж до повного виродження популяції жертви.

Щодо конкуренції, тобж обопільно негативного впливу, то і у цьому випадку варто детально проаналізувати її наслідки. Крім обмежуючого чисельність популяції-конкурента, сама конкуренція сприяє удосконаленню низки адаптацій, зокрема ефективності використання ресурсів, освоєння як нових ресурсів, так і нових біотопів, є важливим регульним механізмом тощо.

Таким чином, переходячи з популяційноцентричного погляду до оцінки явищ на рівні біоценозу чи угруповання, дещо по-іншому сприймається і вся система міжпопуляційних взаємодій, результатом яких є реалізація біоценозу, як системою, своїх тенденцій до експансії, що знаходить свій прояв у зростанні його загальної біомаси, підвищенні ефективності трансформації енергії, ускладненні інформаційної структури тощо.

#### 6.6.1. Математичні моделі міжпопуляційних взаємодій

Одні з найбільш вдалих математичних моделей в екології – це моделі, що описують спряжені коливання чисельності популяцій хижака та жертви. Лотка (*Lotka*, 1925) і Вольтерра (*Volterra*, 1926, 1931) запропонували математичну модель:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - p_1 N_1 N_2;$$

$$\frac{dN_2}{dt} = p_2 N_1 N_2 - d_2 N_2,$$

де:  $r_1$  – питома миттєва швидкість популяційного росту жертви;  $p_1$  – константа, що пов’язує смертність жертв зі щільністю популяції хижака;  $N_1$  і  $N_2$  – щільності популяцій жертви і хижака відповідно;  $p_2$  – константа,

що пов'язує народжуваність в популяції хижака зі щільністю жертви;  $d_2$  – питома смертність хижака (що вважається постійною).

Миттєва швидкість росту популяції хижака  $dN_2/dt$  у цій моделі дорівнює різниці між народжуваністю (яка в свою чергу залежить від інтенсивності споживання хижаком жертв) і постійною смертністю.

Згідно з наведеними рівняннями, кожна з популяцій, що взаємодіють, у своєму збільшенні обмежена лише іншою популяцією, тобто ріст кількості жертв лімітується пресом хижаків, у свою чергу зростання чисельності хижаків – недостатньою кількістю жертв. Слід наголосити, що в цій моделі ніякого самообмеження популяцій не передбачається. Вважається, наприклад, що їжі для жертви завжди вдосталь. Також не передбачається й вихід з-під контролю хижака популяції жертв, хоч насправді таке зустрічається в реальних умовах на кожному кроці.

Модель Лотки-Вольтерри (*Lotka, 1925; Volterra, 1926, 1931*) для конкуренції представлена парою диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= r_1 N_1 (K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2) / K_1; \\ \frac{dN_2}{dt} &= r_2 N_2 (K_2 - N_2 - \alpha_{21} N_1) / K_2.\end{aligned}$$

Слід звернути увагу, що кожне з цих рівнянь відрізняється від рівняння логістичного росту лише тим, що в чисельнику є додатковий елемент – чисельність популяції вида-конкурента, помножена на коефіцієнт конкуренції ( $\alpha$ ), причому  $\alpha_{12}$  означає, що це конкуруючий ефект однієї особини популяції другого виду на популяцію першого і навпаки. Кількісне значення коефіцієнта конкуренції показує, в скільки разів одна особина конкуруючого виду сильніше чи слабше за одну особину свого виду гальмує ріст чисельності. Так, якщо  $\alpha_{12} = 1$ , то це означає, що вплив однієї особини популяції 2-го на популяцію 1-го виду такий самий, як і особини свого виду на зростання щільності. Якщо  $\alpha > 1$ , то вплив сильніший, і якщо  $\alpha < 1$ , то слабший, ніж вплив особин свого виду. А перемноживши коефіцієнт конкуренції на сумарну кількість особин, ми одержимо загальний вплив популяції виду-конкурента на ріст даної популяції.

### 6.6.2. Дифузна конкуренція

У реальних умовах кожна популяція знаходиться в конкурентних відносинах з кількома (часто – з багатьма) популяціями даної екосистеми. Водночас всі типи міжпопуляційних взаємодій зазвичай оцінюються лише попарно (табл. 6.2). Тому для кількісної оцінки реальних взаємодій на терені конкурентних стосунків необхідно рівняння Лотки–Вольтерри записати в більш загальному вигляді для угруповання в цілому, що складається з  $n$  різних видів:

$$\frac{dN_i}{dt} = r_i N_i (K_i - N_i - \sum \alpha_{ij} N_j) / K_i;$$

де:  $\sum \alpha_{ij} N_j$  – загальний (конкуруючий) вплив всіх популяцій, які знаходяться з даною популяцією у конкурентних взаємовідносинах.

Таким чином, загальний вплив усіх популяцій угруповання, що знаходяться в конкурентних взаєминах з даною популяцією, називається дифузною конкуренцією. Кількісну характеристику дифузної конкуренції можна отримати за такою схемою. Розраховуємо потенційну щільність даної популяції (базуючись на запасах і темпі відтворення головних ресурсів – харчових, біогенних елементів тощо). Потім порівнюємо реальну щільність популяції з розрахованою: відношення “реальна щільність популяції”/”потенційна (розрахована)” і буде (у першому наближенні) кількісною характеристикою дифузної конкуренції. Для прикладу візьмемо озеро, як відносно замкнену екосистему. Популяція ляща цього озера має щільність  $n$  екз/га, або  $n$  кг/га. Далі, знаючи спектр живлення ляща на різних періодах і етапах його розвитку, визначаємо продукцію кормових для нього організмів. Нехай вона дорівнює  $t$  кг/га. Далі, знаючи *кормові коефіцієнти* (тобто скільки одиниць маси корму йде на приріст одиниці маси тіла) розраховуємо, скільки кг/га ляща може забезпечуватися даною кормовою базою. Отримаємо величину  $n^1$  кг/га. Нарешті, поділивши  $n/n^1$  отримуємо, яку частку складає реальна біомаса (чи щільність) від потенційної (розрахованої). В першому наближенні вона може слугувати за величину дифузної конкуренції (головним чином – з усіма бентофагами, які споживають ті ж кормові об’єкти, що й лящ). Наприклад, якщо  $n/n^1 = 0,5$ , то, відповідно, дифузна конкуренція обумовлює зниження щільності (біомаси) на 50%. Особливо цінну інформацію в цьому аспекті дає вивчення трофічної структури угруповання.

Аналогічно розраховуємо дифузну конкуренцію сестонофагів. Причому тут конкурентами виявляються представники різних типів тваринного світу. І саме тут вельми доречно згадати про необхідність застосування поняття “гільдія” та встановлення гільдійної структури біоценозу (чи будь-якого угруповання) і для з’ясування питання про величину дифузної конкуренції.

Важливим поняттям для опису структурованості біоценозу є *синузія* – просторово і екологічно обумовлена частина фітоценозу, що відображує внутрішньоценотичну асоційованість, синузія – це “субфітоценоз” (Миркин и др., 1989). Про зміст цього поняття дискусії тривають. Досить вдалими є визначення В.М. Сукачова і А.П. Шеннікова: “синузії – структурні частини фітоценозу, обмежені в просторі або часі (займають певну екологічну нішу), які відрізняються одна від іншої у морфологічному, флористичному, екологічному і фітоценотичному відношенні”. Термін «синузія» запровадив у 1917 р. Е. Рюбель, проте почав активно пропагуватися Х. Гамсом з 1918 р., який виділяв три порядки синузій (Грасс, 1976).

Не менш популярним поняттям є **консорція** (від. лат. *consortio* – співучасть, спільність) – група видів різноманітної таксономічної належності, які більш-менш тісно пов'язані з певним організмом – ядром консорції (рис. 6.1).

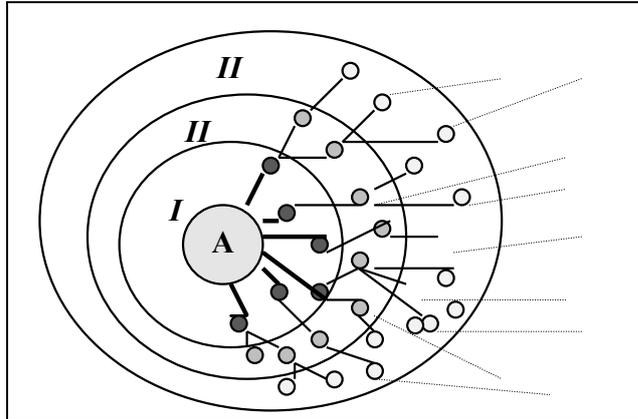


Рис. 6.1. Схема консорції (за В.В. Мазинг, 1966): А - ядро (детермінант) консорції, І, ІІ, ІІІ - концентри; темні кружальця в центрі І - фітофаги, фітопаразити, симбіонти, епіфіти; світлі кружечки в інших концентрах - в основному, зоофаги та зоопаразити

Між детермінантом консорції та консортами існують різноманітні зв'язки, які, ґрунтуючись на результатах класифікації Т.А. Работнова (1994, 1996), можна звести до наступного (табл. 6.3).

Таблиця 6.3. Класифікація консортивних зв'язків рослин із їхніми консортами

Характер зв'язків	Інтерпретація
<b>Вплив детермінанта консорції на консортів</b>	
Фабричні	Дають консортам або опору (для ліан), або матеріал для влаштування гнізд
Трофічні	Пстачає консортам енергію чи речовини, джерелом яких можуть бути живі органи детермінанта, його діаспора і пилок, прижиттєві виділення, відмерлі органи тощо
Форичні	Запилення квітів і поширення діаспор детермінанта консорції
Дефензивні	Забезпечує захист консортів від їхніх ворогів
Атрактивні й Репелентні	Виділяє речовини, які приваблюють або відлякують консортів
Поліпшення умов проростання	Бере участь в утворенні загальних умов існування (мікроклімат, мікрогрунтові особливості тощо)
<b>Вплив консортів на детермінант консорції</b>	
Фабричні	Використання детермінанта як місця і матеріала для побудови гнізд
Трофічні	Використання детермінанта в якості джерела енергії і елементів мінерального живлення. Поліпшення забезпечення детермінанта елементами мінерального живлення (фосфором-мікоризоутво-

	рюючі гриби, азотом–азотфіксуючі симбіонти); забезпечення елементами мінерального живлення і, частково, енергією комахоїдних рослин-детермінантів
Контактні	Травмування надземних і піземних органів (обгризання листя, обламування гілок, пошкодження кореневої системи тощо); інколи це супроводжується вегетативним розмноженням детермінантів
Асоціативні	Забезпечення детермінанта елементами мінерального живлення в результаті розкладу і мінералізації його відмерлих органів сапрофітними консортами
Форичні	Перенесення консортами пилку і діаспор
Патогенні	Виділення консортами-ендобіонтами токсичних метаболітів у тканини детермінанта
Едифікуючі	Зміна середовища існування детермінанта в результаті діяльності консортів-тварин
Дефензивні	Захист детермінанта (яблуна - мурахи - тля)
Ареалографічні	Вплив консортів-запилювачів на границі поширення детермінанта

Консорти експлуатують окремі особини детермінанта, їх щільність значною мірою визначається фізіологічним станом детермінанта. Супраконсорти експлуатують уже ценопопуляцію детермінанта і, певною мірою, менше залежать від його детермінуючого впливу. Таким чином, консортивна сукцесія повинна йти від переважання топічних зв'язків над трофічними (превалювання супраконсортів над консортами) в напрямку зростання трофічних відносин (зростання відносної частки власне консортів). Цей висновок підтверджується, зокрема, результатами досліджень становлення гідробіологічного режиму Кременчуцького і Київського водосховищ, де спостерігається зменшення багатства прибережно-фітофільних (в переважній більшості – супраконсортів) і збільшення відносного багатства фітофільних видів (головним чином – консортів) (Зимбалева, 1966).

### **Контрольні запитання до розділу**

1. У чому відмінність між видовим багатством та видовим різноманіттям?
2. Які консорції ви знаєте?
3. В чому відмінності між біоценозом і угрупованням?
4. Які типи класифікації міжпопуляційних взаємин ви знаєте?
5. Як кількісно оцінити дифузну конкуренцію?
6. Назвіть типи антагоністичних взаємин.
7. Як визначити ступінь схожості біоценозів?
8. У чому відмінність між поняттями «біоценоз» і «угруповання»?
9. Що таке «гільдія» і як це поняття використовується в екології?

### **Розділ 7.**



## ЕКОЛОГІЧНА НІША

Кожна біосистема займає в екосистемі певне місце, відіграючи ту чи іншу роль в її функціюванні. Одним з центральних понять екології є поняття “*екологічної ніші*” (від франц. *niche* – гніздо). Воно є найбільш повною характеристикою місця і ролі конкретної біосистеми (популяції, геміпопуляції тощо) в екосистемі.

### 7.1. Еволюція поняття про екологічну нішу

Уперше термін “ніша” в екологічній літературі використав Р. Джонсон для характеристики залежності поширення видів від абіотичних і трофічних чинників (Johnson, 1910). Проте широке використання терміну “*екологічна ніша*” (ЕН) в екології почалося після виходу в світ оригінальної роботи американського натураліста Джозефа Грінелла, присвяченої опису ніші, що зайнята каліфорнійською берестянкою *Toxostoma redivivum* в асоціації чапараллю (Grinell, 1917). У розумінні Дж. Грінелла ЕН охоплює як абіотичні умови, так і біотичні фактори існування виду.

Подальший розвиток поняття ЕН знайшла у працях Чарльза Елтона “Екологія тварин” (Elton, 1927) та інших його публікаціях. Ч. Елтон одним з перших надав ніші сенсу “*функціонального статусу виду в угрупованні*”, розвиваючи уявлення Ч. Дарвіна про спосіб життя виду, ролі, “*професії*” і його місці в економіці природи. Так, за Ч. Елтоном, під нішею тварини розуміють спосіб життя і, зокрема, спосіб харчування в тому ж розумінні, в якому говорять про професію в людському суспільстві. При цьому підкреслюється, що ідея ніші має суто екологічний, а не таксономічний характер.

Якісно новий етап у розвитку поняття ЕН починається з 1957 р., коли Е. Хатчінсон вперше сформулював поняття *багатомірної* (багатовимірної) ніші як суму усіх зв’язків організмів даного виду з абіотичними умовами середовища та з іншими видами живих організмів і показав, що нішу можна розглядати як багатомірний простір, або *гіперпростір*, у межах якого умови середовища уможливають необмежено тривале існування особини чи виду (Hutchinson, 1957).

Е. Хатчінсон розрізняв *фундаментальну нішу* – гіперпростір, у межах якого можливе існування виду, коли він не обмежений конкуренцією з іншими, і *реалізовану нішу* – менший гіперпростір, який займає вид при біотичних обмеженнях.

В екології широко використовують термін «*стація*» (від лат. *statio* – місце, положення) – *ділянка простору, яка характеризується сукупністю умов (рельєф, клімат, їжа, схованки тощо), необхідних для існування даного виду тварин*. Характерні для виду стації мозаїчно розподілені в межах видового ареалу, тому ареал зазвичай не буває заселеним суцільно. В більш вузькому сенсі стація означає ділянки, в яких здійснюються специфічні форми діяльності даного виду (*кормові стації, гніздові стації, стації*

ночівок тощо). Окремі стації, заселені даним видом, можуть відрізнятися особливостями рельєфу, рослинності тощо. Таким чином, вид зазвичай володіє набором стацій, причому деякі з них мають різне значення в його життєвому циклі.

## 7.2. Екологічна ніша з позицій системного підходу

Поняття багатомірної екологічної ніші близьке до поняття “елемент системи”. Іншими словами, вивчаючи будь-яку екосистему, біоценоз чи угруповання, ми можемо в якості їх елементів розглядати ЕН окремих біосистем (популяцій, геміпопуляцій тощо). Адже кожний елемент системи займає в ній своє “місце” і характеризується певним колом зв’язків як з іншими елементами системи, так і з зовнішнім (для даної системи) середовищем. Тоді постає питання: що є елементом угруповання?

Згідно з принципом ієрархії рівнів організації внутрішня структура елемента системи не вивчається і не розглядається на даному рівні дослідження.

Розуміючи багатомірну екологічну нішу як повну характеристику місця і функціональної ролі даної біосистеми в угрупованні чи екосистемі, треба мати на увазі кілька обставин. Перш за все необхідно з’ясувати, для біосистем якого рівня слід використовувати саме поняття ЕН. Найчастіше воно використовується для популяції. Саме поняття популяції в екології найчастіше використовується в розумінні самовідтворної одновидової системи в рамках даної екосистеми. Проте в безлічі випадків ми не можемо говорити, що популяція займає певну екологічну нішу. Личинки хірономід (*Chironomidae*), куліцид (*Culex*), бабок (*Odonata*), як і багатьох інших комах, є невід’ємними складовими (тобто елементами) різноманітних водних екосистем, в той час як дорослі стадії (імаго) мешкають виключно в наземних екосистемах. Личинки безхвостих амфібій також займають зовсім іншу екологічну нішу, ніж дорослі форми. Так, сірі й зелені ропухи (*Bufo bufo*, *B. viridis*) мешкають на суходолі, в той час як їхні личинки ведуть виключно водний спосіб життя. За спектром живлення дорослі ропухи – хижаки, що живляться наземними комахами, червами і навіть хребетними тваринами – пташенятами тощо. Личинки ж за характером живлення не мають з дорослими нічого спільного. Медузи і поліпи також істотно відрізняються за умовами свого існування і входять до складу різних біоценозів – планктону (медузи) та бентосу чи перифітону (поліпи). Досить істотно відрізняються ніші спорофіту та гаметофіту рослин. І таких прикладів можна навести безліч. Таким чином, у багатьох випадках для характеристики структурованості екосистем чи біоценозів за нішевим простором доцільно (а у багатьох випадках – необхідно) використовувати поняття *геміпопуляції* як розмірно-вікової групи певного виду, або конкретного етапу розвитку, що займає певну ЕН. Таким чином, одна популяція може займати кілька ніш, значно розширюючи свою представленість у різноманітних екосисте-

мах, що, безперечно, сприяє процвітанню даної популяції та її виду в цілому. Таким чином, розуміючи ЕН як місце і роль даного об'єкта в системі, ми можемо застосовувати це поняття для біосистем різного рівня організації – геміпопуляцій, популяцій, гільдій тощо. В подальшому термін «ніша» можна застосовувати і до абіотичних компонентів екосистеми, розуміючи екологічну нішу абіотичного компонента як його роль і місце в даній екосистемі, тобто як «елемент екосистеми».

Варто розрізняти фундаментальну (потенційну) та реалізовану ЕН. Потенційна екологічна ніша окреслює можливий спектр мешкання певної біосистеми, в той час як реалізована ЕН є характеристикою реального стану біосистеми в даній екосистемі, обумовленого взаємодією комплексу внутрішніх і зовнішніх чинників.

Багатомірна ( $n$ -мірна) ЕН складається з  $n$  окремих ніш. Так, говорять про трофічну нішу, топічну нішу (яка в свою чергу значною мірою пов'язана з факторіальними нішами – термальною тощо) та інші.

Так, при створенні концептуальної моделі трофічної структури даної екосистеми її елементами будуть популяції, геміпопуляції або гільдії (в залежності від мети конкретного дослідження). Структура цієї системи буде визначатися особливостями трофічних зв'язків між її елементами.

*Оскільки послідовне застосування методології системного підходу дозволяє дійти висновку про практично тотожність понять «елемент системи» і його «екологічна ніша», то і саме поняття екологічної ніші може використовуватися не лише для біосистем, а й для всіх інших абіотичних компонентів екосистеми.*

### 7.3. Принцип конкурентного виключення Гаузе

Праці Георгія Францевича Гаузе, професора Московського університету, посідають особливе місце в екології. По-перше, Г.Ф. Гаузе – один з найвідоміших екологів світу. Його праця “Боротьба за існування”, яка вийшла з друку в 1934 р. у США, і по сьогодні має найвищий індекс цитування серед усіх публікацій в галузі екології. По-друге, це був чи не перший випадок в екології, коли теорія випередила практику. Адже вищезгадана праця експериментально повністю підтвердила теоретично передбачені результати конкуренції двох видів, які впливали з теоретичного аналізу моделей конкуренції Лотки–Вольтерри (1925, 1926, 1931). Саме тому принцип конкурентного виключення був сприйнятий переважною більшістю екологів як аксіома.

Найчастіше *принцип конкурентного виключення* формулюється так: *види, що займають одну екологічну нішу, не можуть стійко співіснувати. Один вид неминуче витіснить інший.* Таким чином, практика блискуче підтвердила теоретично обґрунтоване передбачення.

Проте насправді не все так однозначно. Розглянемо отримані Г.Ф. Гаузе результати ретельніше. В результаті експериментального ви-

вчення конкуренції двох видів інфузорій – *Paramecium caudatum* і *P. aurelia* було показано, що один вид витісняє інший.

Інфузорій цих видів культивували як разом, так і окремо, використовуючи в якості корму бактерії *Bacillus pyocyaneus*, вносячи їх щоденно у певній кількості. За умов роздільного культивування обидва види демонстрували типовий S-подібний ріст (рис. 7.1).

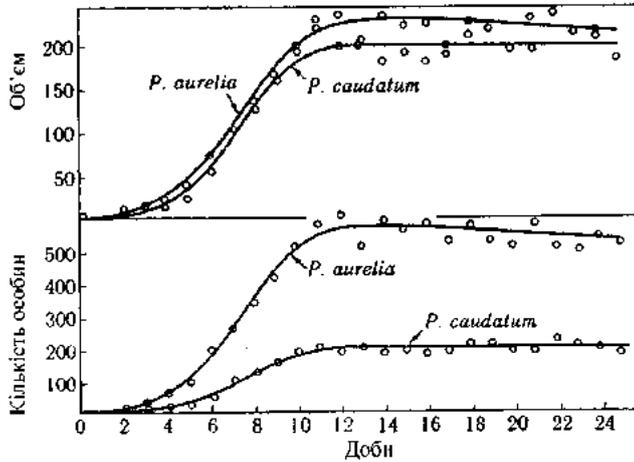


Рис. 7.1. Ріст кількості особин і об'єму популяції двох видів інфузорій при роздільному культивуванні на середовищі Остергаута (за Gauze, 1932)

Загальний характер кривих свідчить, що ріст популяції за цих умов має S-подібний характер. У певний момент часу можливості росту в даному мікрокосмі виявляються вичерпаними і встановлюється деяка рівновага за підтримання певного рівня кормових ресурсів. Порівняння кривих росту *Paramecium caudatum* і *Paramecium aurelia* показує, що кількість особин *Paramecium aurelia* значно більша, ніж *Paramecium caudatum*, проте порівняння об'єму популяцій (за біомасою) дає іншу картину (рис. 7.1).

При спільному утриманні картина була іншою. Кожний вид спочатку швидко збільшував свою чисельність, сумарна біомаса обох видів досягала максимуму, а потім вже починалося власне конкурентне витіснення, зазвичай це закінчувалося «перемогою» *P. aurelia*. Проте слід звернути увагу на ту обставину, що процес конкурентного «витіснення» в даному випадку цілком визначався різною швидкістю розмноження інфузорій, що компенсувало регулярне вилучення (експериментатором!) певної кількості особин обох видів. Таке вилучення в обсязі 0,1 від загального об'єму води (а відповідно, і 1/10 кількості інфузорій кожного виду) проводилось щоденно з метою підтримання постійного росту популяцій та уникнення досягнення стаціонарного стану, який, як вважав Г.Ф. Гаузе, міг би істотно вплинути на важливі особливості популяцій (рис.7.2).

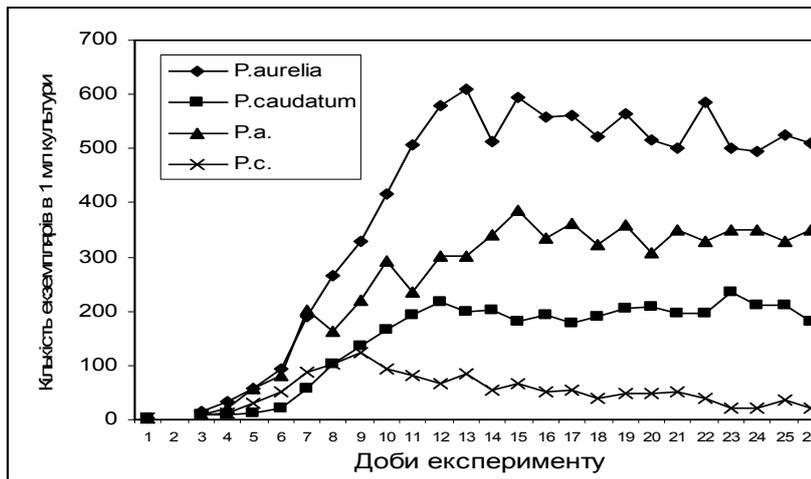


Рис. 7.2. Щільність культури *Paramecium aurelia* і *Paramecium caudatum* за умов ізольованого культивування (*P. aurelia*, *P. caudatum*) та при сумісному культивуванні (*P. a.* і *P. c.* відповідно). (Побудовано за даними Г.Ф. Гаузе, 2002) [4]

“Поразка” *P. caudatum* у конкуренції пояснювалася тим, що вона погано переносила накопичення в середовищі шкідливих продуктів метаболізму бактерій. Проте якщо в якості корму використовували дріжджі *Saccharomyces exiguus* або бактерій іншої лінії *B. ruosuyaneus*, а також при частішому промиванні середовища “перемала” в конкуренції *P. caudatum*, швидкість розмноження якої за даних умов була вищою.

Закон Гаузе спричинив значний вплив на формування екологічної думки в 40–50-х роках. Популярності його сприяла і відповідність його правила просторового розмежування близькоспоріднених видів, яке тлумачилося натуралістами XIX – початку XX століття як засіб ослаблення міжвидової конкуренції. Зокрема Дж. Грінелл писав: “лише пристосуванням до різної їжі чи способів її добування досягається те, що більш ніж один вид може займати одне місцеперебування. Малоімовірно, щоб два види приблизно однакових харчових потреб довго мешкали в одному районі. Один витіснить іншого” (*Grinell*, 1904).

Часто в екологічній літературі згадується явище “планктонного парадоксу” – співіснування багатьох видів дрібних планктонних водоростей у верхніх шарах озер і морів. Це явище було названо Дж. Хатчінсоном парадоксом, оскільки всі ці види співіснують не дивлячись на те, що екологічно досить схожі й лімітовані світлом і однаковим набором біогенних елементів (*Hutchinson*, 1961). Потім таких випадків було описано багато. Підкреслимо, що “парадоксальність” цього явища полягала у його протиріччі принципу конкурентного виключення Г.Ф. Гаузе. Таким чином, у природних умовах часто зустрічаються випадки співіснування, які “не вписуються” в принцип конкурентного виключення.

#### 7.4. Сучасний стан уявлень про принцип конкурентного виключення

Слід зазначити, що не завжди можна достеменно встановити, чому саме певний вид “переміг” у міжвидовій конкуренції. Адже й сам Г.Ф. Гаузе, в залежності від умов досліду, одержував діаметрально протилежні результати з тими ж самими видами. Та і саме “витіснення” чи “виключення”, як бачимо, в дослідах здійснювалося не видом-конкурентом, а, власне, самим експериментатором, який щодоби вилучав 1/10 частину об’єму експериментального мікрокосму з усіма його мешканцями.

Таким чином, в усіх випадках “переважав” вид, який швидше розмножувався, але про саму конкуренцію тут не може бути й мови, бо тоді б всі r- стратеги повитісняли б звідусіль K-стратегів (абсурд повний!). Але ж в умовах експерименту до прямої конкуренції справа так і не доходила! Скажімо вид, який в умовах експерименту розмножується повільніше, проте значно конкурентоспроможніший від того, що розмножується швидше. Але як йому це “довести” і реалізувати свої конкурентоспроможні потенції в умовах експерименту, коли щодоби вилучається (примусово!) 1/10 кількості кожного з видів ?!

Не простіше довести і повне перекриття екологічних ніш, якого практично не існує навіть серед найбільш схожих видів (можуть розрізнятися їхні трофічні, топічні, термальні та інші ніші, піки активності тощо). Сама лабораторна методика вивчення міжвидових взаємодій нагадує дослідження результатів впливу хижака на популяцію жертви шляхом запуску в кошару овець зграї вовків; у результаті горе-експериментатор отримує “беззаперечний” і однозначний висновок: жертва не може існувати за наявності хижака! Але ж, як ми знаємо, існує. До речі, майже те ж саме було «встановлено» в експериментах по з’ясуванню впливу хижака на популяцію жертви, коли в мікрооб’ємах хижа інфузорія *Didinium nasutum* уцент знищувала свою жертву (*Paramecium caudatum*), після чого вимирала з голоду (а чого ще можна було очікувати з такого експерименту?) (рис. 7.3).

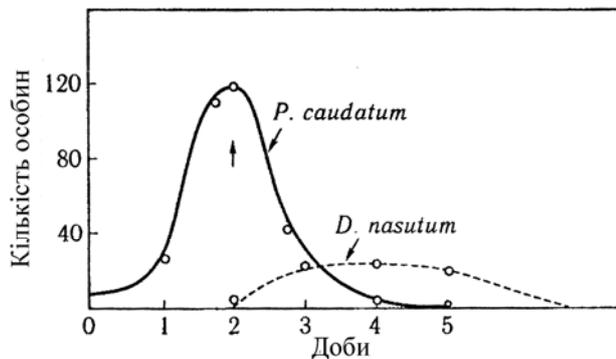


Рис. 7.3. Динаміка популяції хижака (*Didinium nasutum*) і жертви (*Paramecium caudatum*) у досліді Г.Ф. Гаузе

Вплив води на організм кролика можна «дослідити» шляхом занурення його у воду (цілком). Результат буде невтішний: організм через кілька хвилин припинить своє існування (помре), тим самим беззаперечно «довівши» шкідливий вплив води на організм. Тому, захоплюючись експериментами, не варто суттєво відриватися від реалій природного плину тих чи інших процесів, а головне – не просто досліджувати вплив чогось на щось, а коректно моделювати ту ситуацію, яка спроможна дати відповідь на конкретні питання.

Таким чином, на нашу думку, досліди Г.Ф. Гаузе з дослідження конкурентних взаємин показують лише одне: який з двох видів у конкретних лабораторних умовах швидше розмножується. Слід згадати, що навіть у дослідах Г.Ф. Гаузе часто результат “конкуренції” був зворотнім при зміні певної умови експерименту (проточності, бактеріальної культури, якою годували інфузорій тощо).

### 7.5. Кількісна оцінка ступеня перекриття екологічних ніш

Перекриття ніш існує тоді, коли дві популяції (біосистеми) використовують однакові ресурси чи інші змінні середовища. За термінологією Е. Хатчінсона це означає, що кожний  $n$ -мірний гіпероб’єм включає в себе частину іншого, або коли деякі точки двох множин, які складають їх реалізовані ніші, ідентичні. Перекриття вважається повним, якщо дві біосистеми характеризуються ідентичними нішами. І навпаки, якщо дві ніші повністю різні, то ніякого перекриття немає.

Зазвичай ніші перекриваються лише частково. Навіть якщо ми візьмемо дві особини одного виду (навіть одного віку і однієї статі), то і у цьому випадку вони між собою хоч чимось відрізняються (різні смаки – різні раціони, різні вподобання, піки активності тощо).

Для кількісної оцінки ступеня перекриття екологічних ніш необхідна перш за все матриця ( $m \times n$ ) для ресурсів, в якій вказана кількість кожного з  $m$  станів ресурсів, що використовуються кожним з  $n$  видів. Із цієї матриці можна отримати іншу матрицю ( $n \times n$ ) перекриття між усіма парами видів, у якій діагональні елементи дорівнюють одиниці, а решта елементів менше одиниці. Таким чином, маючи відомості про склад раціонів двох видів, можна розрахувати відносне перекриття їхніх трофічних ніш (або просто ступінь схожості їхніх раціонів).

Для оцінки ступеня схожості живлення двох видів найдоцільніше використовувати *процентну схожість* (ПС) за формулою мінімальних відсотків (Renkonen, 1938; Шорьгин, 1939):

$$ПС = \sum \min (a_i, b_i);$$

де:  $a_i, b_i$  – значення  $i$ -го компонента в живленні видів  $a$  і  $b$ .

Схема розрахунків перекриття трофічних ніш (а також встановлення ступеня схожості раціонів) двох видів (I і II) за наявності інформації про

склад раціонів та кількісну представленість в них окремих кормових компонентів досить проста (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. Перекриття трофічних ніш двох видів

Елементи раціону	Значення і-го компонента в живленні		Мінімальне з двох значень, %
	I виду, %	II виду, %	
A	45	20	20
B	25	15	15
C	20	43	20
D	0	22	0
<b>ПС (сума мінімальних значень), <math>\Sigma \min (a_i, b_i)</math></b>			<b>55</b>

Таким чином, маючи відомості про склад раціонів двох видів, можна розрахувати відносне перекриття їхніх трофічних ніш (або просто ступінь схожості їхніх раціонів).

Цей метод дозволяє отримувати відомості щодо попарної схожості живлення в угрупованні. Проте він не дозволяє виокремлювати групи видів та встановлювати структуру схожості більш ніж двох видів. Водночас при дослідженні живлення і трофічних взаємин навіть у відносно простих угрупованнях часто доводиться мати справу з десятками видів.

Для з'ясування структурованості всього угруповання чи якоїсь його частини та побудови повної дендрограми відносної схожості живлення (чи ступеня перекриття трофічних ніш), або будь-яких інших множин даних (зокрема, для визначення видової схожості різноманітних угруповань тощо) запропоновано досить простий метод (Гандзюра, 1991, 1993). Суть його полягає в наступному.

Розглянемо живлення шести різних видів, до складу раціонів яких входять компоненти А, В, С, D, E, F, G (табл. 7.2):

Таблиця 7.2. Значення кормових об'єктів у раціоні шести видів та їх груп

Кормові об'єкти	Значення кормового об'єкта в раціоні різних видів %						Значення кормового об'єкта в живленні різних груп видів, %				
	I вид	II вид	III вид	IV вид	V вид	VI вид	7 (III+VI)	8 (I+IV)	9 (II+8)	10 (V+9)	11 (7+10)
A	25	12	1	27	1	0	0	25	12	1	0
B	13	11	0	12	4	1	0	12	11	4	0
C	32	10	1	35	1	1	1	32	10	1	1
D	15	21	2	16	3	1	1	15	15	3	1
E	1	26	1	2	84	0	0	1	1	1	0
F	10	17	27	7	5	24	24	7	7	5	5
G	4	3	68	1	2	73	68	1	1	1	1

Для кількісної оцінки ступеня перекриття екологічних ніш необхідно перш за все мати матрицю ( $m \times n$ ) для ресурсів, у якій вказана кількість кожного з  $m$  станів ресурсів, що використовуються кожним з  $n$  видів. З цієї



матриці можна отримати іншу матрицю ( $n \times n$ ) перекриття між усіма парами видів, у якій діагональні елементи дорівнюють одиниці, а решта елементів менше одиниці. Розраховуємо матрицю  $n \times n$  (у нашому випадку  $6 \times 6$ ) схожості раціонів за індексом процентної схожості (табл. 7.3):

Таблиця 7.3. Схожість раціонів у шести видів та їх груп

Види	Схожість раціонів у шести видів за індексом процентної схожості						Схожість раціонів у груп видів			
	I	II	III	IV	V	VI	7 гр. (III+VI)	8 гр. (I+IV)	9 гр. (II+8)	10 гр. (V+9)
I	–	62	19	93	17	17	16			
II		–	25	59	42	23	32	57		
III			–	13	12	94				
IV				–	17	11	10			
V					–	10	9	16	16	
VI						–				
7 гр.									10	8

Зазвичай на цьому порівняння схожості живлення і завершується. Найбільш вдалою візуальною інтерпретацією отриманих результатів у цьому випадку є типова блок-схема, з якої видно ступінь схожості раціонів усіх видів між собою. (рис. 7.4).

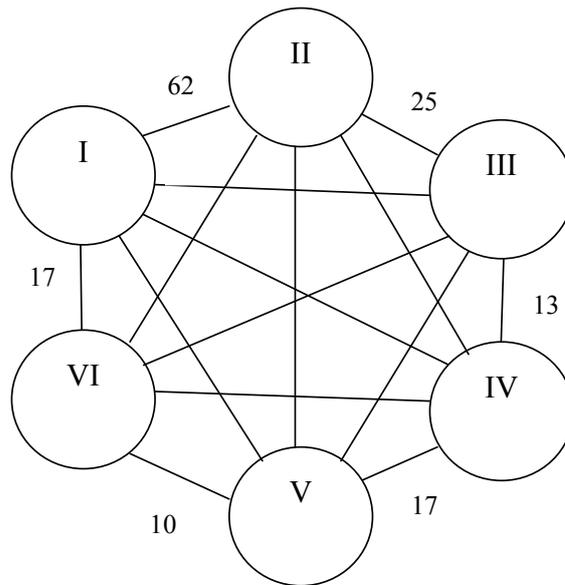


Рис. 7.4. Схожість раціонів (за ПС) у шести видів

Дану блок-схему можна розглядати як концептуальну модель трофічних взаємодій шести досліджених видів (у даному випадку – це приклад експлуатаційної конкуренції). Проте дана модель не дозволяє кількісно

оцінити ступінь схожості раціонів у всіх шести видів у цілому, а тим паче, виокремити групи, котрим притаманна максимальна схожість живлення, тобій виділити гільдії та інші складові трофічної структури угруповання.

Для розв'язання цієї проблеми було запропоновано досить простий метод, використання якого уможливило отримання повної структури схожості будь-якої кількості масивів даних як з раціонів, так і з видової схожості біоценозів тощо (Гандзюра, 1991, 1993). Проілюструємо цей метод, використовуючи вищенаведені дані щодо живлення шести видів.

Із табл. 7.3 видно, що максимальна схожість раціонів притаманна видам III і VI (94%). Для побудови дендрограм можна використовувати як значення схожості, так і значення відмінності раціонів (індекс відносної відмінності = 100 – ІПС). При цьому у низці випадків саме відмінність використовувати більш зручно.

Відкладаємо значення схожості чи відмінності їхніх раціонів на дендрограмі. Присвоюємо цій парі номер 7 (n + 1). У подальших розрахунках ця пара, яку ми вже розглядаємо як групу, фігурує під номером 7, при цьому за процентне значення кожного кормового об'єкту в раціоні цієї пари беремо менше з двох, тобій величину перекриття за цим компонентом для даної пари (табл. 7.3). Після цього визначаємо ступінь схожості раціону вже цієї пари з усіма іншими видами, а потім знову вибираємо групу с максимальним значенням схожості раціонів (табл. 7.3). Це буде пара з першого і четвертого видів. Відкладаємо її на дендрограмі, присвоївши цій парі номер 8 (рис. 7.5).

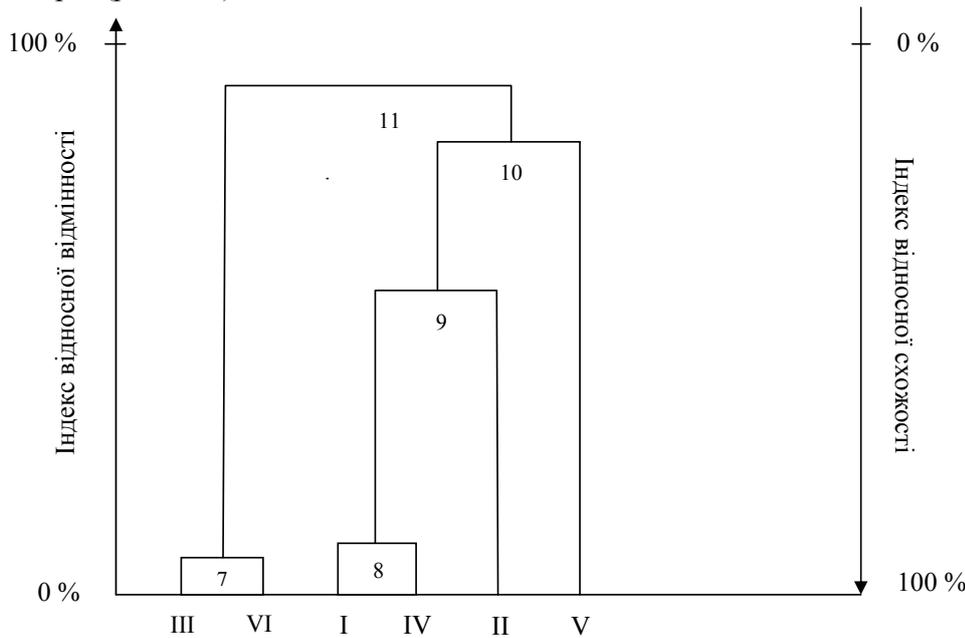


Рис. 7.5. Дендрограма схожості та відмінності раціонів у 6 видів та їх груп

Знову за раціон цієї групи беремо менше з двох, тобто спільне обом і відкладаємо його значення в табл. 7.2. Після цього визначаємо ступінь схожості раціонів 8-ої групи з усіма іншими (табл. 7.3)

Знову вибираємо максимальне значення схожості раціонів. Це будуть другий вид та восьма група (схожість – 57%). Відкладаємо значення схожості (і відмінності) їхніх раціонів на дендрограмі. Наступним кроком буде об'єднання групи 9 і V виду, схожість між якими складає 16%. Відкладаємо це значення на дендрограмі.

Завершальним етапом буде об'єднання 7 та 10 групи, схожість між якими складає 8%.

Тепер у нашому розпорядженні є вже вся необхідна інформація – визначена ступінь перекриття трофічних ніш всіх видів між собою, виокремлені групи найбільш схожих за раціонами видів. Отже, ми отримали картину структури схожості і відмінності живлення всіх досліджених видів та їх груп, виокремили гільдії та осередки потенційної (за умов обмеження харчових ресурсів) експлуатаційної конкуренції та визначили схожість раціонів всієї групи з шести видів у цілому (яка складає 8%).

Маючи дані про ступінь перекриття конкретних ніш, можемо визначити і ступінь перекриття їх багатомірних ніш. Для визначення ступеня перекриття n-мірної ніші ми маємо перемножити відносні перекриття кожної з n ніш (при цьому зручніше користуватися не відсотковим значенням перекриття, а в частках від 1).

Якщо перекриття трофічних ніш складає 0,55 (55%), а топічні ніші цих видів пекриваються на 50% (тобто на 0,5), то перекриття 2-мірної ніші (трофічної і топічної) складе:  $0,55 \times 0,5 = 0,275$  (або 27,5%).

Аналогічно розраховується перекриття і n-мірної ніші.

Таким чином, навіть початок знайомства з дифузною конкуренцією показує, з одного боку, складність проблеми, але з іншого – цілком реальні шляхи до кількісної оцінки її загального впливу (за станом об'єкту, що досліджується).

Дві останні схеми також можуть бути ілюстрацією до поняття елемента угруповання. Часто постає питання: що є елементом трофічної структури біоценозу? Вочевидь, не популяція. Так, личинки хірономід і дорослі форми, пуголовки і жаби і таких прикладів безліч. Аналогічно щодо топічної структури. Розглянемо, які біотопи займають різні вікові стадії вже згаданих істот. І у цьому випадку “популяцією” оперувати досить незручно. Як і у попередньому прикладі, без поняття “геміпопуляція” тут не обійтися.

Таким чином, послідовно застосовуючи принципи системного підходу до вивчення екологічної ніші, можна розглядати її саме як місце даного елемента в екосистемі, а сукупність усіх зв'язків елемента з іншими і з зовнішнім середовищем – як роль елемента в системі. На практиці частіше може застосовуватися схема певного типу структури (трофічної, топічної, енергетичної, інформаційної, біогеохімічної тощо), де кожний елемент (зо-

крема, геміпопуляція) має своє місце і структуру внутрішньо- і зовнішньо-системних зв'язків.

Запропонований нами метод встановлення схожості раціонів та визначення ступеня перекриття трофічних ніш може ефективно використовуватися для встановлення структурованості будь-яких угруповань, визначення схожості та відмінності будь-якої кількості біоценозів та угруповань. При порівнянні побудованих із використанням запропонованого нами методу дендрограм схожості угруповань (рис. 7.6)

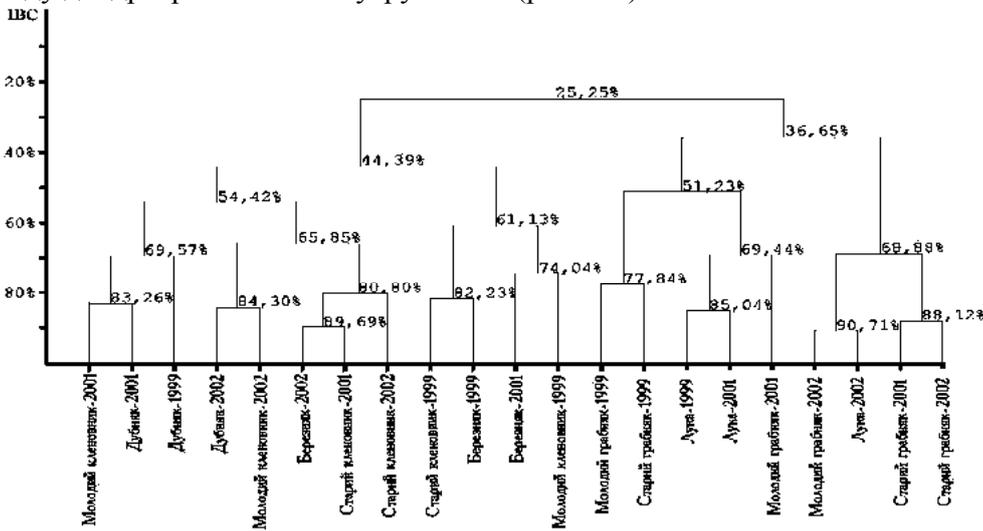


Рис. 7.6. Дендрограма структури видових угруповань за ІВС дощових черв'як досліджених ділянок Канівського заповідника у 1999, 2001, 2002 роках

з результатами кластерного аналізу цих же даних (рис. 7.7).

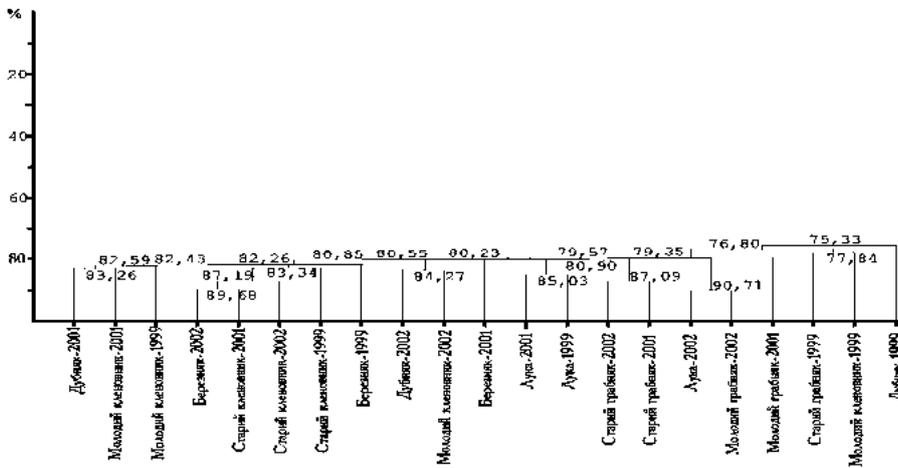


Рис. 7.7. Дендрограма структури видових угруповань дощових черв'як досліджених ділянок Канівського заповідника (кластерний аналіз) у 1999, 2001, 2002 роках

встановлено істотні переваги нашого методу, який дозволяє отримати цілісну картину структури угруповань на різних біотопах та визначити схожість між ними.

При застосуванні кластерного аналізу найбільш чітку картину дає застосування методу повного зв'язку (рис. 7.8).

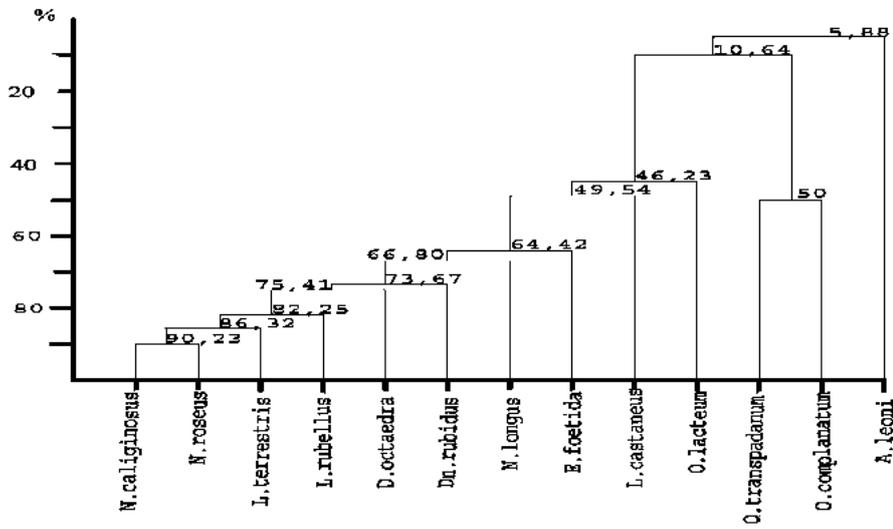


Рис. 7.8. Схожість просторового розподілу дощових черв'яків у досліджених біотопах Канівського заповідника (кластерний аналіз, метод повного зв'язку), 2001 р.

Проте при порівнянні отриманих результатів з дендрограмою, побудованою з використанням цих же даних, проте оброблених за запропонованим нами методом (рис. 7.9).

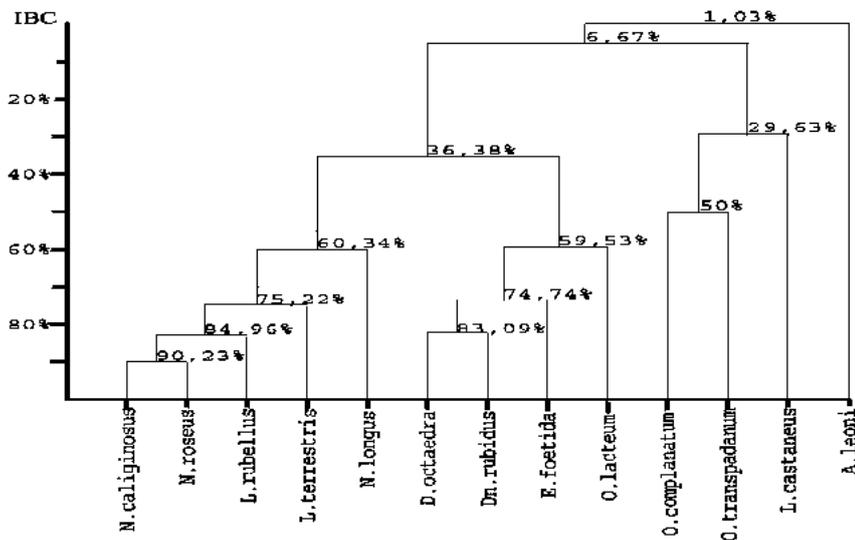


Рис. 7.9. Схожість просторового розподілу дощових черв'яків у досліджених біотопах Канівського заповідника (IBC), 2001 р.

отримуємо картину, яка відрізняється значно вищим рівнем структурованості, роздільною здатністю та значно більш адекватними (при їх аналізі) результатами, які цілком відповідають природним особливостям кожного виду та його біотопічною приуроченістю.

Таким чином, порівняння одних і тих же даних, оброблених загальноприйнятими методами кластерного аналізу та за запропонованим нами методом встановлення структурованості та ступеня схожості й відмінності будь-якого масиву даних (Гандзюра, 1991, 1993) дозволяє дійти висновку про істотні переваги запропонованого нами методу. Він принципово відрізняється від кластерного аналізу тим, що оцінює ступінь схожості певної групи множин в цілому, в той час як всі три головні методи кластерного аналізу (одинарного, середнього та повного зв'язку) базуються лише на попарному порівнянні всіх даних.

В усіх випадках запропонований нами метод має істотно вищу роздільну здатність, дозволяючи виокремлювати природні групи, відмінності між якими значною мірою нівелюються при застосуванні кластерного аналізу.

Таким чином, запропонований метод встановлення структурованості угруповань, визначення ступеня схожості будь-якої їх кількості дозволяє отримувати об'єктивні дані, оскільки всі вони базуються на кількісній оцінці міри перекриття множин, яка відповідає всім вимогам до метрик, враховує як склад угруповань, так і кількісну представленість окремих його складових, зручний для інтерпретації, оскільки всі величини дані у відсотках або у частках.

### *Контрольні запитання до розділу*

1. Дати визначення багатомірної екологічної ніші.
2. Як визначити ступінь перекриття чотиримірних екологічних ніш?
3. У чому полягає суть «планктонного парадоксу»?
4. У чому відносність результатів дослідів Г.Ф. Гаузе?
5. Які існують методи встановлення ступеня схожості угруповань і екологічних ніш та в чому їх особливості?
6. Охарактеризуйте потенційну та реалізовану екологічну ніші.
7. Для систем якого рівня коректно використовувати поняття «екологічної ніші»?
8. Що таке стація?
9. Хто першим використав поняття «екологічної ніші» і хто запровадив поняття «багатомірної ніші»?

## Розділ 8. ЕКОСИСТЕМИ

Екосистема є центральним об'єктом сучасної екології. Саме визнання екосистеми головним об'єктом екології кладе край усім дискусіям про предмет цієї науки, а відтак екологічним є будь-яке дослідження, метою якого є з'ясування місця і ролі того чи іншого процесу, явища чи об'єкта в екосистемі. В усіх інших випадках екологія сприймається як щось “комплексне”, міждисциплінарне, а її межі виявляються розмитими до практично повної невизначеності.

*Екосистема – об'єкт, біотичні й абіотичні компоненти якого функціують як єдине ціле завдяки колообігу речовин, що здійснюється з використанням зовнішнього джерела енергії і призводить до створення певної структури, або, іншими словами – це система, елементами якої є біотичні та абіотичні компоненти, пов'язані речовинно-енергетичними та інформаційними потоками, відмежована від аналогічних утворів колообігом речовин певного ступеня замкненості та характерною інформаційною структурою.*

Стефан Форбс, досліджуючи озеро з усіма його мешканцями та абіотичними компонентами, першим розглядав природний комплекс організмів та їхнього абіотичного оточення як цілісну систему, яку він назвав “мікрокосмом”. Форбс підкреслював, що вплив на окремі компоненти неминуче тягне за собою і зміни всього цілого; водночас аналіз цілого є необхідною умовою задовільного розуміння будь-якої його частини (S. Forbs, 1887). Таким чином, “мікрокосм” Форбса досить близький сучасному поняттю “екосистема”.

У водоймах цілісна взаємодія біотичних і абіотичних факторів виявляється особливо виразно, тому не випадково саме в гідробіології наприкінці XIX – початку XX століття почали успішно розроблятися проблеми взаємодії біоценозу і біотопу як компонентів єдиного цілого (Hensen, 1887; Jonson, 1919).

Поряд з терміном «екосистема» часто використовують термін «біогеоценоз». Причому різні автори вкладають у це поняття дещо різний зміст, часто ототожнюючи ці два поняття (зокрема, як синоніми, їх розглядав Ю. Одум (1986). Тому варто чітко розуміти відмінності між цими термінами. Термін «біогеоценоз» запропонував відомий російський вчений В.М. Сукачов (1940), причому найбільш вичерпне визначення дано ним у вступі до відомої книги «Основы лесной биogeоценологии» (1964): «*біогеоценоз – сукупність на певному протязі земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу і світу мікроорганізмів, ґрунту і гідрологічних умов), що мають свою особливу специфіку взаємодій цих складових їх компонентів і певний тип обміну речовиною і енергією їх між собою і з іншими явищами природи, що*

являють собою внутрішньо діалектично протирічливу єдність, що знаходиться у постійному русі, розвитку».

Таким чином, поняття «екосистеми» і «біогеоценозу» істотно відрізняються між собою: будь-який біогеоценоз можна назвати екосистемою, проте мало яку екосистему можна коректно назвати біогеоценозом. Це лише:

- Виключно природні екосистеми;
- Чітко просторово відмежовані від інших;
- Значного розміру (межі визначаються водозбірним басейном, кліматичними, едафічними та біоценотичними особливостями, а також відносно замкненими біогеохімічними колообігами та особливостями енергетичної структури).

Отже, **біогеоценози** – це крупні природні блоки біосфери (екосистеми), які історично склалися і чітко відмежовані від аналогічних утворів.

Слід відзначити, що необхідність синтетичного підходу до вивчення наземних екосистем була вперше усвідомлена і сформульована у вигляді головної концепції вченими, які працювали над дослідженням ґрунту – природного тіла, в утворенні якого в нерозривній єдності сплелися біотичні та абіотичні фактори. Це відбулося наприкінці ХІХ століття, коли із закликом розгорнути міждисциплінарні комплексні дослідження цілісних природних систем виступив видатний російський вчений В.В. Докучаєв.

“Вивчалися, головним чином, окремі тіла, – мінерали, гірські породи, рослини і тварини, – і явища, окремі стихії, вогонь (вулканізм), вода, земля, повітря, в чому, повторюємо, наука і досягла, можна сказати, дивних результатів, але не їх відносини та генетичний, віковичний, і завжди закономірний зв’язок, що існує між мертвою і живою природою, між рослинами, тваринними і мінеральними царствами, з одного боку, людиною, її побутом і навіть духовним світом – з іншого. Саме ці співвідношення, ці закономірні взаємодії і складають суть пізнання ества, ядро істинної натурфілософії, – кращу і вищу розкіш Природознавства !” (Докучаєв В.В., 1949).

Початок практичного здійснення цієї широкої програми щодо наземних природних комплексів пов’язано з ім’ям Г.Ф. Морозова – засновника вчення про ліс. Він підкреслював, що ліс і його територія повинні зливатися для нас в єдине ціле, в географічний індивідуум або ландшафт. “Ліс – це цілий гуртожиток не лише рослинних, але і тваринних форм, що існують під владою зовнішнього географічного середовища і у зв’язку з ним. Таке цілісне уявлення про ліс передбачає необхідність вивчати як власне сам ліс, як такий, так і різні сторони його життя з умовами, що їх породжують” (Морозов, 1925).

Схожі ідеї висловлював Р.І. Аболін (1914) на основі вивчення боліт. Він вважав, що поверхнева оболонка Землі, названа ним «епігенемою» (що майже відповідає поняттю про екосферу чи біогеоценотичну оболонку) складається з окремих ділянок, які він називав «епіморфами» (приблизно



відповідає поняттю про біогеоценози). В межах епіморфи рельєф, ґрунт, земля і рослинність поєднуються і взаємодіють між собою, причому всередині її характер взаємодій зберігається відносно однорідним.

Екосистеми (як і будь-які системи), характеризуються складом, структурою, зовнішнім середовищем і законом функціонування. Для характеристики складу і структури екосистем використовують три групи показників: речовинні, енергетичні та інформаційні. Нормальне функціонування екосистем можливе лише за умови адекватної взаємодії та тісної спряженості речовинно-енергетичних й інформаційних процесів. Будь-яке розкорелювання цих процесів призводить до всіляких порушень і може врешті решт призвести до патологічного стану екосистеми.

На сучасному етапі розвитку екології найповніше досліджена енергетична структура екосистем, речовинні потоки вивчені значно гірше, а щодо інформаційних процесів у екосистемах різного типу, то це – найменш досліджена царина, яка активно вивчається лише останнім часом.

Розглянемо кожну з цих груп показників.

### 8.1. Енергетична структура екосистем

Енергію визначають як здатність виконувати роботу. Властивості енергії описуються двома законами термодинаміки. Перший закон термодинаміки, чи закон збереження енергії, проголошує, що енергія не зникає і не створюється заново, вона лише може переходити з однієї форми в іншу. Другий закон термодинаміки, або закон ентропії, формулюється по-різному, зокрема: процеси, пов'язані з перетворенням енергії, можуть протікати самоплинно лише за умови, що енергія переходить з більш концентрованої форми до більш розсіяної, тобто деградує. **Ентропія** (від грецького *entropia* – перетворення) – величина кількості зв'язаної енергії, яка стає недоступною для використання. Термін «ентропія» був запропонований Рудольфом Клаузіусом (1822-1888) в 1863 р. Цей термін також використовується як міра зміни неупорядкованості системи, що відбувається при деградації енергії. Цей же закон можна сформулювати і так: будь-яке перетворення енергії з однієї форми в іншу неминуче супроводжується розсіюванням її частини у формі, недоступній для подальшого використання. Одним з наслідків цього є неможливість створення вічного двигуна. **Негента́ропія** (від англ. *negative entropy*) – функція термодинамічного стану системи, яка характеризує ступінь її впорядкованості; міра, протилежна ентропії за знаком.

Енергетичний підхід до вивчення екологічних процесів виявився одним з найбільш плідних в екології, значною мірою сприяв формуванню екології як науки, оскільки саме він дав змогу вивчати дивовижне розмаїття життя в усіх його проявах шляхом встановлення кількісних закономірностей як міжорганізмів, так і міжпопуляційних взаємин, визначати енергетичні баланси біо- і екосистем різного рівня організації й інтеграції.

Удалено: логічні

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Удалено: )

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано: Шрифт: 14 пт, курсив

Колосальна кількість публікацій цього напрямку сприяла з'ясуванню загальних закономірностей трансформації енергії як окремими організмами, популяціями, угрупованнями, так і складових енергетичного балансу біосистем різного рівня організації. Але при цьому практично не враховується вплив якості середовища на жоден продукційно-енергетичний параметр. У практиці біопродукційних досліджень часто майже всі величини одержують розрахунковими методами, використовуючи продукційно-біомасові (P/B) коефіцієнти, одержані (у більшості випадків) десятки років тому за умов зовсім іншого екотоксикологічного стану екосистем. Це унеможливає одержання об'єктивної інформації з продукційних параметрів різних видів, популяцій, трофічних рівнів і угруповань, зважаючи на значне погіршення стану середовища за останні десятиліття. Тим паче, що за рівнем забруднення окремі екосистеми відрізняються настільки істотно, що його неврахування часто зводить нанівець цінність проведених біопродукційних досліджень.

Важливим етапом вирішення цієї проблеми є з'ясування поняття "норми" і "патології" екосистем. У цьому аспекті першочерговим завданням слід визнати розробку кількісних критеріїв, які спроможні давати об'єктивну оцінку стану якості середовища за ступенем його адекватності особливостям живої матерії.

Завдання вивчення продуктивності полягає у з'ясуванні швидкості, з якою різні біосистеми за тих чи інших умов синтезують (чи можуть синтезувати) подібну собі речовину, використовуючи для цього асимільовані сполуки та енергію. Будь-яка біологічна система існує лише за безперервного обміну речовин з навколишнім середовищем.

Згідно з *принципом максимізації енергії Лотки–Одума–Пінкертон* – у "суперництві" з іншими екологічними об'єктами виживають (зберігаються) ті з них, які найкращим чином сприяють надходженню енергії і використовують максимальну її кількість найбільш ефективним способом. З цією метою система:

- створює накопичувачі (сховища) високоякісної енергії;
- витрачає певну кількість накопиченої енергії для забезпечення надходження нової енергії;
  - забезпечує колообіг різноманітних речовин;
  - створює механізми регулювання, які підтримують стійкість системи і її здатність пристосування до умов існування, що змінюються;
  - встановлює з іншими системами обмін, необхідний для забезпечення потреб в енергії спеціальних видів (Г. Одум, Ю. Одум, 1978).

Слід відзначити, що цей принцип справедливий і у відношенні інформації, а от максимальне надходження речовини як такої не гарантує успіху екологічному об'єкту в конкурентній боротьбі з іншими аналогічними об'єктами. В основі функціонування будь-якої екосистеми лежить її біо-

продуктивність, яка забезпечує потоки речовини і енергії та призводить до формування певної структури.

### 8.1.1. Біопродуктивність екосистем

Продуктивність біосистеми – її здатність виробляти подібну собі речовину. Всі біосистеми характеризуються продуктивністю, і системи одного типу можна порівнювати за рівнем їх продуктивності (швидкості продукування) за величинами продукційних показників. До основних продукційних показників належать *продукція* і *питома продукція* (Заика, 1983) [83]. *Продукція* – вся вироблена даною біосистемою за певний проміжок часу речовина з урахуванням витрат на обмін. Мова йде про органічну речовину, синтезовану системою. Оцінка продукції найчастіше здійснюється в показниках “живої маси”, включаючи скелетні та інші подібні утвори (Заика, 1983). *Питома продукція* виражається у величинах продукції за певний відрізок часу в розрахунку на одиницю біомаси. Так, якщо величина добової питомої продукції дорівнює 10%, то це означає, що дана біосистема щодоби виробляє продукцію, яка складає 10 відсотків від наявної біомаси.

При визначенні *біопродукції* та розрахунку складових біопродукційного процесу необхідно враховувати притаманні біосистемам різного рівня організації особливості. Адже, знаючи продукцію кожної популяції, що входить до екосистеми, продукцію всього угруповання розрахувати неможливо. Це можна здійснити лише шляхом використання адекватних для рівня угруповання методів. Розглянемо особливості визначення продукції різнорівневих систем.

#### 8.1.1.1. Продукція особини

Зовні до організму надходить речовина і енергія зі швидкістю  $I_1$ , частина якої ( $A$ ) засвоюється (асимілюється), в той час як  $I_2$  видаляється у вигляді незасвоєної частини (у гетеротрофних організмів цю частину часто позначають як  $D$ ). Частина асимільованої речовини і енергії витрачається (розсіюється) у процесі дихання ( $R$ ), що є витратами на енергетичний обмін, тоді як різниця між  $A$  і  $R$  буде величиною *індивідуальної продукції* ( $P$ ). Втрати речовини і енергії ( $B_e$ ), відбуваються у вигляді виділень залоз, відторгнутих покривних структур, продуктів статевих залоз тощо (рис. 8.1):

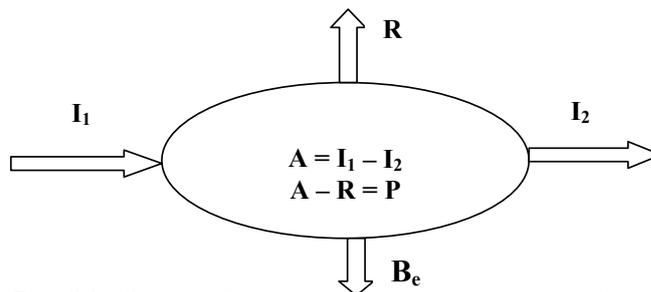


Рис. 8.1. Складові енергетичного балансу організму

Таким чином, у стані термодинамічної рівноваги (коли біомаса і накопичена в ній енергія лишається на відносно постійному рівні) для організму маємо:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 + R + V_e; \\ A &= I_1 - I_2; \\ P &= A - R; \\ P &= I_1 - I_2 - R; \\ P - V_e &= (A - R - V_e) = 0. \end{aligned}$$

Виходячи з балансового підходу, обов'язковою умовою росту організму є:

$$P - V_e = (A - R - V_e) > 0.$$

При  $P < V_e$  біомаса зменшується на величину  $\Delta B$ , що відповідає умові:

$$P - V_e = (A - R - V_e) < 0.$$

У випадку, коли асимільована їжа лише покриває витрати на обмін, маємо:

$$\begin{aligned} A - R &= 0, \\ -\Delta B &= V_e, \end{aligned}$$

тобто біомаса зменшується на величину  $V_e$ .

Однією з найважливіших характеристик продукційного процесу є **питома продукція (p)**, яку розраховують за формулою:

$$p = (\ln B_2 - \ln B_1) / (t_2 - t_1).$$

Якщо  $p = 0,10$ , то це означає, що за даний відрізок часу (зазвичай за добу, місяць рік тощо) біосистема синтезує 1/10 (тобто 10%) від своєї біомаси.

Одним з найбільш вдалих математичних виразів процесу збільшення маси особини є рівняння Л. Берталанфі. В його розробці брали участь різні вчені - А. Пюттер (*Pütter*, 1920), Л. Берталанфі (*Bertalanffy*, 1938), С. Тейлор (*Taylor*, 1960). Проте загальновідоме рівняння швидкості росту маси тіла зазвичай пов'язують з ім'ям *Берталанфі*, внесок якого у його розробку вважається найвагомим. У загальному вигляді рівняння має вигляд:

$$dm/dt = a_1 m^{b_1} - a_2 m^{b_2};$$

де:  $m$  – маса особини,  $dm/dt$  – швидкість росту маси (приріст),  $a_1, a_2, b_1, b_2$  – коефіцієнти.

За Берталанфі, в правій частині рівняння член  $a_1 m^{b_1}$  відображає “анаболізм”, величина якого пропорційна поверхні тіла тварини, тому

$$b_1 = 2/3$$

Другий член  $a_2 m^{b_2}$  відображає “катаболізм”, який пропорційний масі тіла ( $b_2=1$ ).

Відповідно, рівняння Берталанфі зазвичай використовується у вигляді:

$$dm/dt = a_1 m^{2/3} - a_2 m.$$

### 8.1.1.2. Продукція популяції

На популяційному рівні розрахунок продукції найчастіше проводять за **рівнянням Бойсен-Йенсена (1919)**:

$$P_t = B_2 - B_1 + V_e,$$

де:  $P_t$  – продукція за час  $t$ ,  $B_2$  – біомаса в кінці періоду,  $B_1$  – біомаса на початку даного періоду;  $V_e$  – величина елімінованої за час  $t$  біомаси. За проміжок часу  $\Delta t = t_2 - t_1$ :

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta B + V_e, \\ \Delta B &= B_2 - B_1. \end{aligned}$$

Для використання рівняння Бойсен-Йенсена необхідна інформація з чисельності особин та їх середньої маси:

$$\begin{aligned} B_1 &= m_1 \times N_1, \\ B_2 &= m_2 \times N_2, \\ V_e &= (m_2 + m_1) / 2 \times (N_1 - N_2). \end{aligned}$$

Друга схема розрахунків продукції запропонована Г. Кларком і спів-авторами (*Clarke, Edmondson, Ricker, 1946*). За нею продукція визначається як різниця між швидкістю асиміляції їжі популяцією і швидкістю витрат на обмін. На практиці цей спосіб розрахунку практично не використовується, оскільки визначити загальну асиміляцію практично неможливо. Однак для теоретичних розрахунків ця схема має важливе значення.

Третя схема базується на використанні даних з росту особин і вікової структури популяції. Ця схема використовується найчастіше. Згодом ця схема доповнилася врахуванням продукції за рахунок розмноження.

Четверта схема базується на динаміці чисельності популяції. Для спрощення аналізу росту і вікової структури всім особинам приписують деяку середню масу. Тоді продукція визначається за швидкістю розмноження.

Корисним є використання швидкості оборту чисельності, біомаси, накопиченої системою енергії тощо.

### 8.1.1.3. Продукція угруповання

Розрахувати продукцію угруповання, виходячи з відомостей про продукцію навіть всіх його популяцій практично неможливо. Тому єдиний шлях – холістичний підхід до розрахунку окремих складових біопродукційного процесу угруповання в цілому.

Ще на початку XIX ст. американський лімнолог Едвард Бьордж намагався кількісно оцінити "дихання озера", тобто динаміку процесів кисневого обміну, в якому беруть участь як фізичні, так і біологічні процеси. В 30-х роках значні успіхи у дослідженні трансформації речовини і енергії в озерах були досягнуті на Косинській лімнологічній станції під Москвою в рамках так званого "балансового підходу", основні ідеї якого були сформульовані Леонідом Леонідовичем Россолімо, який очолював тоді роботу станції. Саме за його ініціативою на Косинських озерах в 1932 р. починає свої дослідження (які потім стали класичними) з оцінки первинної продукції Георгій Георгійович Вінберг. Тоді він застосував метод "темних і світлих склянок" (склянковий метод), який став класичним.

Суть його досить проста і полягає в тому, що проба води, взята з певної глибини, яка містить організми фіто- і зоопланктону, розливалась у дві невеликі, герметично замкнені склянки, з яких одна була прозорою, а інша – темна, що не пропускає світла. Склянки підвішували на мотузці на тій самій глибині, з якої було взято проби води. Після добової експозиції їх виймали на поверхню і в кожній визначали вміст розчиненого кисню. Очевидно, що в світлій склянці відбувалося як дихання всіх організмів, так і фотосинтез фітопланктону; в темній же – лише дихання. За кількістю кисню, що виділяється в світлій склянці, можна розрахувати величину *чистої продукції*. Зменшення концентрації кисню в темній склянці характеризує величину *загального дихання* (деструкції).

Якщо до величини чистої продукції додати величину дихання, отримаємо величину валової продукції. Таким чином, матимемо всі основні продукційно-деструкційні показники: валову і чисту продукцію та загальну деструкцію.

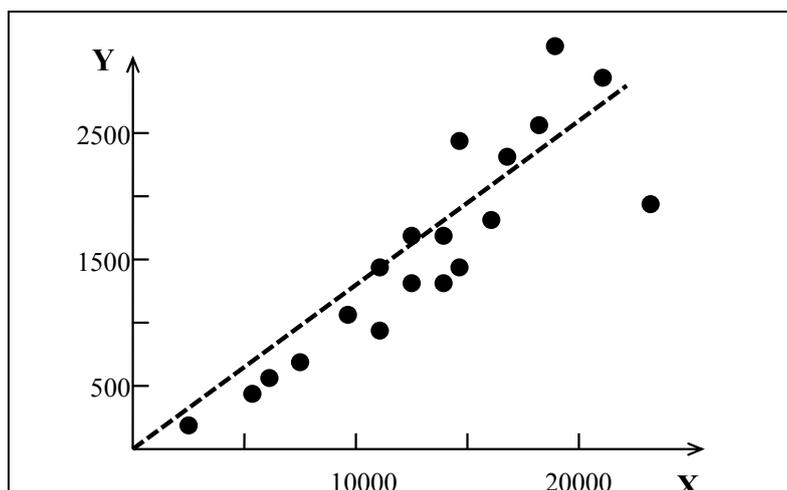
Загалом всі *розрахунки продукційного процесу угруповання з n трофічних рівнів ґрунтуються на такій схемі*:

$$P = A_1 - R_1 - R_2 - \dots - R_n;$$

де: P – чиста продукція угруповання;  $A_1$  – асимільована першим трофічним рівнем (рівнем продуцентів) енергія;  $R_1$  – кількість енергії, яка розсіюється в процесі дихання першим трофічним рівнем;  $R_2$  – другим трофічним рівнем;  $R_n$  – n-тим трофічним рівнем.

Таким чином, "внесок" консументів усіх трофічних рівнів у формування продукції угруповання полягає в ентропізації енергії, яка пропорційна величині їхнього дихання.

У більшості випадків між величиною первинної та вторинної продукції існує пряма залежність (рис. 8.2). Водночас слід мати на увазі, що в біотичному угрупованні консументи всіх порядків істотно впливають на рівень біопродукційного процесу попереднього трофічного рівня: за оптимального режиму експлуатації біосистеми характеризуються максимальною продуктивністю.



продукції та енергії. Найбільш правильну форму мають піраміди енергії та продукції.

### 8.1.2. Закон Ліндемана (правило 10%)

У 1942 р. в журналі "Ecology" публікується стаття Раймонда Ліндемана "Трофодинамічний аспект екології". Він зазначав, що перехід енергії з одного трофічного рівня на інший (тобто кожний акт перетворення енергії) супроводжується її розсіюванням у формі теплової енергії (що є проявом другого закону термодинаміки). Причому при переході енергії на кожний наступний трофічний рівень її розсіюється майже 90%. Ця закономірність і дістала назву *закону Ліндемана*, чи *правила 10 відсотків*.

Варто згадати, що ще в 1918 році К. Петерсен проводить розрахунки, які показали, що одиниця маси споживача створюється за рахунок близько 10 одиниць їжі.

### 8.1.3. Ланцюги та мережі живлення

Каналізація енергетичних потоків здійснюється ланцюгами живлення. *Ланцюг живлення* – це шлях, яким енергія, що надходить в екосистему (сонячна, хімічна) послідовно передається по трофічним рівням. Належність організмів до того чи іншого трофічного рівня визначається кількістю етапів трансформації енергії, через яку вона надходить до даного організму чи популяції. Сукупність ланцюгів живлення біоценозу, що утворюють і горизонтальні потоки (плетиво трофічних ланцюгів), називається *трофічною мережею*. Розрізняють два типи ланцюгів живлення: *пасовищні* та *детритні*.

*Пасовищні* починаються зеленими рослинами, далі – консументи першого порядку, другого (вони ж – хижаки першого порядку), консументи третього (вони ж – хижаки другого порядку) і т.д.

*Детритні* ланцюги (вони ще називаються *ланцюгами розкладу*) – починаються від мертвих організмів. Обидва типи ланцюгів живлення тісно пов'язані між собою. З кожного трофічного рівня пасовищного ланцюга частина речовини надходить до детритних ланцюгів, і подальша трансформація цієї частини речовини і енергії вже відбувається детритними ланцюгами, які разом із відповідними пасовищними і формують *трофічну мережу* (сукупність усіх трофічних ланцюгів у їхньому взаємному переплетінні), екосистеми (рис. 8.2).

*Належність же популяції чи геміпопуляції до того чи іншого трофічного рівня (не залежно від того, пасовищний це ланцюг чи детритний) визначається лише кількістю етапів трансформації енергії, через які вона потрапляє до тієї чи іншої біосистеми* (популяції, геміпопуляції).

Співвідношення пасовищних і детритних ланцюгів у екосистемі має важливе значення в її функціонуванні і може бути індикатором стану екосистеми. Так, відносно "молодим" екосистемам притаманне переважання па-



совищних ланцюгів, у той час як в екосистемах “зрілого” типу домінують детритні ланцюги.

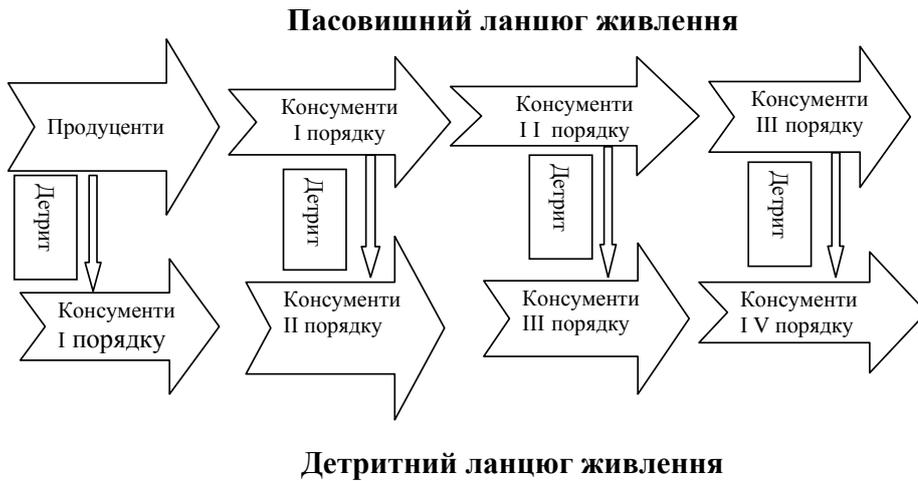


Рис. 8.2. Взаємозв’язок пасовищного і детритного ланцюгів живлення

**Первинна продукція (ПП) екосистеми** – величина синтезованої органічної речовини з неорганічної з використанням енергії світла (фотосинтез) і неорганічних сполук (хемосинтез). Величину ПП виражають в одиницях сирої чи сухої речовини, енергетичних еквівалентах чи у величинах того чи іншого елемента (як правило, вуглецю, інколи – азоту чи іншого елемента) на одиницю площі чи об’єму за одиницю часу.

Розрізняють валову первинну продукцію (ВПП) і чисту (ЧПП). ВПП – це швидкість новоутворення органічної речовини з неорганічної. ЧПП – дорівнює ВПП мінус дихання, тобто та частина продукції, яка визначається як різниця між величиною синтезованої органічної речовини та її кількістю, яка розклалася за даний відрізок часу в ході енергетичного обміну.

**Вторинна продукція (Рвт.)** – це величина синтезованої органічної речовини гетеротрофними організмами за одиницю часу в розрахунку на одиницю площі чи об’єму. Істотною відмінністю Рвт. від Рп є те, що біосинтетичні процеси, які лежать в її основі, базуються на використанні енергії хімічних сполук органічних речовин. Тому величину ВП можна розрахувати за схемою: ВП = асимільованій енергії (даним трофічним рівнем чи даною біосистемою) – дихання, тобто:

$$\mathbf{Рвт. = А - R.}$$

При розрахунку продукції кількох трофічних рівнів треба мати на увазі, що внесок кожного трофічного рівня (крім продуцентів) у формування продукції екосистеми полягає у зменшенні запасів зв’язаної енергії на величину дихання даного трофічного рівня. Тому загальне рівняння продукції екосистеми можна записати у вигляді:

$$\mathbf{P = A_1 - R_1 - R_2 \dots - R_n,}$$

де:  $P$  – продукція угруповання (чиста);  $A_1$  – величина асимільованої першим трофічним рівнем (продуцентами) енергії;  $R_1$  – величина дихання першого трофічного рівня;  $n$  – кількість трофічних рівнів у даному угрупованні.

Величина дихання показує, яка кількість енергії розсіюється системою у формі теплової. Щоб перейти від величини спожитого в процесі дихання кисню до енергетичних характеристик, зазвичай використовують *оксикалорійний коефіцієнт* (ОКК):

$$\text{ОКК} = 3,38 \text{ кал/мг } O_2.$$

При з'ясуванні трофічної структури біоценозу на кожному трофічному рівні доцільно виділяти *гільдії* – *групи популяцій чи геміпопуляцій, які використовують однакові ресурси подібним чином* (Root, 1967). Тобто гільдії – це осередки можливої найжорстокішої конкуренції (за умов дефіциту ресурсів). Причому до гільдії можуть входити організми найрізноманітніших груп. Зокрема, гільдію сестонофагів-фільтраторів утворюють білий товстолоб, двостулкові молюски, губки, моховатки, коловертки, гіллястовусі ракоподібні, інфузорії тощо.

#### 8.1.4. Загальна схема потоку енергії в біосфері

Загальна схема потоку енергії в біосфері має такий вигляд. На верхні шари атмосфери нашої планети сонячна енергія надходить з постійною швидкістю  $1,98 \text{ кал/см}^2$  за хвилину або  $1380 \text{ Вт/м}^2$  (так звана “сонячна стала”). За добу загальний потік енергії складає  $2850 \text{ кал/см}^2$ . Частина цієї радіації віддзеркалюється. Коефіцієнт відбиття  $\alpha = Q \text{ відб.}/Q$  називається *альбедо* і дорівнює відношенню відбитої енергії до величини її загального потоку. Величина альбедо залежить від кута падіння сонячних променів, хмарності, ступеня і характеру рослинного покриву, типу ґрунту тощо.

Проходячи через атмосферу, енергія сонячного випромінювання експоненційно послаблюється. Опівдні влітку за ясної погоди до поверхні Землі доходить не більше ніж 67% енергії. Загалом розподіл сонячної енергії наведено в табл. 8.1.

Таблиця 8.1. Розподіл енергії сонячного випромінювання (у % від річного надходження в біосферу) (за Hulbert, 1971)

Складові	%
Відбивається	30
Безпосередньо перетворюється на тепло	46
Випаровування, опади	23
Вітер, хвилі, течії	0,2
Фотосинтез	0,8

Частина сонячної радіації, яка досягає земної поверхні, поглинається екосистемою. Частина з цієї радіації представлена інфрачервоними проме-

нями. Енергія сонячної радіації, яка надходить в екосистему, витрачається на нагрівання екосистеми, турбулентну теплопередачу в атмосферу, фотосинтез і евапотранспірацію. Протягом доби розподіл енергії на різні складові істотно змінюється, проте найзначніша її частина витрачається на транспірацію і випаровування з поверхні ґрунту чи води. Проходячи через атмосферу, сонячне випромінювання експоненційно послаблюється атмосферними газами та пилом. Величина цього ослаблення залежить від довжини хвилі. Промениста енергія Сонця, яка досягає земної поверхні в ясний день, на 10% складається з ультрафіолетового випромінювання, на 45% – з видимого світла і на 45% – з інфрачервоного проміння (*Reifsnnyder, Lukk, 1965*).

Ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі менш ніж 0,3 мкм майже не проходить через *озоновий екран* (розташований на висоті 10-45 км, максимальна його щільність – на висоті 18-25 км). Середня щільність озонного шару складає близько 300 добсонівських одиниць (ДО). 1 ДО відповідає шару озону, що дорівнює 0,001 см за 0°C і 760 мм. рт. ст. Менш за все при проходженні через щільні хмари і воду поглинається видима частина спектра. Для фотосинтезу необхідне саме видиме світло. Рослинність поглинає переважно сині і червоні промені. Значно менше поглинається зелене проміння. Оскільки зелене і ближнє інфрачервоне проміння відбиваються рослинністю, ці ділянки спектра використовуються при дистанційних вимірах (зі супутників і літаків) розподілу рослинності у природі, стану сільськогосподарських культур тощо. Енергія припливів складає близько 0,0017%; внутрішнє тепло Землі – близько 0,5% від величини сонячної енергії, яка щорічно надходить в біосферу. Частина енергії (близько 0,8%) поглинається фотосинтетиками і використовується на утворення біологічної продукції екосистеми. Унаслідок росту і розмноження організмів в екосистемах відбувається процес новоутворення біомаси. Це явище (властивість біологічних систем до самовідтворення) називається біологічною продуктивністю, а сам процес новоутворення біомаси – біологічним продукуванням. Новоутворену біомасу називають *біологічною продукцією*. Слід зазначити, що в біологічну продукцію не включають ту органічну речовину, яка утворюється організмами, але не накопичується в них (прижиттєві виділення, різноманітні структури, що видаляються в процесі відторгнення тощо). При переході енергії з одного на інший трофічний рівень 90% її розсіюється у формі теплової, і лише близько 10% западається у біомасу (*правило 10%, чи закон Ліндемана*).

Таким чином, біологічна продукція – лише частина біоорганічної продукції – всієї органічної речовини, що створюється організмами в процесі своєї життєдіяльності. Синтезована, але не акумульована у організмах органіка, накопичуючись в екосистемі, значно підвищує біоенергетичний потенціал екосистеми.

У клімаксоному угрупованні вся енергія, що надходить до екосистеми, (тобто енергія на вході) дорівнює кількості енергії, що розсіюється у формі

теплової (енергії на виході). Це є головною характеристикою рівноважного термодинамічного стану зрілого (клімаксного) угруповання.

Серед учених, які досліджують біологічну продуктивність, нерідко спалахують дискусії: що важливіше для біопродукційного процесу: власності популяції, угруповання чи середовища їх мешкання. Так ставити питання не коректно. Хоч можна кількісно оцінити, які чинники в конкретній ситуації є найвагомішими, а які менш істотно впливають на темп і ефективність біопродукційного процесу. Ці ж фактори можна ранжувати в порядку їх значущості. Але не викликає жодних сумнівів, що біопродуктивність – властивість екосистеми. Безглуздо було б робити спроби оцінити продукційні можливості будь-якої біосистеми без урахування принаймні найважливіших абіотичних чинників – температури, вологості, рівня освітленості, концентрації біогенів тощо – втім, як і всього комплексу біотичних взаємин. Достеменно відомо, що рівень продукції безпосередньо пов'язаний з умовами експлуатації даної популяції. Зокрема, встановлено, що максимальний темп продукційного процесу має місце за оптимального вилучення частини продукції тощо.

За джерелами енергії екосистеми (і біоценози) можна поділити на дві групи – **повночленні** – де основою енергії є органічна речовина, синтезована у процесі фотосинтезу, і **неповночленні** – джерелом енергії є органіка, створена в інших екосистемах. Так, у гідросфері межею між цими двома типами систем є *компенсаційна точка* – глибина, на якій валова продукція автотрофів дорівнює їхньому диханню ( $P_v = R$ ;  $P_v/R = 1$ ;  $P_c = 0$ ). Нижче цієї точки все угруповання існує за рахунок “дощу” трупів, потоку екскрементів, екзувіїв тощо з фотичного горизонту.

В енергетичній структурі екосистеми чільне місце посідають і **енергетичні субсидії** – додаткові джерела енергії (тобто крім енергії органічної речовини) – енергія вітру, хвиль, змінно-нагінних явищ, припливів і відпливів тощо. Енергетичні субсидії дозволяють організмам значно скоротити енерговитрати на основні процеси життєдіяльності і тому призводять до зростання біомаси екосистеми.

Так, практично всі водосховища Дніпровського каскаду оперезані гамарусовим паском – у прибережній зоні біомаса гамарид (переважно *Pontogammarus maoticus*) часто досягає кількох  $\text{кг}/\text{м}^2$ . Така значна концентрація гамарид – наслідок використання ними енергетичних субсидій: мешкаючи в прибережній і заплесковій смузі, вони споживають органіку, яку приносить вітер з поверхні водойми, а хвилі, з одного боку, сприяють забезпеченню гамарид киснем, а з іншого – видаленню (вимиванню) продуктів метаболізму, що і дозволяє підтримувати біомасу їх популяцій на такому високому рівні. За рахунок енергетичних субсидій існують високопродуктивні екосистеми і в припливно-відпливних ділянках.

У річкових екосистемах енергетичні субсидії – це і сезонні коливання рівня води, що створює навесні додаткові угіддя для розвитку планктону і нагулу молоді риб, а коли рівень води спадає, накопичена органіка ефекти-

вно мінералізується. Ці процеси (щорічні коливання рівня) моделюються людиною в умовах ставкових господарств. Зокрема, щорічні спускання води у ставку призводять до прогрівання ґрунту, що сприяє мінералізації накопиченої органічної речовини, знищенню під впливом ультрафіолетових променів хвороботворних організмів тощо. Це дозволяє значно підвищувати рибопродуктивність ставкових господарств і зменшувати захворюваність риб.

Інший прикладний аспект цієї проблеми моделювання природних процесів, зокрема – щорічні залпові пуски води у зарегульованих річках, де однією з істотних проблем є постійне їх замулювання. Скажімо, в Москва-річці всі водосховища Москви і прилеглих районів завчасно накопичують максимум води, а потім одночасно її випускають, що створює імітацію повені, якою і здійснюється промивання русла річки. Це позбавляє її значних мулових відкладень і сприяє поліпшенню якості води для питного та водогосподарського споживання.

## 8.2. Речовинна структура екосистем. Біогеохімічні колообіги

Між біотичними і абіотичними компонентами екосистем відбувається безперервний обмін різноманітними хімічними елементами, обумовлений взаємодією біологічних і геохімічних процесів. На відміну від потоку енергії, колообіг речовин в екосистемі відносно замкнений, а для біосфери в цілому біогеохімічні колообіги можна розглядати як практично замкнені.

Саме колообіг речовин є найважливішим механізмом забезпечення цілісності будь-якої екосистеми, подібно тому, як кровообіг забезпечує цілісність організму тварин. Проте, на відміну від біосфери, колообіги хімічних елементів окремих екосистем пов'язані з іншими екосистемами. Саме за ступенем замкненості біогеохімічних колообігів можна характеризувати ступінь своєрідності, чи замкненості (ізолюваності) тієї чи іншої екосистеми.

Близько 40 хімічних елементів, що входять до складу *живої речовини*, постійно циркулюють між живим і неживим компонентами екосистеми.

*Загальна формула “живої речовини”*  $\mathbf{H}_{2960}\mathbf{O}_{1480}\mathbf{C}_{1480}\mathbf{N}_{16}\mathbf{P}_{1,8}\mathbf{S}$ .

У порівнянні з неживим компонентом жива речовина більш карбоксильована, гідрогенізована і гідратована.

*Біогеохімічний колообіг (БГХК) – це шлях циркуляції хімічного елемента по відносно замкнутому ланцюжку, ланками якого є живі й неживі компоненти.*

*У БГХК розрізняють активний фонд елемента – та його частка, що перебуває у складі живої речовини або у стані руху від (чи до) неї та резервний фонд (депо) – відносно нерухомі запаси даного елемента. Між активним та резервним фондом постійно здійснюються певні потоки, які забезпечують підтримання рівноваги в системі в цілому.*

За ознакою головного депо БГХК поділяються на дві основні групи: колообіг газоподібних речовин (КГР) та осадовий цикл (ОЦ).

Колообіг газоподібних речовин включає всі елементи, які бодай на одному з етапів утворюють газоподібні сполуки. Елементи осадового ж циклу до складу газів не входять. І в цьому між ними пролягає суттєва відмінність. Резервний фонд елементів КГР знаходиться в атмосфері та гідросфері (в розчиненому стані), тому їх колообіг, як правило, добре збалансований.

Щодо елементів ОЦ – то їх колообіг власне і колообігом назвати не зовсім коректно – він розбалансований і однонаправлений, тобто елементи вилугуюються з гірських порід, входять до складу живих організмів, виходять з них, але врешті-решт в тій чи іншій формі вони зливаються з водозбірною басейну і виносяться водотоками в озера, моря, океани, де і захоронюються в донних відкладах. Зворотній винос цих елементів пов'язаний, в основному, з видобуванням морських продуктів, але це у більшості випадків складає лише відсотки чи їх частки від загальної величини виносу елемента. І лише в масштабах геологічного часу – коли дно моря стане суходолом – цей тип руху елемента можна назвати колообігом.

### 8.2.1. Колообіг газоподібних речовин

Прикладами колообігу газоподібних речовин є БГХЦ нітрогену, карбогену, оксигену, сірки та інших елементів, які утворюють газоподібні сполуки.

#### 8.2.1.1. Колообіг нітрогену

Азот складає 78% атмосфери, але переважна більшість живих істот не здатна безпосередньо використовувати цей запас азоту. Включення азоту в сполуки, які використовуються організмами, називається його фіксацією.

Цикл азоту складається з чотирьох основних етапів:

1. Азотфіксація.
2. Нітрифікація.
3. Амоніфікація.
4. Денітрифікація.

**Азотфіксація** – процес зв'язування молекулярного азоту в азотисті сполуки. Вона буває абіогенною і біогенною. Перша здійснюється внаслідок розрядів блискавок і фотохімічних процесів.

На початок 50-х років вважалося, що азотфіксацію здійснюють лише кілька груп поширених у природі мікроорганізмів - вільноживучі бактерії *Azotobacter* (аероб), *Clostridium* (анаероб); симбіотичні бульбочкові бактерії бобових *Rhizobium*; ціанобактерії – *Anabaena*, *Nostoc*.

Потім азотфіксацію виявили у пурпурових бактерій *Rhodospirillum* та інших представників фотосинтезуючих бактерій. Встановлено, що актиноміцети в кореневих клубнях вільхи і деяких інших рослин фіксують азот не

менш ефективно, ніж бульбочкові бактерії у бобових рослин. Із кожним роком список азотфіксаторів розширюється.

Азотфіксацію здійснюють авто- і гетеротрофні організми як в аеробних, так і в анаеробних умовах.

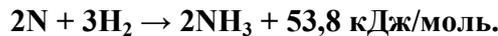
Серед анаеробів численні види р. *Clostridium*, деякі метаноутворюючі, сульфатредуючі й фотосинтезуючі бактерії (Горленко и др., 1977).

Із аеробних форм найбільше значення мають бактерії родини *Azotobacteriaceae* (*Azotobacter* та ін.) і особливо ціанобактерії (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Gleocapsa* та ін.). Здатність до азотфіксації притаманна деяким воднеокислюючим і фотосинтезуючим бактеріям р. *Chlorobium*, *Chromatium* та ін. Для активації азоту автотрофи використовують енергію фото- і хемосинтезу, гетеротрофи – енергію, яка міститься в органічній речовині, що ними споживається.

За даними Делвіч (1965, 1970) в біосфері фіксація азоту з повітря складає на суходолі в середньому понад 1 г/м<sup>2</sup> за рік. За даними Фогга (1955) в родючих областях біологічна фіксація азоту досягає 20 г/м<sup>2</sup> за рік. В основному – це біологічна фіксація, і лише незначна частина (у помірних широтах не більше ніж 35 мг/м<sup>2</sup> на рік) фіксується внаслідок електричних розрядів і фотохімічних процесів.

У Балтійському морі і Рибінському водосховищі інтенсивність азотфіксації досягає 0,8-1 г/м<sup>2</sup> на рік (Саралов, 1979). Всього в гідросфері щорічно фіксується близько 10 млн т азоту.

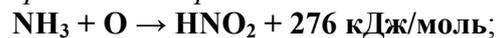
Перший етап азотфіксації – активація азоту: розщеплення його на два атоми, на що витрачається 672 кДж/моль. Наступна фаза реакції відбувається за схемою:



Реакція каталізується ферментом *нітрогеназою*, яка руйнується за наявності кисню, що вельми суттєво для екології азотфіксаторів. Так, у ціанобактерій азотфіксація здійснюється в гетероцистах, потужна оболонка яких ізолює їх вміст від доступу кисню. Висока нітрогеназна активність виявлена у вмісті кишківника морських їжаків, особливо за умов, коли вони не отримували азот з їжею: азот, що фіксувався мікроорганізмами, включався в клітини морських їжаків (*Guerinot, Patriquin, 1981*).

Наявність сполук нітрогену гальмує азотфіксацію, оскільки мікроорганізмам енергетично вигідніше використовувати готові речовини, ніж синтезувати їх. Фіксація азоту потребує значних витрат енергії, оскільки багато її йде на розривання потрійного зв'язку в молекулі азоту. Бактерії в бульбочках бобових витрачають на біофіксацію 1 г азоту близько 10 г глюкози. Слід зауважити, що і виробництво азотних добрив є найбільш енергомістким з усіх виробництв мінеральних добрив.

**Нітрифікація** полягає в окисненні аміаку до азотистої кислоти, а потім окиснення нітритів до нітратів:



Перша реакція здійснюється бактеріями роду *Nitrosomonas*, друга – роду *Nitrobacter*. Обидва роди бактерій використовують вивільнену енергію на відновлення  $\text{CO}_2$  (хемосинтез).

**Денітрифікація** – відновлення нітратів до молекулярного азоту чи  $\text{N}_2\text{O}$  – відбувається в анаеробних умовах, за яких мікроорганізми використовують для окиснення різних речовин (одержання енергії) кисень нітратів із вивільненням з них азоту. Істотну роль в цих процесах відіграють бактерії р. *Pseudomonas*. У прісних водах, особливо забруднених, значну роль в цих процесах відіграє кишкова паличка *Escherichia coli*. Денітрифікація відбувається там, де органічних речовин надходить більше, ніж кисню, необхідного для їхнього біологічного окиснення. Такі умови створюються в гіполімніоні евтрофних озер, в болотах і горизонтах ґрунтових вод зі значним притоком органіки з поверхні.

**Амоніфікація** – процес розкладу органічних азотистих речовин з виділенням аміаку – відбувається внаслідок руйнування білків організмами. Відбувається в аеробних і анаеробних умовах. Якщо при амоніфікації білків, що містять сірку, утворюються сірководень, індол, скатол, то цей процес називають гниттям. Амоніфікацію викликають мікроорганізми – амоніфікатори: гнильні бактерії, уробактерії, актиноміцети, гриби. Слід підкреслити, що процес амоніфікації притаманний практично всім організмам (реакції дезамінування). Щороку до Світового океану річками виноситься близько 10 млн. т нітрогену в йонній формі та близько 20 млн. т – у формі органічних сполук.

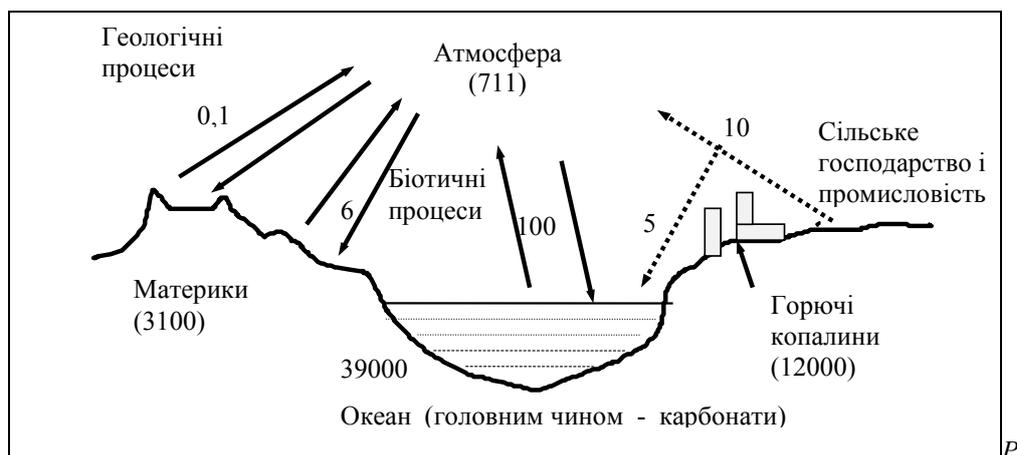
#### 8.2.1.2. Колообіг карбогену

Концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері складає близько 0,03 % (об'ємних). Загальні запаси його в атмосфері – 711 млрд. т, в осадових породах зосереджено близько 20000000 млрд. т карбогену, 39000 – у водах океану, 12000 – в горючих копалинах. Відносно постійний рівень діоксида вуглецю в атмосфері підтримується, головним чином, зеленими рослинами та карбонат-бікарбонатною системою гідросфери. Атмосфера і океан тісно пов'язані між собою обміном діоксида вуглецю, що здійснюється через поверхню океану. Щороку близько 100 млрд. т атмосферного двоокису вуглецю розчиняється у воді і приблизно стільки ж його заміщується  $\text{CO}_2$  з океану. Головний шлях цього колообігу – з  $\text{CO}_2$  – у живу речовину та зворотній процес – із живої речовини – в  $\text{CO}_2$ :



Крім  $\text{CO}_2$  в атмосфері вуглець представлений також СО – близько 0,1 частина на мільйон, і метаном ( $\text{CH}_4$ ) – близько 1,6 частин на мільйон. Як і  $\text{CO}_2$ , ці сполуки знаходяться у стані активного колообігу, час обертання менше місяця для СО і 3,6 року для метану та 4 роки – для  $\text{CO}_2$ . (рис. 8.3).





ис. 8.3. Колообіг карбогену в  $10^{15}$  г (за Ю. Одум, 1986) [18]

Слід відзначити, що метан відіграє важливу роль у підтриманні стабільності озонового шару. Основна кількість метану утворюється у водноболотних угіддях та на мілководді морів.

Із  $\text{CO}_2$  значною мірою пов'язаний і **парниковий ефект** – властивість тропосфери Землі утримувати теплове випромінювання земної поверхні (видиме світло проходить через атмосферу, а інфрачервоні промені, які йдуть від земної поверхні, поглинаються вуглекислим газом (на 64%, метаном – 20%, оксидами азоту – 6% та деякими іншими), що істотно впливає на температурний режим, і саме зі зростанням концентрації  $\text{CO}_2$  пов'язують підвищення температури на нашій планеті.

Розглянемо баланс  $\text{CO}_2$  у водних екосистемах. Збагачення води на  $\text{CO}_2$  відбувається в результаті його інвазії з атмосфери, дихання водних організмів, виділення з різних сполук, в першу чергу з солей вугільної кислоти. Зниження концентрації  $\text{CO}_2$  відбувається внаслідок евазії в атмосферу, споживання фотосинтетиками та зв'язування в солі вугільної кислоти. Коefіцієнт абсорбції  $\text{CO}_2$  за температури  $0^\circ\text{C}$  дорівнює 1,713. Відповідно, за нормального вмісту газу в атмосфері 0,3 мл/л в 1 л води може розчинитися:

$$0,3 \text{ мл} \times 1,713 = 0,514 \text{ мл } \text{CO}_2.$$

Зі зростанням температури і солоності нормальний вміст двоокису вуглецю у воді знижується. Частина молекул  $\text{CO}_2$  реагує з водою, утворюючи вугільну кислоту, яка потім дисоціює:



У цій системі співвідношення окремих компонентів залежить від рН середовища. Йони  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{CO}_3^{2-}$ , реагуючи з іонами металів, утворюють солі, з яких найбільше значення мають карбонати магнію і кальцію. Розчинність  $\text{CaCO}_3$  незначна і вже при невеликих концентраціях вона випадає в осад. Коли ж вода підкислюється, карбонати перетворюються на розчинні бікарбонати. Розчинення монокарбонатів може тривати до того часу, аж поки весь їхній запас не перейде в бікарбонати. Зворотній процес відбува-

ється при збільшенні лужності води. Таким чином, у природних водах існує потужна буферна система, що завадить значним коливанням  $\text{CO}_2$  і рН середовища. Вуглекислота карбонатів називається зв'язаною, а розчинна у воді – вільною.

$\text{CO}_2$  є джерелом вуглецевого живлення автотрофів. У незначних кількостях вуглекислота необхідна і тваринам для регуляції метаболізму і синтезу органічних речовин. У результаті реакцій карбоксилювання вуглець включається до складу білків, вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот.

За певної (оптимальної) концентрації вуглекислота в середовищі мешкання гідробіонтів є важливою фізіологічно активною речовиною, необхідною для нормального протікання метаболічних процесів, пов'язаних з синтезом основних органічних сполук. Той факт, що підвищення рівня розчиненої у воді вуглекислоти пов'язане з підвищеною її утилізацією в реакціях карбоксилювання, притаманних костистим риbam, безхребетним тощо, має важливе екологічне значення (Романенко та ін., 1980). Дослідження, проведені на водних тваринах, показали існування певного зв'язку між інтенсивністю протікання реакцій карбоксилювання в їх організмі та концентрацією розчиненої у воді вуглекислоти.

### 8.2.1.3. Колообіг сірки

Сірка присутня у воді у складі сульфатного і сульфідного йонів, у вільному стані, у формі  $\text{H}_2\text{S}$  та інших. Із атмосфери сірка в складі тих чи інших сполук потрапляє у водойми. Вихід її з гідросфери пов'язаний, головним чином, з виділенням  $\text{H}_2\text{S}$ , зв'язуванням в осадах і біотичним шляхом (вилучення організмів людиною, птахами тощо). У межах водойми колообіг сірки зводиться до її відновлення до сірководню в анаеробних умовах і окисненню її за наявності вільного кисню. Обидва процеси пов'язані зі життєдіяльністю організмів.

У прісних водах сірководень утворюється в результаті анаеробного розпаду органічних речовин в ґрунті і придонних шарах води. Інший шлях утворення сірководню – відновлення сульфатів у процесі дисимільаторної сульфатредукції, яка у величезних масштабах здійснюється в морях. Відновлення сульфатів йде за участю сульфатредукуючих бактерій, зокрема прісноводної *Desulfovibrio desulphuricans* і морської *D. aestuarii*.

Сульфатредукуючі бактерії, будучи анаеробами і гетеротрофами, використовують сульфати як акцептори водню при метаболічному окисненні (“сульфатне дихання”), подібно тому, як нітрат- і нітритредукуючі бактерії віддають електрони аніонам, що містять кисень, за відсутності вільного  $\text{O}_2$ . Як субстрати, що окислюються, використовуються деякі органічні кислоти і водень. Саме завдяки діяльності сульфатредукуючих бактерій насичена сірководнем водна товща Чорного моря, придонні горизонти Каспійського моря, багатьох інших акваторій. Сірководень утворюється там, де достатньо сульфатів та анаеробні умови.

У морських і континентальних водоймах сірководень окиснюється за наявності кисню частково хімічним шляхом, а переважно – в результаті життєдіяльності різноманітних бактерій. Безбарвні мікроаерофільні сіркобактерії, зокрема нитчасті *Beggiatoa*, *Thiothrix* та інші окиснюють сірководень до елементарної сірки, яка осаджується всередині клітин. Подальше окислення її відбувається, коли сірководень у зовнішньому середовищі вичерпується. Енергія, що вивільняється, використовується на відновлення  $\text{CO}_2$  (хемосинтез). Інший шлях біологічного окислення  $\text{H}_2\text{S}$  пов'язаний з життєдіяльністю ряду фотосинтезуючих зелених і пурпурових бактерій, які використовують сірководень як донатор водню.

Дисбаланс окремих складових колообігу сірки, викликаний діяльністю людини (головним чином, спалюванням сірковмісних видів палива, передусім – вугілля у печах ТЕЦ, внаслідок чого утворюється  $\text{SO}_2$ . Окиснюючись киснем повітря під дією ультрафіолетового випромінювання, він переходить в  $\text{SO}_3$ , котрий, сполучаючись з водяною парою, утворює сульфатну кислоту) є однією з причин «кислотних дощів»

### 8.2.2. Осадний цикл. Колообіг фосфору

До елементів осадного циклу належать фосфор, залізо, калій, кальцій, магній та інші елементи, які практично не утворюють газоподібних сполук. *Головними рисами осадного циклу є розбалансованість і однонаправленість. Їх резервний фонд знаходиться в літосфері, а ступінь замкненості цих колообігів у порівнянні з колообігами газоподібних речовин незначний.* Розглянемо цей тип колообігу на прикладі фосфору.

Фосфор належить до найбільш дефіцитних елементів біосфери – відношення (вміст у живій речовині)/(вміст у земній корі) для фосфору найвище з біогенних елементів, тому він найчастіше є лімітуючим біопродуктивності екосистем фактором.

Колообіг фосфору в біосфері внаслідок нелетючості його сполук не збалансований. Головні запаси його зосереджені в гірських породах, з яких поступово водорозчинні фосфати потрапляють у наземні екосистеми. Внаслідок вимивання фосфати потрапляють у континентальні водойми. Щорічно річками виноситься до Світового океану близько 2 млн. т. фосфору. Зворотній шлях фосфору з океану на суходіл і в континентальні водойми вкрай обмежений і пов'язаний, головним чином, з виловом риби та інших морепродуктів людиною і птахами та з анадромними міграціями риб. Зокрема, враховуючи, що середньобагаторічні величини промислу риби складають близько 70 млн. т/рік, а середній вміст фосфору в тілі риб складає близько 0,8% на сиру вагу (Гандзюра, 1985, 1986), отримуємо 560 000 т, що на порядок (!) більше від величини (60000 т), що цитується в більшості підручників з екології, зокрема Ю. Одума [18] (т. I. с. 211) !

У зв'язку з інтенсифікацією сільського господарства все більше фосфору потрапляє до внутрішніх водойм, викликаючи їх евтрофікацію (знач-

Удалено: 7

не зростання продуктивності, що часто знаходить свій прояв у “цвітінні” водойм тощо).

### 8.2.3. Колообіг води та його значення

*„Вода – візничий природи” (Леонардо да Вінчі)*

Вода – найпоширеніша речовина у біосфері. Світові запаси води складаються з рідкої (солоня і прісна), твердої (прісна) і газоподібної. Загальний об’єм води на нашій планеті сягає 1500 млн. км<sup>3</sup>. На площу відкритого водного дзеркала (362 млн. км<sup>2</sup>) припадає близько 71% від загальної площі поверхні Землі (близько 510 млн. км<sup>2</sup>).

Океани і моря (рідка солоня вода) складають близько 97% усієї води. З решти 3% три чверті зберігається у вигляді полярних крижаних шапок і в льодовиках (24 млн. км<sup>3</sup>). Середній вміст водяного пару в атмосфері відповідає товщині шару води 3 см.

Водна оболонка Землі представлена Світовим океаном, підземними водами і континентальними водоймами, в яких сконцентровано відповідно близько 1370, 6 і 0,23 млн. км<sup>3</sup> води.

Під впливом сонячної енергії відбувається безперервний колообіг води. Щорічно з поверхні Світового океану випаровується близько 453 тис. км<sup>3</sup> води, із суходолу – 72 тис. км<sup>3</sup>. Та ж сумарна кількість води (в середньому 525 тис. км<sup>3</sup>) випадає на Землю у вигляді опадів, але на Океан їх припадає відносно менше, ніж на суходіл (відповідно 411 і 114 тис. км<sup>3</sup>). Різниця у водному балансі в Світовому океані, що виникає при цьому, поповнюється річковим стоком, що в середньому складає 42 тис. км<sup>3</sup> в рік (рис. 8.4).

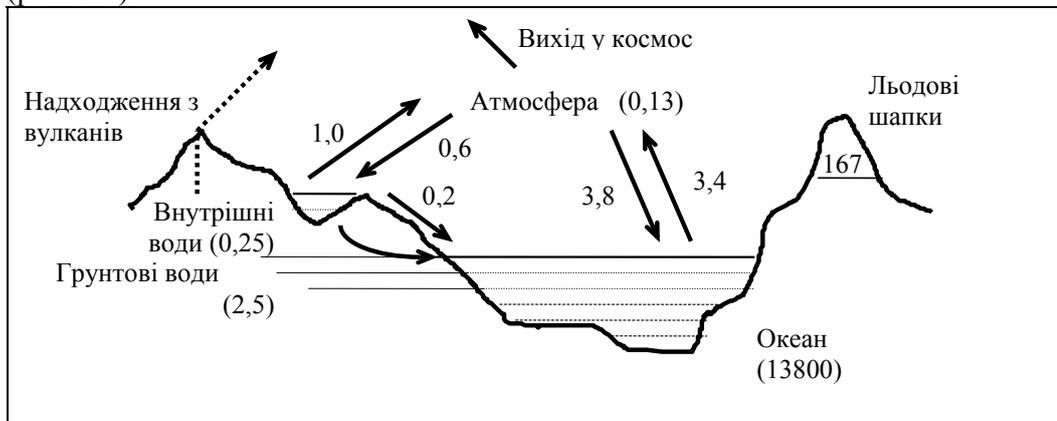


Рис. 8.4. Колообіг води (10<sup>20</sup> г/рік; за Одум, 1975) [17]

Територія України з півдня омивається водами Чорного і Азовського морів, які в системі Світового океану займають ізольоване внутрішньоматерикове положення. Берегова лінія Чорного моря в межах України має

довжину 1540 км. З берегової лінії Азовського моря, яка простяглася на 2686 км, більше половини знаходиться на території України.

Континентальні водні об'єкти України представлені природними (озера, річки, болота) та штучно створеними водосховищами річкового типу, водоймами-охолоджувачами теплових і атомних електростанцій, ставами рибогосподарського призначення, каналами територіального перекидання водного стоку.

Водні ресурси України є обмеженими і дуже нерівномірно розподіленими за територією. Сумарна величина стоку річок України (без Дунаю) в середній за водністю рік становить  $87,1 \text{ км}^3$ , з них на території країни формується  $52,4 \text{ км}^3$  води. *Щодо водозабезпеченості, то населення України належить до найменш забезпечених водою країн Європи: в Україні воно складає 1,71 (тис.  $\text{м}^3$  на рік на людину). Схожі величини цього показника у Польщі (1,72) і Румунії (1,76), Чехії і Словаччині (по 1,9). У Норвегії (96,9), Росії (29,6), Швеції (24,1), Фінляндії (22,5), Ірландії (13,7), Латвії (12,2), Естонії (10,1), Білорусії (5,58). Найнижчі значення цей показник має в Угорщині (0,61), Нідерландах (0,78), Люксембурзі (0,94) і Німеччині (1,32).*

На території України протікає 63119 річок, які формують рясну мережу водотоків загальною довжиною понад 206 тис. км. Щільність річкової мережі складає 0,25 км на  $1 \text{ км}^2$  території. За винятком Західного Бугу, який належить до басейну Вісли, всі інші річки належать до басейнів Чорного і Азовського морів.

Усі річки поділяються на три категорії: малі, середні і великі. В основу такого поділу покладено розмір водозбірної площі.

*До малих річок належать водотоки, водозбірна площа яких не більша від  $2000 \text{ км}^2$ . При цьому вона повинна розміщуватись в одній геоморфологічній зоні з характерним гідрологічним режимом.*

*Середні річки мають водозбірну площу  $2001-50000 \text{ км}^2$ . Вони розташовані, як правило, в межах однієї геоморфологічної зони.*

*На відміну від малих і середніх річок, великі річки охоплюють не одну, а кілька геоморфологічних зон, які можуть істотно відрізнятися за характером водозбірної площі, яка перевищує  $50000 \text{ км}^2$ .*

В Україні налічується 63029 малих річок, 81 – середніх і 9 – великих. Великі річки – це Дніпро, Прип'ять, Десна, Дунай, Тиса, Дністер, Південний Буг, Західний Буг, Сіверський Донець. За винятком Десни, Прип'яті, Тиси вони є головними річками відповідних басейнів і мають щільну мережу притоків першого, другого і наступних порядків.

### 8.3. Інформаційна структура екосистем

Крім колообігів речовин і потоків енергії екосистемам притаманні розвинені інформаційні мережі, які включають потоки фізичних і хімічних сигналів, що забезпечують взаємозв'язки елементів системи між собою та

функціонування її як єдиного цілого. Саме тому є всі підстави вважати, що екосистеми мають кібернетичну природу (від грецького – *kibernētikē* – мистецтво управління).

Проте слід підкреслити, що, на відміну від створених людиною кібернетичних пристроїв, її управляючі функції зосереджені всередині неї дифузно (а не направлені назовні і спеціалізовані). Надлишковість (коли яка-небудь функція може виконуватися кількома компонентами) підвищує стабільність системи.

Досвід роботи з фізичними мережами, зокрема телефонними, свідчить, що при зростанні числа абонентів чи дзвінків (С) число необхідних контактів (N) на телефонній станції зростає майже як квадрат С, а саме:

$$C = N(N - 1)/2$$

У 1948-1949 рр. К. Шеннон, який працював у телефонній лабораторії компанії “Белл”, довів, що витрати, пов’язані зі зростанням масштабів – невід’ємна властивість мереж, і ніякий метод їх побудови, навіть найдотепніший, не може звести нанівець цю властивість. Максимум, чого можна спромогтися досягнути в контактних мережах, – зменшити витрати настільки, що N буде зростати у ступені 1,5 (*Shannon, 1950*).

Р. Маргалеф (1951) і Р. Макартур (1955) запропонували використовувати загальновідому формулу К. Шеннона, що визначає ступінь впорядкованості системи для оцінки ступеня структурованості біоценозів:

$$H = -\sum_{i=1}^k P_i \log_2 P_i$$

де:  $P_i$  – ймовірність події,  $k$  – їх кількість.

При обчисленні різноманітності біоценозів величину, що виражає кількість інформації на один елемент (особину, одиницю біомаси тощо) позначають як  $\bar{H}$ .

Інформація всього біоценозу чи його частини в одиниці простору дорівнює добутку  $\bar{H}$  на кількість елементів (N) і позначається як H.

H і  $\bar{H}$  вираховують відповідно за формулами:

$$H = -\sum n_i \log_2 (n_i/N);$$

$$\bar{H} = -\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N),$$

де: N – загальна кількість елементів в біоценозі,  $n_i$  – кількість елементів даної групи.

**Формула Шеннона** широко використовується при визначенні видового різноманіття біоценозів і будь яких угруповань. Так, угруповання, до складу якого входить 1000 особин 10 видів матиме максимальне значення видового різноманіття за умови, коли кожний з видів представлений 100 особинами. Мінімальне різноманіття буде за умови, коли один вид нарахову-

ватиме 991 особину, а решта – представлені по одній особині кожний. Таким чином, видове різноманіття максимальне у випадку *еквітабельності* (рівнопредставленості) всіх видів, що входять до угруповання. А інформація (видове різноманіття) всього угруповання тим вища, чим більшою кількістю видів воно утворене і чим більш рівномірно представлені окремі види в угрупованні.

Видове різноманіття біоценозу, як правило, зростає в процесі екологічної сукцесії. Клімаксне угруповання зазвичай відрізняється максимальним видовим різноманіттям. Проте не слід цю закономірність сприймати як лінійну. Ретельні дослідження природних екосистем свідчать, що на завершальних етапах сукцесії видове різноманіття дещо знижується.

Цей показник (як і інформацію екосистеми в цілому) можна ефективно використовувати в цілях діагностики стану різноманітних екосистем. Будь-який негативний вплив на екосистему найчастіше призводить до зниження як видового різноманіття, так і інформації екосистеми в цілому. Проте в цілій низці випадків певний негативний вплив призводить до деякого зростання видового різноманіття. Це буває тоді, коли негативний вплив стосується в першу чергу домінантних видів. Тоді, внаслідок різкого падіння чисельності домінанта, спостерігається вирівнювання розподілу видів, зростає їх еквітабельність, що і призводить до зростання значень індексу Шеннона. Тому в кожному випадку, оцінюючи видове різноманіття, треба ретельно досліджувати реальний стан екосистеми і процеси, що в ній відбуваються.

При застосуванні інформаційних показників для характеристики екосистеми можна використовувати не лише видове різноманіття. Важливо також мати інформацію з розмаїття внутрішньопопуляційних характеристик, гільдій, консорцій, асамблей, ланцюгів живлення, життєвих циклів, геміпопуляційної структури тощо.

Згідно з *концепцією біологічного (екологічного) різноманіття* (Whittaker, 1980) – угруповання розрізняються за кількістю і "значимістю" (бажано вимірювати значимість продукцією видів – кількістю сухої органічної речовини, що синтезована на одиницю площі чи об'єму за одиницю часу) видів, що входять до нього.

#### *Гіпотези альфа-, бета- і гама-різноманіття.*

Р. Віттекер у 1960 р. запропонував розрізняти такі типи різноманіття:

- *альфа-різноманіття* (різноманіття всередині угруповання, різноманіття "у вузькому сенсі" – видове багатство, яке визначається кількістю видів на одиницю площі чи об'єму, і співвідношення кількісних показників участі видів у формуванні угруповання, яке вимірюється вирівняністю видів;

- *бета-різноманіття* (різноманіття між угрупованнями, показник ступеня диференціації розподілу видів чи швидкості змін видового складу,

видової структури вздовж градієнтів середовища; бета-різноманіття може бути виміряно числом синтаксонів одного рангу (субасоціації, асоціації тощо) або величиною *напівзміни* (англ. *half change*, *НС*) – відрізка градієнту середовища, вздовж якого змінюється половина видового складу угруповання; таким чином, повна зміна видового складу відповідає  $2НС$ ); *Гіпотеза крайового (екотонного) ефекту* (Одум, 1975) [17] – спостерігається тенденція зростання екологічного різноманіття і щільності популяцій на границях угруповань (*ефект галявини*).

Теоретично максимум видового бета-різноманіття і щільності популяцій на границях угруповань ("ефект галявини") має знаходитися там, де великі блоки місць мешкання і значна загальна протяжність границь у регіоні. В певному сенсі, прояв екотонного ефекту можна розглядати як ще один фактор, що підтверджує доцільність *концепції континууму*.

• *гама-різноманіття* (різноманіття ландшафтів, різноманіття "в широкому сенсі" – об'єднання альфа- і бета-різноманіття; найпростішим показником гама-різноманіття буде конкретна флора, список видів у межах ландшафта). Гама-різноманіття істотно залежить від температури (рис. 8.5-8.6)

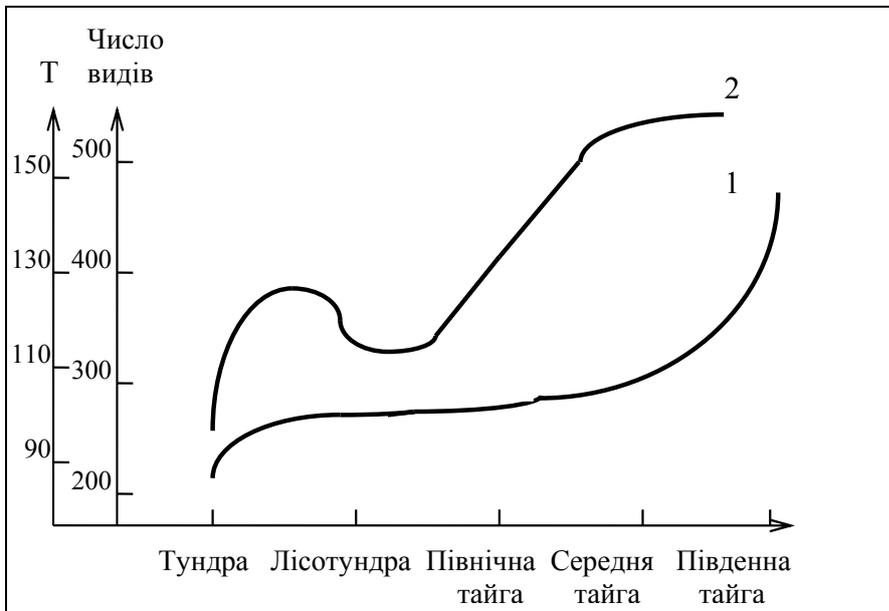


Рис. 8.5. Зміна гама-різноманіття (крива 1) рослинності на градієнті "тундра – південна тайга"; Т - число днів з температурою понад +5 °С (крива 2)



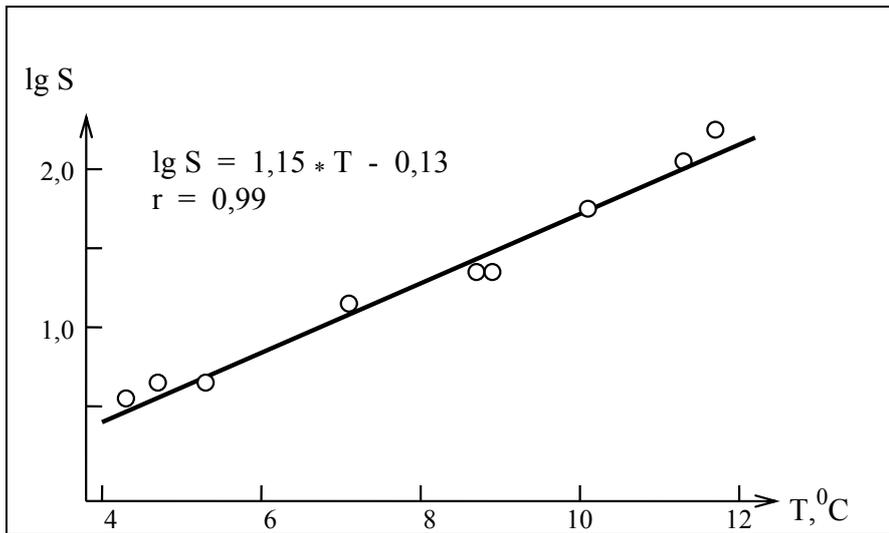


Рис. 8.6. Залежність гама-різноманіття (число видів S в конкретних фаунах турунів) від середньоліпневої температури

Р. Віттекер, крім того, розрізняв дві форми різноманіття – *інвентаризаційне* (оцінка різноманіття екосистеми різного масштабу (угруповання, ландшафт, біом) як єдиного цілого) та *диференціююче* (оцінка різноманіття між екосистемами).

*Біоценотичні принципи Тінемана* (Новиков, 1980; Дедю, 1990) – сформульовані А. Тінеманом у 1939 р. закони екологічного різноманіття, згідно з якими:

- чим різноманітніші умови мешкання в межах біотопів (більша розмірність екологічної ніші), тим більша кількість видів у данному біоценозі;
- чим більше відхиляються від норми (оптимуму) умови існування в межах біотопу, тим біднішим видами стає біоценоз і тим більше особин буде мати кожний з видів, що залишились (цей принцип Ю.І. Чернов називає *правилом компенсації*).

Таким чином, між кількістю особин і кількістю видів існує обернена залежність. Цей принцип дістав назву як *правило Крогеруса*. Одним з показників, якими оцінюють цю залежність, є *індекс Фішера–Корбета–Вільямса*. Прикладами можуть бути процес "цвітіння" водосховищ рівнинного типу (масовий розвиток синьо-зелених водоростей в умовах підвищеного рівня забруднення водойм; одна з моделей цього процесу описана в 1996 р. (С.В. Крестин, Г.С. Розенберг) і періодичний масовий розвиток у тундрі всього двох видів гризунів – лемінгів (Чернов, 1991).

*Закони різноманіття Жаккара* (Дедю, 1990) – встановлені на прикладі фітоценозів французьким флористом П. Жаккаром (P. Jaccard, 1928) наступні закономірності:

- видове багатство території (гама-різноманіття) прямо пропорційне різноманіттю її екологічних умов;

• видове багатство угруповання (альфа-різноманіття) зростає одночасно з розширенням площі та зменшується в міру збільшення однорідності останньої (за винятком екстремальних показників температури, аридності, концентрації солей тощо).

**Модель (крива) «число видів/площа»** – зростання видового багатства зі збільшенням площі облікової одиниці. Низка теоретичних побудов (Розенберг, 1989) дозволила створити модель залежності площі опису (**S**) від числа видів ( $n_s$  – середня кількість видів в описі на ділянці розміру **S**) для заданої частки обліку видів ( $p^*$ ) на ділянці розміру **S**.

Згідно з **правилом Дарлінгтона** (взаємозв'язку розмірів острова з числом видів) – зменшення площі острова в десять разів, як правило, скорочує кількість тварин, що мешкають на ньому (зокрема, амфібій і рептилій) удвічі (Darlington, 1957). Як підтвердження цього правила Ф. Дарлінгтон (1966) дослідив співвідношення між площею островів Вест-Індії та кількістю видів амфібій і рептилій на них (табл. 8.2)

Таблиця 8.2. Площі островів та кількість видів амфібій і рептилій на них

Приблизна площа, кв. миль	Теоретична кількість видів	Реальне число видів
40000	80	76-84
4000	40	39-40
400	20	-
40	10	9
4	5	5

Цікаві міркування про розвиток екосистем можна знайти у різних авторів. Деякі з них (Букварева, Алешенко, 1997) виходять з того, що зростання різноманіття (складності) не є критерієм ефективності розвитку біосистем у цілому, їх мета – “...екстремізація якогось іншого параметру. В якості одного з найбільш загальних критеріїв ефективності біосистем можна розглядати комплекс, що об'єднує мінімізацію виробництва ентропії і максимізацію інтенсивності потоків речовини, енергії чи інформації через систему...”. На основі цього припущення автори пропонують розрізняти динаміку оптимального рівня біорізноманіття у середовищі, яке стохастично змінюється для систем з чіткою функціональною структурою (наприклад, угруповання) і систем з більш чи менш однотиповими взаємозамінюваними елементами (популяція). В умовах дестабілізації середовища різноманіття перших зменшується, а других – зростає. За стабільності факторів середовища йдуть зворотні процеси.

У 1981 р. екологи Стенфордського університету (США) Пол і Енн Ерліх писали: різноманіття подібно заклепкам літака – кожна заклепка грає маленьку, проте вагому роль для нормального функціонування цілого. Втрата будь-якої із заклепок послаблює систему, а при втраті певної їх кількості загибель системи стає неминучою. В 1991 р. австралійський еколог

Б. Вокер писав: більшість видів у екосистемі "надлишкові" і нагадують, швидше, пасажирів літака, ніж його заклепки. Ці моделі стали предметом обговорення на Міжнародній конференції з оцінки глобального біорізноманіття (27 лютого–3 березня 1994 р., Каліфорнія, США).

На цій конференції наводилися приклади як на користь "моделі заклепок" (в експерименті було отримано позитивний кореляційний зв'язок приросту фітомаси і числа видів в угрупованні однорічних трав), так і "моделі пасажирів" (ліси помірної зони Північної півкулі характеризуються майже однаковою продуктивністю при значних відмінностях у них числа видів дерев і кущів: у лісах Східної Азії – 876 видів, Північної Америки – 158, Європи – 106).

Як міру неоднорідності (структурованості) угруповання за якоюсь ознакою (I) можна використовувати індекс P (Федоров, 1973):

$$P = (\sqrt[k]{I_1 I_2 \dots I_k}) / \bar{I};$$

де: k – кількість досліджених компонентів; I – кількісний вираз дослідженої ознаки в певному компоненті;  $\bar{I}$  – середнє значення ознаки.

Зростання видового різноманіття в процесі сукцесії призводить до зростання ефективності використання доступної енергії, що, в свою чергу, призводить до загального зростання біомаси екосистеми. З іншого боку, ускладнення структури неминуче призводить до зростання частки енергії, що йде на підтримання впорядкованості системи, тобто на "відкачування ентропії". Результатом взаємодії цих процесів і буде певний рівень видового різноманіття та певна концентрація живої речовини на одиницю доступного потоку енергії.

У клімаксісних угрупованнях практично вся енергія системи витрачається на підтримання її впорядкованості. Таким чином, зрілі екосистеми характеризуються максимальними величинами валової продукції та відношенням:

$$\text{(валова продукція)/(дихання)} = 1,$$

$$\text{тобто } P_v/R = 1,$$

а чиста продукція такої системи близька до нуля ( $P_c = 0$ ),

що і є кількісною характеристикою термодинамічної рівноваги клімаксісного угруповання. Клімаксісні екосистеми – вологі тропічні ліси, екосистеми коралових рифів тощо – це зрілі екосистеми, чиста продукція яких близька до нуля, хоча вони і відрізняються колосальною валовою продуктивністю, високим видовим різноманіттям, максимальною замкненістю колообігів біогенних елементів. Це системи, які практично всю доступну енергію витрачають на самовпорядкування, тобто на «відкачування» ентропії.

Отже, клімаксісна екосистема знаходиться у стані термодинамічної рівноваги, і енергетичних ресурсів для подальшого ускладнення її структури

практично не залишається, що і призводить до стабілізації структурно-функціональної організації екосистеми.

### 8.3.1. Механізми регуляції екосистемних процесів

Усі біологічні та екологічні системи є саморегульованими системами зі здатністю до самоорганізації та накопичення негентропії. Механізми регуляції забезпечують стійкість системи та її адекватні зміни в умовах середовища, які постійно змінюються. *В основі регуляції будь-яких процесів лежить механізм зворотнього зв'язку.* Якщо вихідні параметри системи впливають на вхідні, то система регулюється петлею зворотнього зв'язку (рис. 8.7)



Рис. 8.7. Механізм зворотнього зв'язку

Якщо зростання вихідних параметрів призводить до зростання вхідних, має місце *позитивний зворотній зв'язок*, у протилежному випадку – *негативний*. Реалізований механізм негативного зворотного зв'язку ми спостерігаємо в будові механізму регуляції рівня води в надунітазному бачкові. Коли рівень води в ньому сягає мінімуму (при спусках води), максимальньо відчиняється отвір, з якого наповнюється водою бачок. У процесі наповнення поплавки піднімаються і через важіль зменшує отвір водотічного сифону, аж поки не зачинить його зовсім. Тобто чим вищий рівень води в бачку, тим повільніше йде його наповнення водою, і нарешті, при певному її рівні тік води припиняється.

Позитивний зворотній зв'язок можна спостерігати на всіляких пожежах – чим більше полум'я охоплює довкілля, тим швидше воно поширюється, аж поки не вигорить усе, що здатне горіти, після чого пожежа припиняється.

Щодо живої матерії, то позитивний зворотній зв'язок має місце при j– подібному рості популяції, при спалахах чисельності видів, при пандеміях тощо.

Негативний зв'язок спостерігається на кожному кроці – збільшення щільності популяції вище певного рівня призводить, як правило, до зниження темпів росту особин і темпу росту популяції в цілому. Так, при S-подібному рості популяції 3- та і 4- та фази росту є прикладами негативного зворотного зв'язку; він лежить також в основі регуляції ферментативної активності, різноманітних фізіологічних процесів тощо. Так, бурхливий

розвиток фітопланктону та, відповідно, зростання його щільності призводить до зменшення проникності світла, внаслідок чого сповільнюється подальший розвиток фітопланктону. Внесення в ґрунт азотних добрив значною мірою інгібує активність азотфіксаторів.

### 8.3.2. Принцип Ле Шательє–Брауна

*Згідно з принципом Ле Шательє–Брауна будь-яке відхилення параметрів системи від рівноважного їх стану запускає механізми, які прагнуть повернути стан системи до вихідного.*

На популяційному рівні вкрай важливий механізм регуляції розмірної структури ґрунтується на виділенні гідробіонтами видоспецифічних екзо-метаболітів – речовин, що істотно впливають на темп росту представників свого виду і майже не впливають на особин іншого виду. Це явище детально досліджене на молоді риб, личинках амфібій тощо. В усіх випадках при певній концентрації організмів спостерігається максимальний темп росту, причому значно вищий, ніж при меншій концентрації організмів (типовий позитивний зворотній зв'язок!) Подальше зростання щільності особин призводить до значної диференціації в розмірах та темпові росту: група особин, що виділяються крупними розмірами, має значно вищий темп росту, ніж більшість особин. Причому, якщо цих дебелих представників вилучити, то їх місце тут же займуть інші особини з числа дрібних. Але якщо дрібні і крупні просторово розмежовані (сидять в різних акваріумах, але вода циркулює між ними, то різниця в рості та його темпах зберігається) – тут ми маємо, з одного боку, негативний зворотній зв'язок (бо в цілому темп росту значно сповільнюється), а з іншого – “спробу” популяції шляхом диференціації свого розмірного складу уникнути гострої конкуренції за трофічні ресурси (аж до канібалізму з боку крупних особин).

Досить цікавими є механізми регуляції метаболічних процесів у пойкилотермних тварин. Вважається, що “холоднокровні” тварини мають температуру тіла тотожну температурі зовнішнього середовища. Частково це так, хоч добре відомо, що у комах в польоті температура тіла значно вища від температури повітря. Окрім того, багато які пойкилотермні істоти в різний час доби, в залежності від свого фізіологічного стану, обирають певні ділянки з тією чи іншою температурою. Так, рептилії полюбляють погрітись на сонечку. Але значно менше відомо, що риби також здатні суттєво змінювати рівень свого метаболізму, вибираючи певні горизонти води з різною температурою.

Так, молодь бабця *Cottus extensus* першого року життя з озера Бір (США) живиться виключно в придонних шарах, де температура води складає 4–5<sup>0</sup>С, остракодами і придонними веслоногими ракоподібними (циклопами). Але з настанням сутінок молодь переміщується в шари води з температурою 13–16<sup>0</sup>С, де і тримається до світанку. Перебуваючи в шарах води з температурою на 9–11<sup>0</sup>С вищою, ніж у місцях живлення, молодь таким

чином підвищує рівень свого метаболізму (а відповідно живлення і росту) втричі (*Wurtsbaugh, Neverman, 1988*).

Прагнення до більш теплих ділянок після споживання їжі притаманне багатьом рептиліям, амфібіям, риbam тощо, що сприяє активації процесів травлення і пришвидшує метаболічні процеси в цілому. З іншого боку, для риб показано значення переміщення в більш холодні горизонти води для більш економного використання наявних кормових ресурсів (шляхом зниження рівня метаболізму в умовах більш низьких температур).

Дослідження термопреферендумів у ляща *Abramis brama* показало, що рівень кінцевого термопреферендуму молоді ляща при голодуванні знижується на 13–16<sup>0</sup>С у порівнянні з контролем (у ситих особин) і складає 13–15<sup>0</sup>С. Внесення корму, не залежно від пори року, призводить до вибору молоддю ляща літніх температур (26<sup>0</sup>С і вище), які, вочевидь, є оптимальними для життєдіяльності та відповідають її еколого-фізіологічному статусу. При цьому слід відзначити, що реакції вибору зони оптимуму (чи кінцевого термопреферендуму) проявляється однаково і у ситих особин, і на початкових стадіях голодування. Лише після 7–9 добового голодування виявляється тенденція до вибору голодуючими особинами більш холодних ділянок температурного градієнта. Фізіологічний стан риб, зокрема високій чи низький рівень ситості, істотно впливає на характер і динаміку реакції. Якщо на початку експерименту як ситі, так і голодні риби (коефіцієнт вгодованості за Фультоном 1,56) обирали зони кінцевого термопреферендуму на рівні 29–30<sup>0</sup>С, то після 43-х добового голодування і відновлення годування молоді (коефіцієнт вгодованості за Фультоном 1,15) відповідний рівень був на 4<sup>0</sup>С нижчим. Інтервал же обраних температур у ситих особин був вузьким, а у голодних розширювався в 2–3 рази, що можна тлумачити як пошук їжі навіть в несприятливих температурних умовах (Базаров, Голованов, 2000).

Розглянемо деякі аспекти методу, який наразі щонайширше застосовується для визначення продукції найрізноманітніших екосистем – *склянковий метод визначення продукції*, який відомий також як *метод світлих і темних склянок*. Цей метод полягає в наступному. У водоймі з певної глибини беруть проби води, визначають в них вміст кисню і заливають нею дві ємності – одну прозору, іншу – непрозору (склянку або обгортають чорною тканиною чи алюмінієвою фольгою, або ж просто задалегідь фарбують зовнішні стінки чорною фарбою). Після цього склянки розташовують (підвішують) на тій же глибині, з якої були взяті проби води. Через 24 години світлі й темні склянки виймають і визначають в них вміст кисню (за методом Вінклера або потенціометрично). У світлій склянці відбуваються процеси фотосинтезу і дихання, а у темній – лише дихання.

Подальші розрахунки зводяться до такого. Величину чистої продукції (Рч) визначають за різницею між вмістом кисню в світлій склянці після 24 годин експозиції і на початку експозиції. Величину дихання (R) визнача-

ють як різницю між вмістом кисню на початку і в кінці експозиції у темній склянці.

Нарешті, величина валової продукції ( $P_v$ ) буде сумою чистої продукції та дихання, тобто:

$$P_v = P_c + R.$$

Склянковий метод визначення продукції та деструкції давно набув популярності й наразі – це головний метод визначення продукції та складових продукційно-деструкційних процесів. Значно пізніше почали звертати увагу на ту обставину, що чим коротша експозиція, тим більша швидкість біопродукційного процесу (рис. 8.8).

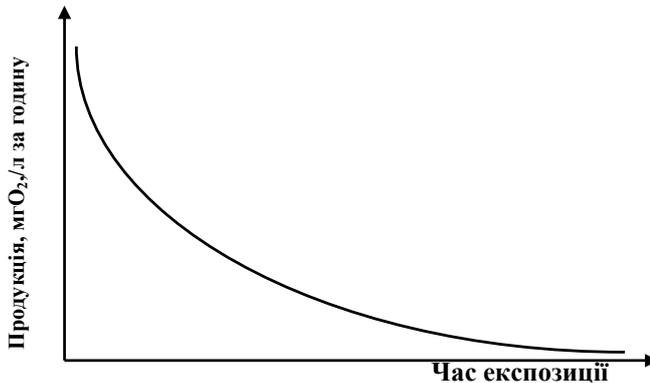


Рис. 8.8. Швидкість продукції за різної експозиції склянок

Причому, чим вищий темп продукційного процесу, тим різкіший спад його інтенсивності у склянках. Це можна пояснити низкою причин: бурхливий фотосинтез призводить до виділення значної кількості кисню, який, в умовах замкненої склянки, є потужним інгібітором самого фотосинтезу. Швидко вичерпуються запаси (у склянці) вуглекислоти і біогенних елементів.

Часто неврахування механізмів саморегуляції спотворює результати екологічних досліджень. Так, при визначенні продукції за склянковим методом, відразу після того, як вода опиняється в замкненому просторі, запускаються механізми регуляції фотосинтетичної активності. В ході фотосинтезу концентрація CO<sub>2</sub> зменшується, як і концентрація всіх біогенів, що використовуються в процесі фотосинтезу. Це неминуче знижує активність фотосинтетичної діяльності рослин; з іншого боку, зростання концентрації кисню, в свою чергу, інгібує фотосинтез. Окрім цього, як показано експериментами з радіоактивними мітками, навколо фітопланктону протягом кількох хвилин чи навіть секунд утворюється прошарок, позбавлений біогенів, що відразу блокує фотосинтез. У природних умовах це компенсується турбулентністю водних мас, переміщенням фітопланктону, потоком метаболітів (від зоопланктерів, нектонтів тощо). Таким чином, чим вищий рівень фотосинтезу, тим істотніше спотворюються результати його вимірів за методом світлих і чорних склянок.

Тут ми маємо загальну проблему: як отримати об'єктивні дані щодо швидкості затухаючого процесу. Для цього цілком достатньо буде отримати 3-4 точки швидкості процесу в часі та шляхом графічної чи математичної екстраполяції до  $t_0$  отримати реальну швидкість процесу до початку його затухання.

Таким чином, при використанні цього методу спостерігається прояв закону Ле Шательє–Брауна – зрушення рівноваги в системі запускає механізми, що прагнуть повернути її стан до вихідного.

Ретельними дослідженнями було встановлено, що склянковий метод з добовою експозицією є надійним інструментом визначення в природних умовах валової первинної продукції евтрофних водойм при біомасі фітопланктону до  $15,0 \text{ г/м}^3$ . За більш високої біомаси фітопланктону результати визначень шляхом чотиригодинних експозицій статистично вірогідно в 1,74-2,78 разів вищі, ніж за результатами добових експозицій (Щербак, 2000). А за більш інтенсивного продукційного процесу спотворення реальних результатів значно зростає (пропорційно інтенсивності біопродукційного процесу).

### 8.3.3. Механізми регуляції на екосистемному рівні

На екосистемному рівні регуляція знаходить свій прояв і в екологічній сукцесії – як авто-, так і гетеротрофна сукцесії розвиваються в напрямку досягнення термодинамічної рівноваги системи, коли вся доступна системі енергія (енергія, асимільована системою) йде на підтримання її впорядкованості. Зазвичай в ході екологічної сукцесії зростає величина валової продукції системи і загальний рівень деструкційних процесів, а співвідношення  $P/R$  прямує до 1, відповідно, чиста продукція екосистеми прямує до нуля. Стан клімаксу характеризується тим, що вся енергія йде на підтримання впорядкованості системи (*негентронії*). Це знаходить свій прояв і у взаємозв'язку речовинно-енергетичних, і інформаційних процесів в екосистемі. Стабільність системи забезпечується їх збалансованістю і узгодженістю.

Для кількісної характеристики регуляторних можливостей системи існує кілька підходів. Зокрема, можна оцінити стійкість за відношенням відносних змін чинника, що виводить систему зі стану рівноваги та відносного відхилення досліджуваного параметру системи. Так, оцінюючи можливість осморегуляторних механізмів, ми порівнюємо зміну солоності (у скільки разів) та концентрації солей в тканинних рідинах організму. На екосистемному рівні можна порівнювати рівень освітленості та рівень фотосинтезу, рівень забруднення середовища (концентрацію забруднюючих речовин) та значення найбільш вагомих параметрів екосистеми – інформаційних, речовинно-енергетичних.



### 8.3.4. Стабільність і стійкість екосистем

*Стійкістю* називається властивість системи зберігати притаманні їй риси і особливості (склад і структуру) за умов впливу факторів, що виводять систему зі стану рівноваги. Рівень досягнутої стабільності досить різноманітний і залежить як від жорсткості навколишнього середовища, так і від ефективності внутрішньосистемних механізмів управління.

Розрізняють два типи стійкості – *пружну* і *резистентну*.

#### 8.3.4.1. Пружна стійкість

Цей тип стійкості притаманний системам, котрі у відповідь на збурюючий вплив виходять зі стану рівноваги, але з припиненням дії цього чинника повертаються до вихідного стану. Характерним прикладом пружної стійкості є *пірогенні угруповання*. Час від часу вони практично знищуються внаслідок пожеж, проте досить швидко відновлюються. Каліфорнійські зарості чапараллю після кожної пожежі поновлюються повністю за кілька років. Часто їх називають пірогенними угрупованнями, бо саме підтримання притаманних їм рис забезпечується їх періодичним вигоранням.

Одним з різновидів пружної стійкості є екосистеми імпульсної стабільності. Саме їхнє існування базується на значних коливаннях. Це, зокрема, і екосистеми тимчасових водойм тощо.

#### 8.3.4.2. Резистентна стійкість

– система зберігає притаманні їй структурно-функціональні особливості до певної межі (певних значень) збурюючого чинника; але коли його інтенсивність перевищить певну (критичну) межу – система виходить зі стану рівноваги, до якого вона вже не зможе повернутися навіть після повного припинення збурюючого впливу. Так, каліфорнійські секвойні ліси досить стійкі до пожеж (завдяки товстому шару кори тощо), але при згоранні лісу він відновлюється вкрай повільно (або ж не відновлюється зовсім).

Для кількісної характеристики стійкості системи необхідно оцінити силу впливу на неї певного чинника і відповідні зміни в системі у відповідь на цей вплив. Зокрема, при резистентній стійкості визначаємо за якого інтервалу значень певного чинника система зберігає притаманні їй структурно-функціональні особливості. Так, гомойотермні тварини мають відносно постійну температуру в широкому діапазоні температур зовнішнього середовища. Пойкілотермні можуть регулювати температуру свого тіла, обираючи ті чи інші ділянки з певною температурою. Осморегулятори підтримують певний осмотичний тиск у рідинах свого тіла, а осмоконформери характеризуються ізоосмотичністю. Проте солоність 7–8‰ виявляється критичною для переважної більшості видів (явище парадоксу солонуватих вод), що свідчить про певні обмеження регуляторних можливостей організму.

Кількісна оцінка меж стійкості екосистем має виключно важливе практичне значення в екологічному прогнозуванні. Часто доводиться прогнозувати зміни в екосистемах у відповідь на різні антропогенні навантаження. Це і є, по суті, оцінкою стійкості екосистем при різних інтенсивностях впливу на них. На біосферному рівні стійкість знаходить свій прояв у відносно сталій величині концентрації вуглекислоти в атмосфері. У відповідь на зростання концентрації діоксиду вуглецю активізуються процеси фотосинтезу (відзначимо, що сучасний рівень вуглекислого газу є лімітуючим продуктивність рослин чинником), а частина  $\text{CO}_2$ , розчиняючись у воді, зв'язується карбонат-бікарбонатною системою гідросфери. Але якщо *буферна ємність* вичерпана, регуляція істотно порушується.

Підбиваючи підсумки типам стійкості систем, схематично зобразимо їх таким чином. Пружна стійкість визначається максимальною силою збурюючого впливу, після припинення дії якого система повертається до вихідного стану (рис. 8.9). Якщо ж сила збурюючого впливу виявиться більшою, ніж стійкість системи, то навіть після припинення його дії система вже може не повернутися до вихідного стану (1), а вже до якогось іншого (2 чи 3) (рис. 8.9).

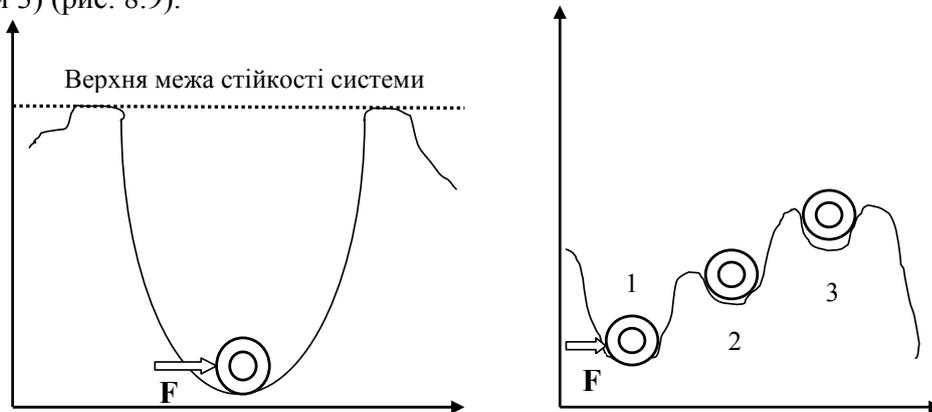


Рис. 8.9. Пружна стійкість системи: у відповідь на збурюючий вплив силою  $F$  система виходить зі стану рівноваги; після припинення його дії система може повернутися до вихідного стану (1), або ж до іншого стану (2 чи 3).

Для пружної стійкості кількісною характеристикою слугує максимальна сила впливу певного чинника, після припинення якого система здатна повернутися до вихідного стану. Важливою характеристикою є також швидкість, з якою система повертається до попереднього стану.

Для оцінки резистентної стійкості використовують максимальну силу впливу  $F$ , за якого система ще залишається на певному рівні своєї структурно-функціональної організації. Виведена ж з цього стану, зазвичай система вже до нього не повертається навіть після повного припинення дії збурюючого чинника (рис. 8.10).

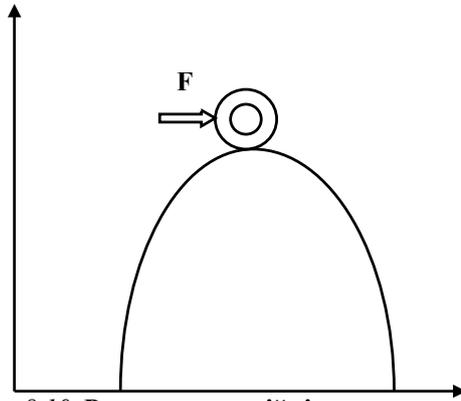


Рис. 8.10. Резистентна стійкість системи

У природних умовах зазвичай екосистеми мають переважно один тип стійкості, що забезпечується цілою низкою відповідних адаптацій. Проте у низці випадків певний тип стійкості не виражений.

Останніми десятиліттями різко загострилася проблема *біологічних інтродуцентів та інвазій*, що є безпосереднім наслідком порушення стійкості екологічних систем. Саме порушення притаманної екосистемі структурно-функціональної організації створює передумови для появи нових, не характерних даній екосистемі видів.

### 8.3.5. Динаміка екосистем

Склад, структура і функціональні параметри екосистем змінюються з плином часу. Розрізняють три головні типи динаміки екосистем: *сукцесії, флуктуації, трансформації*.

#### 8.3.5.1. Екологічна сукцесія

*Екологічна сукцесія* – закономірні зміни екосистеми під впливом, головним чином, внутрішньосистемних процесів у напрямку *клімаксного стану* (від грецького *клімакс* – драбина) – кінцева стаціонарна стадія сукцесії, що найбільше відповідає умовам певної місцевості). При цьому екосистеми, які закономірно змінюють одна одну, називаються *серіальними*, або *серіями* (озеро, болото, луки тощо). В основі сукцесії лежить, здебільшого, розбалансування продукційно-деструкційних процесів і біогеохімічних колообігів.

Якщо валова продукція перевищує загальну деструкцію, то має місце *автотрофна сукцесія*. У випадку, коли з плином часу енергоємність біомаси угруповання зменшується, спостерігається *гетеротрофна сукцесія*. Це можна записати так:

$R_{в}/R > 1; R_{ч} > 0$  (автотрофна сукцесія);

$R_{в}/R < 1; R_{ч} < 0$  (гетеротрофна сукцесія);

$R_{в}/R = 1; R_{ч} = 0$  (клімаксний стан).

де:  $P_v$  – валова продукція;  $P_{ч}$  – чиста продукція;  $R$  – дихання угруповання.

Загальновідомі такі сукцесії, як перетворення озера на болото (рис. 8.11. а), чи лісу з гаю (рис. 8.11. б).

Головною ж ознакою *клімаксного (зрілого) угруповання* є збалансованість продукційно-деструкційних процесів (скільки синтезується органічної речовини системою, стільки ж її і розкладається в процесі дихання угруповання).

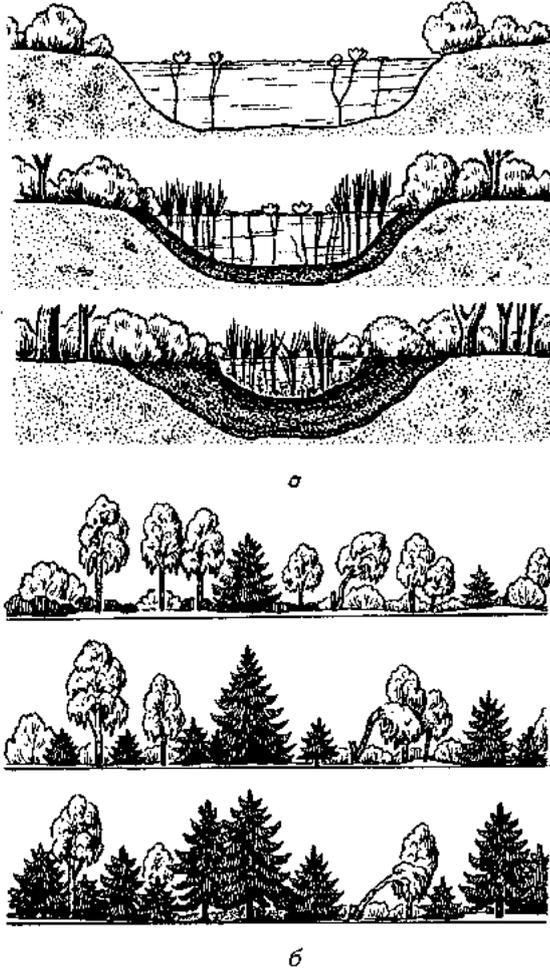


Рис. 8.11. Екологічна сукцесія: а – утворення болота з озера, б – утворення ялинового лісу з березового гаю (за Мусієнко, 2006) [72]

Розрізняють *первинні і вторинні екологічні сукцесії*.

Первинні беруть початок там, де життя було практично відсутнє – на застиглих потоках вулканічної лави, в новоутворених озерах тощо.

Вторинні відбуваються там, де угруповання було знищене під впливом певного фактора – пожежі, господарської діяльності людини тощо.

*Сукцесія – процес, що розвивається у напрямку досягнення термодинамічної рівноваги (клімаксного угруповання). Тому він передбачуваний і прогнозований.*

У ході автогенної сукцесії все більше знаходять свій прояв всі основні риси, притаманні зрілій екосистемі:

*Енергетика:*

1. Зростає біомаса і кількість детриту;
2. Зростає валова продукція за рахунок первинної;
3. Зростає дихання угруповання;
4. Чиста продукція прямує до нуля;
5. Співвідношення продукція/дихання прямує до 1.

*Біогеохімічні колообіги:*

1. Стають більш замкненими;
2. Зростає час обертання і запаси біогенних елементів.

*Структура угруповання:*

1. Змінюється видовий склад;
2. Зростає видове багатство;
3. Зростає еквітабельність видів;
4. Зростає відношення К-стратегі/ r-стратегі;
5. Ускладнюються і подовжуються життєві цикли;
6. Збільшуються розміри організмів;
7. Значного розвитку досягають мутуалістичні взаємини.

*Стабільність:*

1. Зростає резистентна стійкість;
2. Знижується пружна.

*Загальна стратегія:* Зростає ефективність використання енергії та біогенних елементів.

Важливою особливістю розвитку екосистеми є зменшення ролі абіотичного компонента при істотному зростанні біотичного. При цьому біота все більше “кондиціонує” середовище у бажаному собі напрямку. *Згідно гіпотези Геї, організми, особливо мікроорганізми, разом з фізичним середовищем, утворюють складну систему регуляції, що підтримує на Землі умови, сприятливі для життя (Lovelock, 1979).*

Прояв цієї закономірності можна спостерігати і в екосистемах коралових рифів, і вологих тропічних лісів, де навіть біогеохімічні колообіги не просто стають більш замкненими, а все більша відносна частка хімічних елементів (біогенів) зосереджена саме в живому компоненті екосистем, а колообіги таких елементів, як фосфор відбуваються практично між живими компонентами з мінімальним виходом до абіотичних складових.

Часто типи динаміки екосистем поділяють на дві групи: *зворотні* (осциляції) та *незворотні* (сукцесії та трансформації). У свою чергу, існує низка класифікацій незворотніх змін екосистем (за різними ознаками). Зок-

рема, за Міркіним і Наумовою можна виділити низку цих змін екосистем (рис. 8.12).

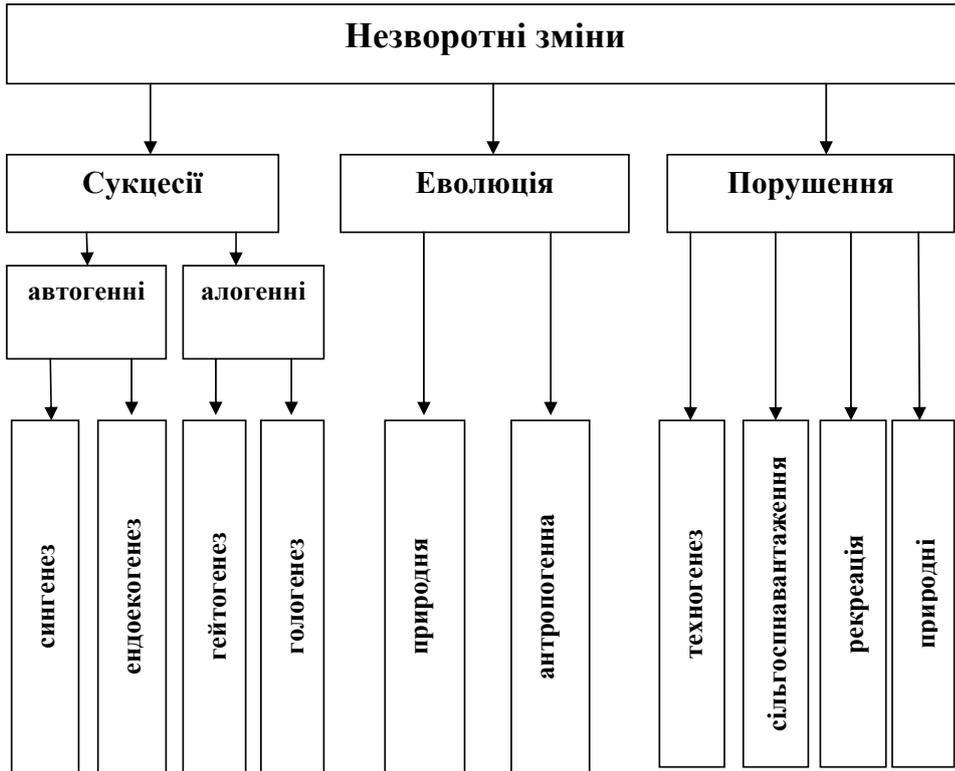


Рис. 8.12. Класифікація незворотніх змін екосистем (Миркин, 1985; Наумова, 1996)

### 8.3.5.2. Флуктуації

**Флуктуації** (від лат. *fluctuatio* – коливання) – неспрямовані, по-різному орієнтовані або циклічні (з циклом не більше 10 років; Работнов, 1983) різноманітні зміни угруповань, що закінчуються поверненням до близького до вихідного стану. Термін «флуктуація» в цьому контексті одним із перших використав американський фітоценолог Г. Глізон (G. Gleason, 1939).

Варто також згадати, що одна з популярних систем класифікації екологічних факторів базується на поділі їх на періодичні та неперіодичні (система Мончадського).

Флуктуації породжуються або коливаннями клімату, або ритмами розвитку біотичних компонентів екосистеми. Найчастіше виділяють добові, сезонні та багаторічні флуктуації.

Добові зміни угруповань пов'язані з ритмікою багатьох природних процесів, коли температура, освітленість тощо мають чітко виражену добову циклічність. Картину добової динаміки угруповань коралових рифів змальовує Р. Віттекер: «На коралових рифах Гавайських островів вдень активні багато видів риб найрізноманітнішого забарвлення. Оскільки надве-

чір освітленість зменшується, ці риби переміщуються на глибину, шукаючи укриття в розщелинах коралових рифів чи інших захищених місцях. В міру того, як у воді темніє, зі схованок з'являються і стають активними нічні риби. І денні, і нічні мешканці рифів включають різних за способом живлення представників. Багато денних видів риб живляться водоростями і планктоном, а деякі «чистять» інших риб, збираючи паразитів з їхньої шкіри. Більша частина нічних риб – це хижаки, які поїдають різних безхребетних, включаючи активний вночі планктон. Нічні риби, на відміну від денних, у більшості випадків мають оранжево-червоне забарвлення. Здається, що в певному сенсі червоний колір для морів є тим же, що сірий для суходолу. Адже більшість наземних тварин, активних уночі чи в сутінках, мають сіре або коричневе забарвлення, в той час як в океані більшість нічних та сутінкових видів риб і безхребетних – червоні. Червоний колір мають не лише нічні риби рифів, а й багато риб і безхребетних, що постійно живуть в темному середньому шарі океану – нижче освітлених поверхневих вод, але вище найглибших частин океану. Незадовго до сходу сонця нічні риби плывуть до схованок і заміщаються денними. Зворотня картина спостерігається увечері. Саме в цю частину доби, в період вечірніх і вранішніх сутінок, обидві групи найбільш уразливі для хижаків, оскільки їх колір, очі і поведінка пристосовані або до світла, або до темряви. В сутінках найбільш активна третя група риб-хижаків, що живляться іншими видами риб. Ці види забарвлені по-різному, але в цілому вони не схожі на решту груп і мають або світле, або крапчасте забарвлення. Таким чином, еволюція на рифах виробила три групи риб, кожна з яких багата видами, пристосованими до активності в різних умовах середовища – на світлі, в темряві та в сутінках” (Whittaker, 1980).

Класичним прикладом добової динаміки є вертикальні міграції планктону. Зокрема (Попченко и др., 1983), досліджували динаміку епіфітону в Саратовському водосховищі в заростях рогозу вузьколистого (*Typha angustifolia*). Ця картина відрізняється від «класичних» ілюстрацій добової вертикальної міграції планктону (Уиттекер, 1980) врахуванням не лише освітленості, але і трофічних особливостей даного угруповання. Зі сходом сонця починається фотосинтетична діяльність нижчої і вищої рослинності; водорості при цьому тримаються біля поверхні води (шар 0-20 см). За ними, з деяким запізненням у часі, мігрують безхребетні (головним чином, фільтратори і седиментатори). Це створює вранішній пік чисельності біля поверхні у період з 6 до 10 годин.

Вдень, коли сонце досягає зеніту, у зв'язку з пригнічуючим впливом прямих сонячних променів, активність фотосинтезу знижується, альгофлора переміщується до дна (придонний шар 20–60 см); рухаючись за водоростями як кормовими об'єктами біля дна скопичуються і безхребетні, утворюючи денний пік (з 10 до 14 годин). В міру настання сутінок водорості, а за ними і тварини, поступово піднімаються вгору, рівномірно розподіляючись по стеблам рогозу і товщі води від дна до поверхні.

Увечері (з 18 годин) і водорості, і зоопланктон повільно переміщуються в шар води 60-80 см, а після заходу сонця (з 22 годин) зосереджуються біля самого дна, утворюючи нічний пік чисельності гідробіонтів (рис. 8.13).

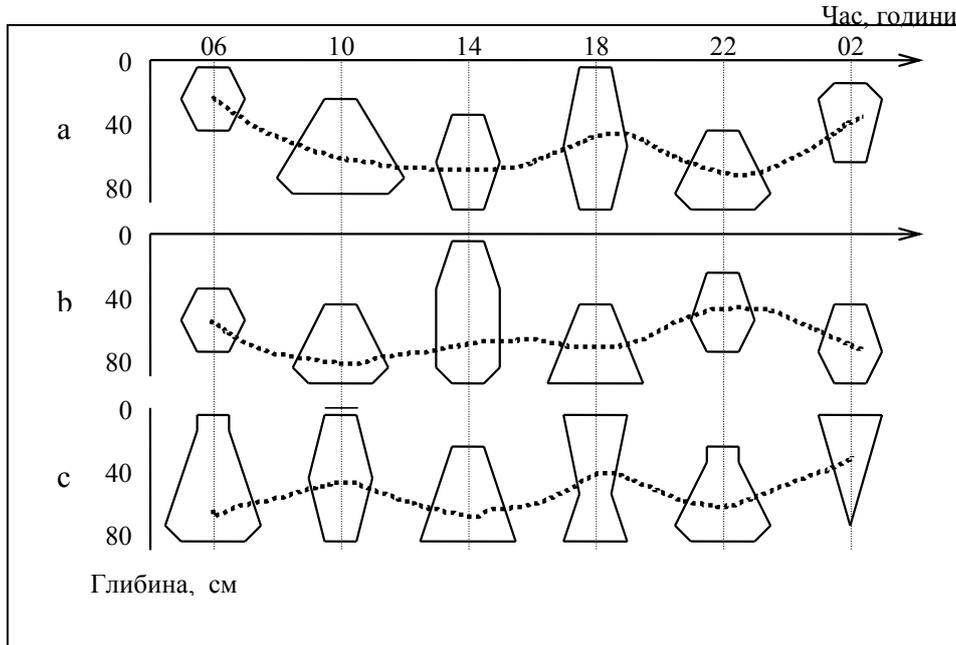


Рис. 8.13. Добова вертикальна динаміка фітопланктону (а), мікро- (b), мезо- і макрозоофітосу (с) в липні 1979 р. у фітоценозі рогозу вузькolistяного в Саратовському водосховищі (Попченко и др., 1983)

За амплітудою та тривалістю флуктуації поділяються на такі типи (Миркин и др., 1989):

- *скриті* (зміни візуально не встановлюються);
- *осциляції* (виявляються при безпосередньому спостереженні);
- *дигресійно-демутаційні* (амплітуда і тривалість змін перевищує "середньоаспірантський" інтервал спостережень, тобто понад 5-6 років). Работнов (1983) розрізняє такі типи флуктуацій за факторами впливу.
- *Екотопічні (кліматогенні) флуктуації* – найбільш поширений тип флуктуацій. Різнорічна мінливість параметрів екосистеми (наприклад, чисельність, продуктивність чи біомаса) може досягати порядків. Так, кількість зайців за 80 років спостережень (класична система "зайці – рисі") змінювалась більш ніж у 100 разів, рисі – більш ніж у 50 разів. *Фітоциклічні флуктуації* притаманні рослинним угрупованням і пов'язані з особливостями біологічних ритмів рослин. Наприклад, дуб (*Quercus robur*) рясно плодоносить усередньому один раз на чотири роки і, природно, на наступний після масового плодоношення рік у рослинному угрупованні буде багато його проростків.



- *Зоогенні флуктуації* обумовлені масовим розвитком якогось виду тварин (наприклад, сарана, непарний шовкопряд тощо), що істотно змінює всю екосистему.
- *Антропогенні флуктуації*. Ці зміни пов'язані з короткотерміновим і не спрямованим впливом людини на екосистеми. Наприклад, перевипасання може призвести до значних змін структури травостою пасовищ (Наумова, 1996).

Згідно з принципом Ле Шательє–Брауна при зовнішньому впливі, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, рівновага зміщується в тому напрямі, в якому ефект зовнішнього впливу послаблюється. При цьому, чим більше відхилення від стану екологічної рівноваги, тим істотнішими мають бути енергетичні затрати для послаблення протидії екосистеми цьому відхиленню.

Для розуміння ролі коливальних процесів у екосистемах важливо згадати *принцип нерівноважної динаміки Пригожина–Онсагера* (даний принцип називається «Теоремою Пригожина»). Цей принцип обговорювався Л. Онсагером у 1931 р. і був розвинений в працях І. Пригожина (1947, 1986 та ін.). «Тут ми підходимо до одного з наших головних висновків: на всіх рівнях, будь то рівень макроскопічної фізики, рівень флуктуацій чи мікроскопічний рівень, джерелом порядку є нерівноважність. *Нерівноважність є те, що породжує «порядок з хаосу»* (курсив авторів)” (Пригожин, Стенгерс, 1986). «Якщо стійкі системи асоціюються з поняттям термодинамічного, симетричного часу, то нестійкі хаотичні системи асоціюються з поняттям ймовірного часу, що передбачає порушення симетрії між минулим і майбутнім” (Пригожин, Стенгерс, 1994).

З позицій нерівноважної термодинаміки еволюція має задовольняти три основні вимоги:

- незворотність, яка виражається в порушенні симетрії між минулим і майбутнім;
- необхідність запровадження поняття «подія»;
- деякі події повинні мати здатність змінювати хід еволюції.

*Умови формування нових структур:*

- відкритість системи;
- її стан далекий від рівноваги;
- наявність флуктуацій.

“В основі процесів розвитку біосистем лежить протиріччя між випадковістю і закономірністю, свободою вибору і надійністю пам'яті, хаосом і структурою тощо” (Букварева, Алещенко, 1997). Новоутворення створюються нелінійними системами, які можуть мати декілька стійких станів. *Перейшовши границю стійкості система потрапляє в критичний стан, який називається точкою біфуркації*. В цій точці навіть незначна флуктуація може вивести систему на інший шлях еволюції і різко змінити її структуру і поведінку. Це і називається *подією*. Таким чином, випадковість і

необхідність доповнюють одна одну, визначаючи долю відкритої системи. Властивості *відкритих* (нерівноважних) і *закритих* систем істотно відрізняються (табл. 8.3).

Таблиця 8.3. Властивості відкритих і закритих систем (Горелов, 1997)

Відкриті системи	Закриті системи
Система "адаптується" до зовнішніх умов, змінюючи свою структуру	Для переходу з однієї структури до іншої необхідні сильні збурення або зміни граничних умов
Наявність великої кількості стаціонарних станів	Один стаціонарний стан
Висока чутливість до випадкових флуктуацій	Нечутливість до флуктуацій
Нерівноважність – джерело порядку (всі елементи системи діють узгоджено) і складності	Елементи системи поводять себе, певною мірою, незалежно один від одного
Фундаментальна невизначеність (непередбачуваність) поведінки системи	Поведінка системи детермінована

У точці біфуркації флуктуація досягає такої сили, що структура системи не витримує і руйнується; в цьому випадку принципово неможливо передбачити чи стане динаміка системи хаотичною чи вона перейде на новий, більш високий рівень впорядкованості, який І. Пригожин назвав **дисипативною структурою** (для підтримання цієї структури необхідно більше енергії, ніж для підтримання більш простих структур, на зміну яким вона прийшла). *“Дисипативні структури існують лише постільки, постільки система дисипує (розсіює) енергію і, відповідно, виробляє ентропію. З енергії виникає порядок зі зростанням загальної ентропії. Таким чином, ентропія – не просто беззупинне сповзання системи до стану, позбавленого будь-якої організації..., а за певних умов стає праматір’ю порядку”* (Горелов, 1997).

Флуктуації – циклічні зміни в екосистемах під впливом циклічних процесів – періодів доби, сезонів року, фаз Місяця тощо. Кожна екосистема, залишаючись собою, має зовсім інший вигляд у різні пори року, часто і в різний час доби тощо. Природню цикліку необхідно враховувати і при порівнянні окремих екосистем між собою, оскільки в різний час одна і та ж екосистема мало на себе схожа! Циклічні зміни досить правильно чергуються у часі, а тому вони передбачувані й прогнозовані. Колосальну інформацію щодо різних аспектів сезонних явищ у природних екосистемах накопичено **фенологією – наукою про сезонні явища природи, терміни їх настання і причини, що визначають ці терміни.**

Засновником фенології вважають Р. Ремюра, який в 1735 році встановив залежність сезонного розвитку рослин від різних метеорологічних факторів. У 1748 році К. Лінней запропонував створити мережу пунктів фенологічних спостережень.

Знання фенологічних закономірностей має виключно важливе значення, зокрема, для прогнозування різноманітних сезонних явищ і процесів. Так, багаторічні дослідження міграцій птахів на території України дозволили встановити їх загальні закономірності та ефективно використовувати їх при прогнозуванні орнітологічної ситуації (праці професора Київського національного університету імені Тараса Шевченка В.В. Серебрякова та його школи).

### 8.3.5.3. Трансформації

Трансформацією зазвичай називають зміни екосистем під впливом потужного зовнішнього чинника – антропогенного чи природного. Тому це, здебільшого, деградаційні зміни, що супроводжуються руйнацією екосистем, розбалансуванням внутрішньосистемних процесів, зниженням видового різноманіття та спрощенням інформаційної структури, розкорельованістю речовинно-енергетичних процесів тощо. Типовими взірцями трансформованих екосистем є урбанізовані території. Водночас варто підкреслити, що наразі переважна більшість екосистем є істотно антропогенно трансформованими системами.

Розглянемо трансформацію екосистеми на прикладі Азовського моря, яке завжди вважалося одним з найбільш продуктивних (у тому числі рибопродуктивних) у світі. В 1930–60 рр. вилов риби в ньому досягав 85 кг/га на рік, головним чином за рахунок тюльки, судака, ляща та хамси. Максимальна глибина Азовського моря 14,4 м, солоність близько 10,5‰. Останніми десятиліттями Азовське море опинилося під потужним антропогенним впливом, пов'язаним із зарегулюванням стоку Дону і Кубані, що знайшло своє відображення на водному режимі моря, зростанні об'єму стічних вод промислового і сільськогосподарського походження, інтенсифікації судноплавства тощо. Це істотно підірвало запаси бентосу і риб-бентофагів. Цьому сприяли і геологорозвідувальні роботи з пошуку нафти і газу, звалювання в море забруднених ґрунтів із акваторій портів і судноплавних каналів (дампінг) тощо.

У період інтенсивної хімізації сільського господарства на півдні Росії і в Україні (друга половина 60-х – 80-ті роки), зі стоком Дону і Кубані зросло надходження добрив і пестицидів у море. Внаслідок цього відбулася *евтрофікація* і обумовлене нею “цвітіння” води, а також накопичення залишків пестицидів в трофічних ланцюгах і акумуляція їх в тілі риб, особливо хижаків. Тяжко вдарило по рибним запасам розорювання заплавної луки – нерестовищ риб і засмокування великої кількості мальків у різноманітні водозабірні споруди. І все ж таки, навіть за цих несприятливих умов екосистема Азовського моря виявилася досить стійкою, а загальний вилов риби досягав 250 тис. т/рік, або в середньому 66 кг/га – переважно за рахунок дрібних пелагічних видів – хамси і тюльки. Антропогенний прес на пелагіаль виявився меншим, ніж на бенталь і планктон Азовського моря продовжував розвиватись досить інтенсивно.

У 1990-ті роки, у зв'язку з економічною кризою та спадом виробництва масштаб антропогенного навантаження на море знизився, токсикогенний стік з полів втратив своє колишнє значення і можна було сподіватися, що рибопродуктивність Азовського моря почне зростати. Проте відбулося несподіване: в Азовське море з Чорного, разом з водними масами відбулося вторгнення занесеного з Атлантичного океану реброплава мнеміопсис (*Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz), який знайшов тут багаті кормові ресурси у вигляді зоопланктону, а також іхтіопланктону. За короткий термін кормова база пелагічних риб виявилася підірваною, промислові запаси впали до критичного рівня. Рибна промисловість Росії і України в цьому регіоні зазнала величезних, небачених раніше збитків.

У Чорному морі поодинокі екземпляри цього виду реброплава були помічені ще в 1982 році, проте вже наприкінці 80-х його загальна біомаса в морі досягла одного мільярда тон. Із Чорного моря мнеміопсис, завдяки системі течій, розселився в сусідні моря – Азовське, Мармурове, Егейське та Середземне.

Слідом за мнеміопсисом в Азовське море вселився і [реброплав \*Beroe ovata\*](#), який є антагоністом мнеміопсиса, і він вже починає обмежувати його чисельність. Загалом збитки, завдані мнеміопсисом рибному промислу оцінюються в 43 млн. доларів США щорічно. Вченими обґрунтовано метод регуляції щільності мнеміопсиса шляхом вселення його вида-антагоніста – *Beroe ovata*.

Удалено: гребінець

Таким чином, усі типи динаміки екосистем можна поділити на дві групи: циклічні – флуктуації, і нециклічні – сукцесії та трансформації. При цьому слід відзначити, що нециклічні зміни екосистем можуть бути як зворотними, так і незворотними. Найчастіше до незворотних змін екосистем можна віднести їх трансформацію, головним чином, антропогенну. Але і трансформації часто бувають зворотними, і з припиненням пресу чинника, що спричинив трансформацію тієї чи іншої екосистеми, її стан часто повертається до вихідного. Це стосується і сукцесій. Ціла низка факторів може зупинити сукцесію або навіть “відкинути” екосистему на якусь попередню стадію – “серію” її розвитку. Але і в цьому випадку сукцесія здебільшого продовжиться у тому ж таки напрямку. Саме спрямованість сукцесій лежить в основі можливості прогнозування стану різноманітних екосистем певної стадії серії.

### 8.3.6. Можливості впливу на екосистеми у бажаному людині напрямку. Основи екотехнології

Переважає більшість спроб людини вплинути на екосистеми у бажаному напрямку, як відомо, закінчувалася нічим (крім величезних витрат на ці спроби). Це і програми «боротьби» з цвітінням водойм, і з заростанням каналів. Грандіозні за масштабами та безглуздістю зміни гідрологічного режиму рівнинних річок (зокрема, Дніпра) породили низку проблем, на

«боротьбу» з якими було спрямовано зусилля величезної армії дослідників та колосальні матеріальні ресурси, проте результати виявилися невтішними.

Проте у деяких випадках вдалося досягнути певних успіхів у розробці методології впливу на екосистеми у бажаному напрямку. Саме один з таких вдалих варіантів розглянуто нижче.

З початку 80-х років у кількох країнах почав розроблятися напрямок, який дістав назву *біоманіпуляції* чи *екотехнології*. Суть його полягає в тому, що, впливаючи на верхні ланки трофічної мережі екосистем, вдається істотно змінити параметри екосистеми в цілому у бажаному для людини напрямку.

Так, у водосховищі спостерігається бурхливий розвиток фітопланктону: прозорість невелика, вода має низьку якість для питного та господарського водопостачання. Як можна поліпшити ці параметри, тобто зменшити концентрацію фітопланктону, завислих у воді органо-мінеральних часток тощо? Виявляється, часто цю проблему можна вирішити шляхом вселення шук певного розміру чи інших хижаків, основу раціону яких складають зоопланктофаги. В свою чергу, зоопланктофаги, живлячись елективно (вибірково), в першу чергу виїдають крупних зоопланктерів (Гиляров, 1987) (бо це найбільш доцільно з енергетичної точки зору), які, як відомо, найефективніше відфільтровують фітопланктон і сприяють осадженню завислих у воді часток [50].

Перші дослідження, які показали вирішальну роль пресу риб на структуру планктону, були проведені в Чехословаччині в 60-х роках під керівництвом Грбачека. З'ясувалося, що за високої щільності риб зоопланктон представлений лише дрібними формами, а за низької – значно крупнішими (за високої щільності рибного населення зоопланктон був представлений *Bosmina longirostris* – середня довжина тіла 0,33-0,38 мм а *Daphnia cucullata* 0,68-0,78 мм; а за низької щільності риб – головним чином *Daphnia pulicaria* –2,0-2,3 мм і *Daphnia longispina* –1,4-1,8 мм). Причому загальна біомаса зоопланктону в середньому була досить постійною в обох випадках.

Послаблення пресу зоопланктофагів неминуче призводить до змін у структурі всього угруповання, яке знаходить свій прояв як у зростанні загальних індивідуальних розмірів зоопланктону, так і у зростанні щільності його популяцій. Збільшення розмірів зоопланктерів призводить, з одного боку, до більш ефективної фільтрації, а з іншого – у крупніших особин того ж виду відносна швидкість метаболічних процесів нижча. Це зумовлює зменшення інтенсивності екскреторних процесів зоопланктону. А як відомо, значну частку біогенних речовин фітопланктон отримує саме від зоопланктону, який екскретує їх у процесі метаболізму. Таким чином, фітопланктон отримує значно менше біогенів. Крім того, крупніші форми зоопланктону у порівнянні з дрібнішими особинами того ж виду здійснюють більш істотні вертикальні міграції (і більшу частину доби проводять в шарі

гіполімініону, де їхні продукти метаболізму практично недоступні для фітопланктону). Тут ми згадали лише деякі взаємовідносини у водній екосистемі, які тісно пов'язані між собою і дозволяють людині, впливаючи на певні ланки цієї складної мережі, отримувати бажаний ефект. Прозорість води після вселення хижаків зростала в кілька разів, а концентрація завислих часток значно знижувалася вже через кілька тижнів після вселення хижаків відповідного розміру.

Таким чином, знання механізмів функціонування конкретних екосистем дозволяє, використовуючи всю доступну впливу людини систему зворотніх зв'язків між окремими її елементами та процесами, змінювати стан екосистеми в цілому в бажаному напрямку шляхом впливу на ключові ланки, що істотно знижує витрати на вжиття оптимізаційних заходів.

### 8.3.7. Теорія катастроф

Для розуміння процесів і явищ, що мають місце в екосистемах, вирішення багатьох проблем сучасної екології – стійкості екосистем, їхньої ємності, шляхів розвитку і темпів антропогенної трансформації, переходу екосистеми до якісно нового стану та оцінки можливостей відновлення порушених екосистем чи повернення їхнього стану до вихідного – конче необхідно познайомитися з базовими засадами теорії катастроф. **Теорія катастроф** – філософсько-математична концепція, що описує закономірності раптового переходу складних систем від одного стійкого стану до іншого. Вважають, що теорія катастроф може бути застосована для аналізу будь-яких екстремальних явищ у живій і неживій парироді, техніці, суспільному житті. Відомі успішні спроби використання теорії катастроф для описування та аналізу різних процесів: закипання та замерзання рідини, руйнування інженерних споруд під впливом навантаження, деградації екосистем під дією зовнішніх чинників, виникнення й занепаду тоталітарних режимів тощо [32]. Будь-яке зовнішнє навантаження на сталу систему (наприклад, техногенне), призводить до певних змін у її стані. З підвищенням навантаження всередині системи накопичуються зміни, нехарактерні для стійкого стану. Це відбувається до того часу, поки параметри стану не досягнуть значень, за яких система під дією вже внутрішніх факторів починає якісно змінюватися, переходячи в інший стійкий стан. Такі значення параметрів, за яких змінюється типологія системи, називається критичними точками, або точками розгалуження. З досягненням критичної точки у системі з'являються два (або більше) варіанти подальшої еволюції – повернення до стійкого вихідного стану, що відбувається при ослабленні навантаження, або самостійний перехід до нового стійкого стану навіть за незначного посилення навантаження. Класичним об'єктом для використання положень теорії катастроф є процес прискореної евтрофікації природних водойм під дією промислових або сільськогосподарських стоків. Поки кількість нітратів, фосфатів, органічних сполук та інших біогенних компонентів, що потрапляють до водойми, незначна, внутрішні захисні механіз-

ми біологічного і небіологічного характеру здатні протистояти такому впливу, хоч кількісний і якісний склад біоти у водоймі зазнає деяких змін. Ці зміни зазвичай мають характер деволюції, тобто відбувається пригнічення вищих форм флори і фауни та розвиток нижчих. Вони є зворотними і повністю зникають при припиненні забруднень. Якщо обсяг стоків дуже великий, зміни, що відбуваються у водоймі, досягають критичної точки. Поширення нижчих організмів, насамперед синьозелених водоростей, досягає такого значення, що зворотний перехід до стійкого вихідного стану стає неможливим. У зв'язку з розвитком синьозелених водоростей знижується концентрація кисню у воді, погіршуються умови існування вищих форм, можуть розвиватися процеси заболочування водойми. Теорія катастроф дає змогу класифікувати реальний перехідний процес і формалізувати його для визначення характеристик точок розгалуження і встановлення межі стійкого розвитку об'єкта. Можливими об'єктами для використання теорії катастроф у екології є також процеси опустелювання, виникнення парникового ефекту, деградація екосистем мегаполісів та інші.

### *Контрольні запитання до розділу*

1. Які виділяють типи різноманіття ?
2. Опишіть інформаційну структуру будь-якої екосистеми.
3. В чому суть правила Дарлінгтона?
4. Які типи структур притаманні екосистемі?
5. В чому полягає відмінність колообігів газоподібних речовин від осадового циклу?
6. Порівняйте колообіг азоту з колообігом фосфору.
7. Які типи екосистем можна виділити за характером їх енергетичної структури?
8. На чому базуються методологічні прийоми екологічної технології?
9. Які типи зворотнього зв'язку мають більше значення для регуляції екосистемних процесів?
10. Як змінюється швидкість продукції з часом при використанні склянного методу?
11. В чому полягає принцип Ле Шательє–Брауна?
12. Які типи стійкості притаманні екосистемам коралових рифів, а які – лісу з секвої?
13. Що лежить в основі регуляції будь-яких процесів?
14. Які виділяють основні типи динаміки екосистем?
15. В чому причина екологічної сукцесії? Які типи сукцесій Вам відомі?
16. Охарактеризуйте клімаксу екосистему та наведіть приклади.
17. Що таке «серія»? Що спільне і в чому відмінність між автотрофними і гетеротрофними сукцесіями?
18. У чому полягає суть теорії катастроф та яке вона має значення в екології?

## Розділ 9. ЕКОСИСТЕМИ НАШОЇ ПЛАНЕТИ

Усе живе на нашій планеті існує в конкретних екосистемах, для виокремлення яких використовують низку певних критеріїв. Сукупність усіх екосистем Землі називається *біосферою*, причому це поняття охоплює як всі сучасні екосистеми, так і ті, які вже припинили своє існування (про яке свідчать лише сліди колишнього життя).

### 9.1. Біосфера

Уперше термін *біосфера* для окреслення меж поширення життя використав французький дослідник Е. Реклю у своїй праці «Життя на Землі» (1872). Потім термін "*біосфера*" використав австрійський геолог Едвард Зюсс у своїй праці "Виникнення Альп" (*Suess*, 1875) для позначення частини земної поверхні, що населена життям. Проте це поняття залишилось малопоміченим і не справило помітного впливу на розвиток екологічної думки. У 1909 р. у праці „Лик Землі” Зюсс називав біосферою „сукупність організмів, яка обмежена у просторі й часі та мешкає на поверхні Землі”. Таким чином сам термін “біосфера” не був чітко окреслений Е. Зюссом.

Взаємозв’язок процесів і явищ органічної і неорганічної природи розглядали видатні вчені XVII–XVIII ст.: Ж. Бюффон, Х. Гюйгенс, К. Лінней, М. Ломоносов та інші. Видатний німецький вчений А. Гумбольдт ще починаючи з 1793 року неодноразово висловлювався про органічний світ як про невід’ємну частину земної кори. Він же запровадив поняття “*життєве середовище*” – особлива оболонка Землі, де в єдину систему об’єднані атмосферні, морські, континентальні процеси, а також явища органічного світу.

Жан Батіст Ламарк у 1802 році у своїй книзі “Гідрогеологія” писав: “Який вплив живих тіл на речовини, які знаходяться на поверхні Земної кулі та які становлять її кору, і які загальні результати цього впливу... Всі мінерали зовнішньої кори Землі, і складені з них низовини, горби, долини і гори є виключно продуктами тварин і рослин, котрі існували на цих ділянках поверхні Земної кулі”. Згодом В.І. Вернадський відмічав, що у розумінні Ламарка жива речовина є створювачем головних гірських порід нашої планети й тим самим французький учений “...дав яскраве уявлення про значення біосфери в історії нашої планети”.

Ж. Кюв’є у відомій праці “Про перевероти або зміни на поверхні Земної кулі” (1812) писав: «...життя, яке намагалося оволодіти Земною кулею, у перші часи повинне було протиборствувати з бездіяльною природою, яка до того часу володіла нею, і лише коли минуло багато часу, перемогло і завоювало для себе право продовжувати подальше утворення твердої оболонки Землі».



Історично для позначення сучасного життєвого середовища на Землі різними вченими було запропоновано різні терміни. Вперше, на думку В.І. Вернадського, до ідеї біосфери прийшов Ж.-Б. Ламарк. Але він не запропонував для її позначення спеціального терміну. А. Гумбольдт в своїх працях у поетичній формі писав про рослинний покрив Землі.

У 1909 р. польський учений І.Д. Лукашевич запровадив поняття „жива речовина” – як сфери, або плівки життя на Землі.

В 1919 і 1926 рр. В.І. Вернадський фактично “перевідкрив” термін “біосфера”, наповнивши його змістом і розвинувши уявлення про біосферу як загальнопланетарну оболонку, що охоплює товщу тропосфери, гідросфери, осадових (і, можливо, гранітних) порід літосфери в ході всієї історії Землі (рис. 9.1).

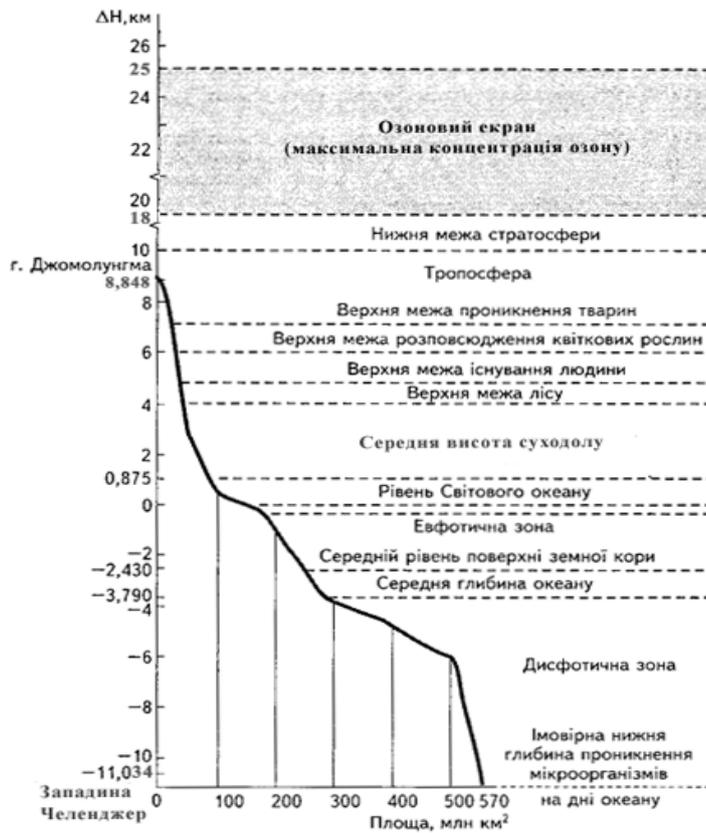


Рис. 9.1. Межі поширення життя

Вернадський вперше привернув увагу до активної перетворюючої ролі (діяльності) древніх і сучасних організмів у зміні обліку Землі. Грандіозні масштаби цього процесу дозволили В.І. Вернадському розвинути вчення про космічну роль життя в геологічній історії Землі, що дає всі підстави вважати його фундатором вчення про біосферу.

Водночас варто згадати, що Антуан Лоран Лавуазьє ще у 1792 р. підготував доповідь Французській Академії наук під назвою “Колообіг елементів на поверхні земної кулі”. “...Рослини отримують з оточуючого їх повітря, з води і з усієї неживої природи в цілому речовини, необхідні для їхнього організму. Тварини живляться або рослинами, або іншими тваринами, так що в решті решт речовини, з яких будується їхній організм, беруться з повітря або з мінерального царства. Нарешті, бродіння, гниття і згорання безперервно повертають до повітря атмосфери і в мінеральне царство ті вихідні речовини, які у них запозичили рослини чи тварини. Якими шляхами здійснює природа цей дивовижний колообіг речовин між трьома своїми царствами? “Оскільки згорання і гниття суть засоби, які природа використовує для того, щоб повернути в мінеральне царство ті матеріали, які вона з нього вилучила для створення рослин і тварин, то розвиток рослин і тварин має являти собою явища, зворотні згоранню і гниттю...”.

Щоб окреслити сфери сучасного життя, Л. Коул для позначення сукупності всього живого на Землі разом з його безпосереднім оточенням і ресурсами запропонував термін “*екосфера*” (Cole, 1958). Тобто *екосфера* – це *біосфера* в межах сучасного життя, а *біосфера* – це оболонка Землі, де існує чи будь-коли існувало життя. Таким чином, біосфера у розумінні В.І. Вернадського – це глобальна екосистема нашої планети на всьому проміжку її історичного розвитку, а екосфера Коула – це сучасна глобальна екосистема Землі.

В.І. Вернадський розробив вчення про “*живу речовину*”, до якої належать: “1) всі живі організми, тваринні і рослинні, зокрема і все людство, що існує в даний момент; 2) вся та частина оточуючого середовища – рідкого, твердого чи газоподібного, яке, безумовно, необхідне для збереження ними життя; 3) всі виділення організмів, що знаходяться поза організмами в земній корі; 4) всі трупи організмів, їх рештки.”

В 1926–1931 рр. В.І. Вернадський у своїх працях (1926 – «Біосфера», 1931 – «О границах биосферы») визначив п’ять найважливіших біогеохімічних функцій живої речовини:

1. *концентраційна* функція, пов’язана з накопиченням організмами елементів у своїх тілах. Співвідношення окремих хімічних елементів у живих організмах і у Земній корі істотно відрізняється, що і є підґрунтям концентраційної функції живої речовини;
3. *газова* функція – виникнення більшої частини поширених на земній поверхні газів у зв’язку з життям (кисень, вуглекислота, сірководень, азот, метан тощо);
4. *окисно-відновна* функція має особливо велике значення для елементів зі змінною валентністю, вона багато в чому визначає їхню історію;
5. *біохімічна* функція пов’язана з ростом і розмноженням організмів, жива речовина (на відміну від мінеральної) є носієм вільної

енергії. Швидке розмноження і переміщення організмів (біотранспорт) призводить до різного ступеня впливу їх на неживу природу, “тиску життя”. Жива речовина містить дуже багато енергії, яка береться від сонця, бере участь в процесах і частково заховується (вугілля, нафта, торф, карбонати, кремнезем тощо);

6. *біогеохімічна* діяльність людини особливо привертає увагу останніми роками у зв'язку з проблемою захисту зовнішнього середовища і ростом техногенного і антропогенного стресу – “тиску людини” на зовнішнє середовище.

### 9.1.1. Вчення Вернадського про ноосферу

Остання прижиттєва стаття В.І. Вернадського «Несколько слов о ноосфере» вийшла з друку в 1944 році. Сучасний стан біосфери В.І. Вернадський назвав *ноосферою*, перейнявши цей термін у французьких вчених Е. Леруа і П. Тайяра де Шардена, які вперше використали цей термін у 1927 році (свого часу – двадцять років до публікації цієї статті – вони були слухачами лекцій В.І. Вернадського з геохімії у Сорбоні).

Вчення В.І. Вернадського про ноосферу включає 4 основні положення:

1. Ноосфера – історично останній стан геологічної оболонки біосфери, що перетворюється діяльністю людини.
2. Ноосфера – сфера розуму і праці.
3. Зміни біосфери обумовлені як свідомою, так підсвідомою діяльністю людини.
4. Розвиток ноосфери пов'язаний з розвитком соціально-економічних факторів.

Ноосфера відрізняється від біосфери величезною швидкістю в розвитку. За концепцією ноосфери, людство перетворилося на найпотужнішу геологічну силу на планеті. В.І. Вернадський підкреслював, що протягом останніх 500 років воно освоїло нові форми енергії – парову, електричну, атомну, й навчилося використовувати майже всі хімічні елементи. Людство освоїло всю біосферу й одержало набагато більшу, порівняно з іншими організмами, незалежність від навколишнього середовища. Наукова думка й діяльність людини змінили структуру біосфери, незаймана природа швидко зникає, з'являються нові екосистеми та ландшафти – міста, культурні землі, для яких характерні простіші угруповання організмів.

### 9.2. Класифікація екосистем

Класифікацію екосистем можна здійснювати за певними ознаками. Зокрема, можна виділити природні та штучні екосистеми. За ступенем замкненості біогеохімічних колообігів можна виділити: відносно речовинно замкнені, замкнені на 70, 50% тощо та транзитні екосистеми. За стадією сукцесії доцільно виділяти клімаксні екосистеми та певні серіальні екосис-

теми. За основним джерелом органічної речовини можна виділяти повночленні та неповночленні екосистеми (в перших фотосинтезики та хемосинтезики забезпечують більшість потреб гетеротрофів у органічній речовині, в той час як другі існують за рахунок алохтонної (тієї, що надходить в систему ззовні) органічної речовини). Можна виділяти також екосистеми імпульсної стабільності – ті, які існують в умовах істотних коливань певних факторів, від чого і самі вони характеризуються певним комплексом специфічних рис – зокрема, тимчасові водойми тощо. Таким чином, яку б ознаку ми не взяли, на її основі можна виділити різні екосистеми.

*Найчастіше в біосфері виокремлюють чотири частини: моря, лимани, прісні водойми і суходіл (або ж просто поділяють всі екосистеми на наземні та водні). Часто їх називають біоциклами – найбільшими підрозділами біосфери. В межах кожного біоциклу часто виділяють біохори (підрозділи біосфери, що являють собою сукупність подібних біотопів).*

### 9.3. Водні екосистеми

До водних екосистем належать: *Світовий океан, підземні води і континентальні водойми*, в яких сконцентровано відповідно 1370, 60 і 0,23 млн км<sup>3</sup> води. За кількістю видів (близько 250 тис.) населення гідросфери значно поступається наземному (через незвичайного багатства в ньому комах). Однією з найхарактерніших особливостей населення гідросфери є значне переважання зоомаси над фітомасою, в той час як на суходолі спостерігається зворотня картина. Це пояснюється тим, що у гідросфері рослини представлені, головним чином, мікроскопічними водоростями, які у розрахунку на одиницю своєї біомаси синтезують значно більше (на кілька порядків) продукції, ніж наземні макрофіти. Саме тому в гідросфері в цілому трофічна піраміда біомас стоїть «на голові», тобто основа піраміди майже в двадцять разів менша, ніж всі разом узяті наступні рівні – біомаса фітопланктону в Світовому океані становить 1,5 млрд т, бактеріопланктону – 70 млн. т, зоопланктону – 22,5 млрд. т, фіто- і зообентосу – відповідно 0,2 і 10 млрд. т, нектону – 1 млрд. т. Водночас річна продукція водоростей в Світовому океані складає 600 млрд. т, в той час як продукція зоопланктону, зообентосу і нектону відповідно дорівнюють 53, 3 і 0,2 млрд. т (Богоров, 1974).

#### 9.3.1. Світовий океан

Світовий океан складається з Тихого, Індійського, Атлантичного і Північного Льодовитого океану з їхніми більш-менш відмежованими ділянками – морями. У багатьох країнах (Україна не входить до їх складу) виділяють Південний океан, північну межу якого у 2000 р. Міжнародна гідрографічна організація формально визначила 60° південної широти [76]. Вибір саме 60° обумовлений тим, що до нього дуже близько підходить південний край Антарктичної циркумполярної течії, яка огинає за годиннико-

вою стрілкою Антарктиду та ізолює поверхневі води Південного океану від інших океанів.

Середня глибина Світового океану 3710 м, максимальна – 11034 м (западина Челенджер у Маріанському жолобі). У своїй периферійній частині води Світового океану знаходяться на шельфі, чи материковій відмілині, з дуже плавним пониженням до глибини 200 м. Далі до 3000 м досить круто (4–14°) росташований материковий схил, який завершується материковим підніжжям (до ізобат 3000–4000 м), що межує з ложем океану (глибина від 4000 до 6000 м). Площа частини океану, що лежить над шельфом, складає близько 7,6% від його акваторії; над материковим схилом – 15,3%, над ложем – 77,1%.

У зоні шельфу бенталь поділяється на три ділянки. Вище рівня припливів розташована *супралітораль* – частина берега, що зволожується заплесками і краплями води. Нижче розташована *літораль* – прибережна ділянка, що заливається під час припливів і звільняється від води під час відпливів. Ще глибше знаходиться *сублітораль*, яка пролягає до нижньої межі розташування рослин-фотосинтетиків. Материковий схил займає *батіаль*, а океанічне ложе – *абісаль*, яка на глибинах понад 6-7 км переходить в ультраабісаль, чи гадаць (*bathus* – глибокий, *abyssos* – безодня). Водну товщу океану по вертикалі і по горизонталі прийнято поділяти на окремі зони. Верхній шар води до глибини 200 м (нижня границя субліторалі) називається *епіпелагіаллю*, за ним розташований шар *батіпелагіалі*. Далі розташовані *абісопелагіаль* (до глибин 6-7 км), і *ультраабісопелагіаль*. У горизонтальному напрямку Світовий океан поділяється на прибережну, або *неритичну зону*, що лежить над ділянкою материкової відмілини, і *океанічну*, яка знаходиться над зонами *батіалі* і *абісалі* (рис. 9.2).

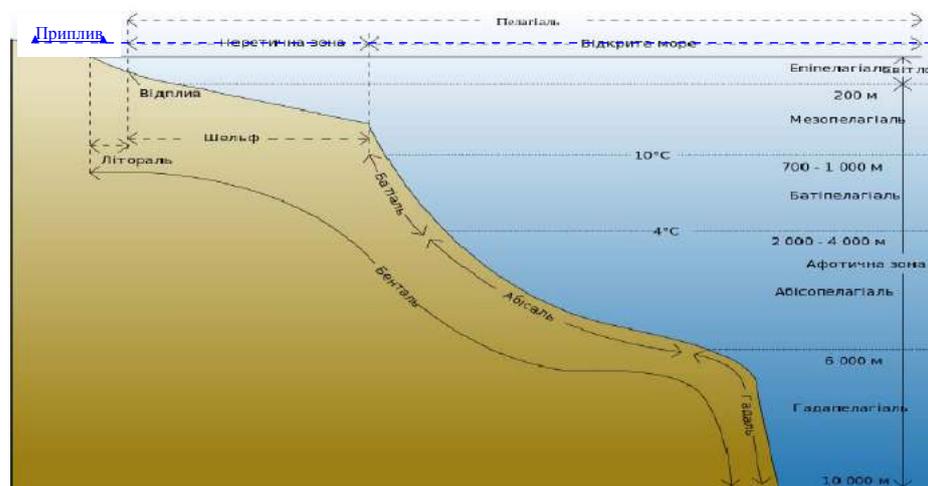


Рис. 9.2. Зони життя в океані

На глибинах температура океанічної води протягом року знаходиться в межах від мінус 1,7 до  $-2^{\circ}\text{C}$ . Температура поверхневих вод залежить від

географічного положення, сезону, характеру течій та багатьох інших факторів. У тропічній зоні вона досягає 26-27<sup>0</sup>С, на широті 40<sup>0</sup> знижується до 13-14<sup>0</sup>С, у приполярних зонах падає до 0<sup>0</sup>С і нижче.

У тропічних і помірних водах температура з глибиною зменшується, в полярних – дещо зростає. Істотні коливання температури поверхневого шару океанічних вод спостерігається в помірних зонах у зв'язку з чергуванням сезонів року. З глибиною ці коливання зменшуються і на глибині 300-400 м зникають.

Освітленість океанічних вод швидко знижується з глибиною і вже на глибині 100-200 м недостатня для існування рослин. Останні ознаки світла зникають у відкритому океані на глибині 1,0 – 1,6 тис. м.

Солоність в океанічній воді досить постійна і найчастіше коливається в межах 34-35‰. У внутрішніх морях солоність може істотно відрізнитися від океанічної. Співвідношення солей в океанічній воді досить постійне. Найчастіше для визначення солоності кількість хлору у воді (у проміле) перемножують на “хлорний коефіцієнт”, що дорівнює 1,807. Найбільше в морській воді хлоридів (88,8%), сульфатів (10,8%) і карбонатів (0,4%).

Населення Світового океану відрізняється древньою флорою і фауною, до складу якої входить понад 200 тис. видів. З рослин домінують одноклітинні водорості (діатомові, перидінієві, кокколитофори), значно менше багатоклітинних (зелені, бурі, червоні). В товщі води і в донних відкладах у величезній кількості зустрічаються бактерії і актиноміцети. З тварин найбільше значення мають форамініфери, радіолярії, губки, кишковопорожнинні, поліхети, молюски, моховатки, ракоподібні, голкошкіри, риби і ссавці.

### 9.3.1.1. Чорне море

Лежить у глибокій западині, яка утворилася у межах Середземноморської геосинклінальної області в альпійській етап горотворення, чим і обумовлена значна глибина (у середньому 1256 м, максимальна – 2245 м). Воно набагато давніше Балтійського і кілька разів змінювало обриси своїх берегів, особливо під час наступання і танення материкового льодовика.

Товща осадових порід досягає 12–15 км і залягає безпосередньо на базальтовому шарі, потужність якого 5–6 км. Таким чином під морем океанічний тип кори. Площа становить 422 тис. км<sup>2</sup>, об'єм води – 547 тис. км<sup>3</sup>. Акваторію Чорного моря поділяють на зону шельфу, глибоководну частину та берегову зону.

Найбільша протяжність моря – від Батумі до міста Бургас (Болгарія) становить 1150 км, найширша частина – від українського до турецького узбережжя – 580 км, а у найвужчому місці (мис Сарич – мис Керемпе) – 265 км. Загальна довжина берегової лінії становить 3400 км. Північно-західна частина Чорного моря розташована в акваторії України. Тут розташовані гирлові зони Дунаю, Дністра, Дніпра і Південного Бугу. У місцях впадіння річок у Чорне море утворились лимани, причому два з них – Дні-

стровський та Дніпровсько-Бузький входять в зону активної і досить складної взаємодії річкових і морських вод. Водний стік усіх річкових систем у середній за водністю рік становить близько  $310 \text{ км}^3$  прісної води. Найбільші за об'ємами річкового стоку Дунай ( $204 \text{ км}^3/\text{рік}$ ) та Дніпро ( $43\text{--}48 \text{ км}^3/\text{рік}$ ). З атмосферними опадами у море надходить протягом року  $230 \text{ км}^3$  прісної води, а з Азовського моря витікає у Чорне через Керченську протоку щорічно до  $48 \text{ км}^3$  морської води. Через протоку Босфор глибинними течіями в Чорне море вноситься середземноморська вода – приблизно  $175 \text{ км}^3/\text{рік}$ .

Витратну частину складають: випаровування в атмосферу –  $360 \text{ км}^3/\text{рік}$ , витік через Босфор у Мармурове море –  $360 \text{ км}^3/\text{рік}$ , за рахунок придонної течії до Азовського моря – близько  $33,8 \text{ км}^3/\text{рік}$ . Всього –  $753,8 \text{ км}^3/\text{рік}$ . Надходження значних мас прісної води призводить до підтримання у Чорному морі солоності  $17\text{--}18\text{‰}$ . На глибині до  $80 \text{ м}$  мінералізація досягає  $19\text{--}20\text{‰}$ , а в придонних шарах –  $22\text{--}22,5\text{‰}$ . Із усієї маси чорноморської води лише  $13\%$  має достатню для більшості гідробіонтів концентрацію кисню, в той час як  $87\%$  є непридатною для існування переважної більшості гідробіонтів унаслідок насичення сірководнем. Верхня межа сірководневого шару останніми роками була постійною і становила  $120\pm 10 \text{ м}$ .

У Чорному морі зареєстровано  $4373$  види і внутрішньовидових таксонів гідробіонтів, серед них:  $25$  родів бактерій,  $175$  видів грибів,  $471$  вид планктонних водоростей,  $1061$  вид планктонних безхребетних,  $346$  – водорості в макрофітобентосі,  $159$  – вищі водяні рослини,  $497$  – безхребетні мейобентосу,  $154$  – риб,  $4$  морських ссавця,  $264$  види паразитів (1998).

Щорічна продуктивність рослин складає близько  $2$  млрд. т, тобто  $48 \text{ т/га}$  морської поверхні. Біомаса планктону у північно-західній частині моря влітку становить близько  $400\text{--}800 \text{ мг/м}^3$ .

### 9.3.1.2. Азовське море

Наймілководніше на Землі (максимальна глибина не досягає  $15 \text{ м}$ ). Утворилось і набуло сучасного вигляду в пізньочетвертинну епоху. Про це свідчать суглинки середньочетвертинної епохи на його дні. На Русі стало відоме в I ст. н.е. і назвали його Сине море. Потім назва багаторазово змінювалася. Вважається, що сучасна назва прийшла в 17 ст. завдяки літопису Пімена. Найбільша довжина  $343 \text{ км}$ , максимальна широта –  $231 \text{ км}$ ; довжина берегової лінії  $1472 \text{ км}$ ; площа поверхні –  $37605 \text{ км}^2$  (в цю площу не входять острови і коси, які займають  $107,9 \text{ км}^2$ ). Загальний об'єм води становить  $290 \text{ км}^3$ . Солоність моря в середній частині близько  $12\text{‰}$ , у Таганрозькій затоці вона зменшується до  $1\text{--}4\text{‰}$ , а в Сиваші зростає до  $160\text{‰}$ . Зростання солоності останнім часом пов'язане зі зменшенням стоку річок, значна частина якого витрачається на господарські потреби.

### 9.3.1.3. Екосистеми коралових рифів

Пелагіаль тропічних морів у цілому характеризується відносною бідністю життя, особливо у віддалених від берегів районах. Водночас коралові рифи належать до найпродуктивніших угруповань нашої планети. За своїми продукційними показниками і за видовим різноманіттям їх можна порівняти з тропічними дощовими лісами. Яким чином у океанічній пустелі виникають і підтримуються такі оази життя, які приголомшують і за видовим різноманіттям, і за яскравістю фарб тощо? Це одне з найбільш цікавих питань науки. Це найхарактерніші, грандіозні за біомасою і продуктивністю екосистеми, які надають притаманного колориту тропічній зоні Світового океану. В екосистемах коралових рифів органічно поєднуються біологічні й геологічні структури, які утворилися в результаті діяльності багатьох поколінь живих організмів. Вони мають вигляд відмілин, які здіймаються над морським дном і часто досягають поверхні води. Коралові рифи навколо тропічних островів створюють захисну буферну зону, яка захищає прибережні угруповання від жорстоких бурь. До справжніх коралових рифів належать лише ті екосистеми, де головну роль (за площею покриття морського дна, біомасою і продуктивністю) відіграють коралові споруди, коралові рифи, (англ. *coral structures*) – геологічні утворення, що формуються внаслідок життєдіяльності колоніальних коралових поліпів (головним чином мадрепорових коралів) і супутніх їм організмів, здатних вилучати вапно з морської води. Розрізняють 4 типи коралових споруд: *облямівкові, бар'єрні, кільцеподібні (атоли), внутрішньолагунні*.

Коралові рифи існують у Світовому океані понад 450 млн років. Існує пряма залежність між багатством життєвих форм, що населяють кораловий риф та його віком. Найстаріші рифи відзначаються найбільшою різноманітністю гідробіонтів. Найбільше видів риб мешкає в центральному Індо-Тихоокеанському регіоні. Близько 2000 видів риб населяють рифи Філіппін і близько 1500 видів – Великий Бар'єрний риф (близько 800 видів – тільки на одному найбільшому рифовому комплексі). Атлантичний океан значно молодший, тому на його коралових рифах видів значно менше [77].

Коралові рифи формують масивні утворення, що є не тільки унікальними біотичними угрупованнями, а й найбільшими структурами планети, створеними живими організмами. Крім кількох холодноводних видів рифоутворюючих коралів ці організми надзвичайно чутливі до температури. Вони можуть рости тільки у водах, температура яких не опускається нижче 21°C і вище. Тому переважна більшість коралових рифів «прив'язані» до тропічних вод (приблизно від 30° пд. ш. до 32° пн. ш.) і не зустрічаються на західних узбережжях материків.

Коралові рифи в минулі геологічні епохи були поширені значно ширше, ніж зараз, що пов'язано з особливостями палеоклімату. Виявлені коралові споруди часто містять багаті родовища нафти і газу. Вивчення фаціальних умов сучасних коралових споруд, їх приуроченості до певних тектонічних зон має велике значення для нафтопошукової геології.



Таким чином, екосистеми коралових рифів – приклади клімакських угруповань, які характеризуються максимальним видовим різноманіттям, багатством мутуалістичних зв'язків, колосальною продуктивністю, причому величезна саме валова продукція, в той час як чиста продукція близька до нуля. Екосистеми коралових рифів мають відносно замкнений колообіг більшості міогенів, причому у багатьох випадках колообіг значною мірою замкнений на біотичних компонентах (зокрема, водорості і коралові поліпи).

Із розвитком туризму коралові рифи стали популярним місцем відпочинку для людей, особливо прихильників дайвінгу. Туризм став стійкою прибутковою статтею доходу для цілої низки слаборозвинених країн. Проте діяльність людини може завдавати шкоди вразливій екосистемі коралових рифів, адже ці екосистеми – дуже уразливі. І будь-які потужні зовнішні впливи можуть призвести до їх істотної руйнації. Особливо шкодять кораловим рифам щорічні розливи нафти, скидання стічних вод, а також глобальне потепління. Як вважають вчені, Великий Бар'єрний риф Австралії (скупчення коралових рифів і островів, що простягнулося на 2,3 км уздовж північно-східного узбережжя Австралії) може зникнути протягом найближчих десятиліть через підвищення рівня вуглецю, що може призвести до загибелі коралових рифів в усьому світі. Нещодавно у журналі «*Science*» вийшла стаття, у якій учені змалювали у загальних рисах найпереконливіші на сьогоднішній день дані, які доводять, що коралові рифи зникнуть, якщо рівень вуглекислого газу в атмосфері підвищуватиметься. На думку авторів, у результаті загибелі коралових рифів постраждає 100 мільйонів людей і один мільйон видів тварин. Автори звіту – учасники програми «Дослідження коралових рифів» – міжнародної програми із вивчення коралових рифів, що підтримується Всесвітнім банком, Квінслендським університетом і понад 40 науково-дослідними інститутами та іншими установами по всьому світу.

«Підвищена концентрація CO<sub>2</sub> і збільшення температури від 3°C до 6°C вважаються реальними сценаріями». Океан поглинає близько третини вуглекислого газу, забираючи його з атмосфери. Водночас із тим, що це може вповільнити глобальне потепління, це також збільшує кислотність морської води, сказав професор Оув Хог-Гульберг, провідний фахівець дослідження й океанолог при австралійському університеті у Квінсленді. «Це, у свою чергу, зменшує здатність коралів виробляти карбонат кальцію, що є основним будівельним матеріалом для коралових рифів», – відзначив він.

*Великий Бар'єрний риф – це найбільший у світі кораловий риф і найвеличніша споруда планети, створена живими організмами, із протяжністю понад 2500 км уздовж північно-східного узбережжя Квінсленду (Австралія) і в найширшій точці досягає 152 км. Він складається приблизно із 3 тисяч незв'язаних коралових рифів і близько 900 островів, і є домівкою для 1500 видів риби і 400 видів коралів. Він вважається однією зі стародавніх і*

важливих морських екосистем на планеті. Це також найбільша жива структура Землі, що її видно з космосу. Професор Бредбері сказав, що за цими причинами «лихо буде набагато більш вражаючим на Бар'єрному кораловому рифі, ніж в інших коралових районах». Коралові рифи, проте, не є єдиними проблемами, про які мовиться у звіті. На думку професора Бредбері дослідники все ще продовжували моделювання масштабів дії глобального потепління, але було очевидно, що чинники температури, що зростає, і рівень вуглецю зачеплять усе океанське життя. «Це істотно торкнеться продуктивності океанів», – зазначив він.

Мареа Хаціолос, фахівець із моря та прибережних зон із Всесвітнього банку, стверджує, що загибель коралових рифів стане руйнівним ударом для людей усього світу. «Коралові рифи приносять 350 мільярдів доларів прибутку щорічно у товарах і послугах для світової спільноти», – сказала вона. «Коралові рифи також є важливими економічними активами майже для ста країн у всьому світі», – стверджується на сайті програми із вивчення цієї проблеми. «Однак майже дві третини рифів у світі знаходяться під серйозною загрозою від дій, таких як економічний розвиток і зміна клімату». За словами професора Хога-Гульдберга ефект від руйнування коралового рифу буде мати трагічні наслідки для країн, що розвиваються і знаходяться у процесі становлення життєво важливих галузей промисловості уздовж їх прибережних районів. «Теплі і більш кислотні океани, що змінюють свою структуру у результаті зростання CO<sub>2</sub> через спалювання палива, загрожують зруйнувати екосистеми коралових рифів, спричиняючи людям повені, прибережну ерозію, втрати їжі та доходів від рибальства та туризму», – сказав він. «Це трапляється саме тоді, коли багато націй сподіваються, що зростання галузей промисловості, таких як туризм і рибальство дозволить розвиватися їх бідним державам». Автори звіту також попереджають про небезпеку заподіяння величезної шкоди прибережним поселенням у розвинених країнах унаслідок зростання рівня моря, руйнування мангрових чагарників і плантацій морських водоростей, а також зростаючу штормову активність. «Дуже отверджує те, що при нашому аналізі ми використовували найбільш м'який сценарій міжурядової групи ООН зі зміни клімату, що все ж таки передбачає серйозні, якщо не руйнівні, наслідки для рифів, де корали відіграють основну роль», – заявив професор Хог-Гульберг.

Найбільший відомий зараз прибережний глибоководний кораловий риф у Європі має близько тисячі метрів завдовжки та двісті метрів завширшки. На відміну від своїх тропічних родичів, ці створіння ростуть там, куди сонячні промені не досягають і де температура води ніколи не піднімається вище плюс 13°C. Вкрай важливо мати точні карти місць, де трапляються корали, особливо якщо є можливість захистити їх. Тоді можна радити рибалкам не використовувати пристосувань, які волочаться дном. У Норвегії, наприклад, діє закон, який забороняє траловий лов в усіх відомих коралових ареалах. Без сумніву, це ефективно лише, якщо у вас є точні ка-

рти. Але вони почали з'являтися тільки останніми роками. Глибоководні корали, які традиційно асоціюються з екзотичними країнами, уже виявили в багатьох європейських водах. Однак їхнє точне розташування, морфологія та біологія все ще мало відомі. Проте науковці знайомі з їхнім ворогом номер один – траловим ловом. За лічені секунди сіті можуть знищити величезне число коралів, які ростуть впродовж тисячоліть. Іншими небезпечними факторами є осад, забруднення води та глобальне потепління.

Європейські вчені вивчають біологічну природу цих створінь у межах проекту HERMES. Завдяки йому планують дізнатись, як можна захистити рифи, котрі є життєвоважливими для усієї морської екосистеми. Матеріали відеозйомки, фотографії та живі зразки аналізують згодом у Морській біологічній лабораторії Тьярно. У 2004 р. вчені почали застосовувати тут комплексні генетичні методи, щоб зрозуміти більше про те, як глибоководні корали відтворюються. Науковець Морської біологічної лабораторії Тьярно К. Андре відзначає: «Генетичний аналіз цих коралів показав, що вони розмножуються як статевим шляхом, так і клонуванням. Ми зауважили також, що особини сусідніх рифів тісно пов'язані між собою».

Дослідження глибоководних коралів є настільки спеціалізованим та дорогим, що без всеєвропейської співпраці просто не обійтись. Наприклад, в Обані, на заході Шотландії, наукове судно Нідерландського морського інституту має на борту 15 біологів з 6 різних країн Європи та одного американського пошуковця. Вони вивчають район Рокол Бенк – багатий на корали підводний гірський кряж. Вчені дослідили цю область та склали її карту, аби зрозуміти, чим місцеві корали відрізняються від їхніх більш відомих тропічних родичів. Вони визначили, що тропічні рифи містять водорості, які здійснюють процес фотосинтезу. Це означає, що вони отримують енергію зі світла та живлять корали. Оскільки на цих глибинах немає світла, вчені прагнуть знати, чи щось заміняє цей процес. Це можуть бути бактерії в тканині цього створіння, які живляться з того, що є у воді.

Європейські науковці використовують у своїй роботі досконале бортове обладнання. Воно допомагає проаналізувати біологічні зразки на глибині, тоді як роботи, оснащені лазерами та відеокамерами, знімають та вимірюють живі організми морського дна. Апаратура виявилася достатньо корисною і у створенні ось таких інтерактивних карт підводних течій у цьому районі. Знання природних механізмів цих явищ допоможе вченим зрозуміти, як живляться корали, як вони ростуть та колонізують нові території. Глибоководні корали виростають максимум на 25 мм у рік. Враховуючи усі небезпечні для тварин фактори, європейські вчені переконані, що необхідно продовжувати дослідження, якщо людство прагне зберегти цю красу таємничих світів для майбутніх поколінь.

Риби, що живуть на Великому Бар'єрному Рифі, вмирають з голоду, оскільки глобальне потепління призвело до знищення джерел їжі. Підвищення температури моря знищило більше 30% коралових рифів. У результаті риби, які харчуються живими коралами, вмирають, руйнуються тро-

фічні ланцюги, порушується екологічна рівновага і як наслідок, зникають різні види, терпить збитки рибний промисел. Вчені вважають, що якщо температура моря продовжуватиме підвищуватися, збитки кораловим рифам подвояться до 2030 року.

### 9.3.2. Континентальні водойми

Континентальні водойми розташовані в заглибинах суходолу і можуть бути природними чи штучними. Перші представлені річками, озерами і болотами, другі – каналами, водосховищами і ставками. Переважна більшість континентальних водойм прісноводні.

Прісноводні екосистеми поділяють на *лентичні* (від лат. *lenis* – спокійний), – озера, ставки, болота, та *лотичні* (від лат. *lotus* – той, що омивається) – струмки, річки.

#### 9.3.2.1. Річки

*Річками називають водойми, водна маса яких переміщується від витoku до гирла внаслідок різниці їхнього положення над рівнем моря, тобто під силою тяжіння.*

Річки, які виносять свої води в океани, моря чи озера, називаються головними, а ті, що впадають до них – притоками. Сукупність усіх річок, що скидають свої води через головну річку, складають річкову систему. Частина суходолу, яка зайнята рірковою системою і відділена водорозділами від інших ділянок, утворює річковий басейн. Поверхня, з якої вона збирає води – водозбірну площу.

Кількість води, яка протікає за одиницю часу через поперечний розріз річки, називають її витратами. Річні витрати води характеризують водність річок. Найбільш багатоводна річка світу – Амазонка, її річний стік складає 5550 км<sup>3</sup> (що складає понад 13% річного стоку всіх річок світу).

Річки є посередниками в процесах водообміну між суходолом і Світовим океаном. Щороку річками виносяться у океан близько 42 тис км<sup>3</sup> води.

Найбільше значення для мешканців річок серед абіотичних факторів мають рівневий і паводковий режим, швидкість течії, прозорість, температура і сольовий склад води і характер ґрунтів.

Населення річок характеризується значним видовим різноманіттям, що пов'язано із значним біотопічним розчленуванням. Значного розвитку в річках досягає планктон, бентос і нектон, слабше – перифітон. Нейстон і плейстон майже відсутні внаслідок турбулентності.

#### 9.3.2.2. Озера

*Озера – це різної форми і величини котловини, заповнені водою. Головні абіотичні чинники в озерах – рух води, температура, світло, розчинні речовини і характер ґрунтів (рис. 9.2).*



Рис. 9.2. Схема озерної екосистеми

Населення озер називають *лімnobіонтами*. Планктон, на відміну від річкового, складається майже виключно з автохтонних елементів. Із фотосинтетиків найчисельніші діатомові, зелені і синьозелені водорості. В холодних озерах домінують діатомові, в теплих – зелені і синьозелені.

Зоопланктон складається з безбарвних джгутикових, інфузорій, коловерток, гіллястовусих і веслоногих ракоподібних. Значно краще розвинений нейстон і плейстон (у порівнянні з річками). Бентос сягає максимального розитку в літоралі.

Перифітон озер в значній кількості зустрічається на макрофітах, особливо при незначних рухах води. Нектон представлений майже виключно рибами. В деяких великих озерах (таких як Байкал, Ладозьке озеро) мешкає кілька видів тюленів.

### 9.3.2.3. Болота

Неглибокі скупчення води, частково чи повністю закриті зверху рослинністю називають *болотами*. Їх можна розглядати як перехідну екосистему між водою і суходолом. При цьому провести границю між заболоченими водами і заболоченим суходолом практично неможливо.

За характером водного живлення, умовам залягання і складу рослинності болота поділяють на *низинні*, чи евтрофні, *верхові*, чи оліготрофні, і *перехідні*, чи мезотрофні. Низинні болота розташовані в пониженнях рельєфу. В їх живленні головну роль грають ґрунтові води, річкові розливи, поверхневий стік і атмосферні опади. Верхові болота знаходяться на підвищених формах рельєфу, мають опуклу поверхню, живляться атмосферними опадами. Перехідні болота займають проміжне становище.

Населення боліт відрізняється бідністю як за видовим складом, так і за кількісним розвитком, що обумовлено значною концентрацією у воді

гумінових речовин, низьким рівнем кисню, підвищеною кислотністю, особливо у верхових болотах. У багатьох випадках болота, особливо верхові, бідні на біогени. Надходження біогенів у товщу води з ґрунту блокується відкладами торфу.

У низинних болотах помірної зони з макрофітів звичайні зелені мохи, осоки, хвощі, очерет. Серед водоростей навесні характерні джгутикові, зокрема *Dinobryon* і *Synura*, влітку домінують зелені, головним чином, десмідеві. Навесні і восени в незначній кількості присутні діатомові. Для зоопланктону характерні коловертки, гіллястовусі й веслоногі ракоподібні та гарпактициди. Зообентос в болотах розвинений вкрай слабо. Через високу кислотність води у болотах практично відсутні молюски та інші організми з вапняковим скелетом.

Болота займають близько 2% земної поверхні, в них сконцентровано 10-14% запасів карбогену. Виключно важлива роль боліт у кисневому балансі біосфери пов'язана з активними процесами торфоутворення.

#### 9.3.2.4. Штучні водойми

**Водосховища** – крупні водойми із сповільненим водообміном. Рівневий режим штучно змінений і постійно регулюється з метою накопичення і наступного використання запасів води. За походженням водосховища бувають річковими (Київське, Канівське, Кременчуцьке), озерними (Байкальське, Онезьке) і наливними. Останні споруджуються в заглибинах рельєфу, куди вода поступає каналами (зазвичай надлишкові паводкові води) (Каттакурганське, Гудакульське).

За характером накопичення і витрат води водосховища бувають річного, сезонного, тижневого і добового регулювання.

Характерною особливістю водосховищ є часті і значні коливання рівня, пов'язані з особливостями режиму запасання води і її витрат на зрошення, вироблення електроенергії тощо.

Характерним показником гідрологічного режиму є коефіцієнт водообміну – відношення річного стоку з водосховища до об'єму останнього. У водосховищах, створених на рівнинних річках, коефіцієнт водообміну коливається від 1 до 10.

Населення водосховищ займає проміжне положення між річковим і озерним. Процес формування фауни водосховищ на великих рівнинних річках проходить три стадії. На першій відбувається руйнування реофільних, фітофільних та інших угруповань, заселення затоплених ділянок екологічно різномірним населенням.

Друга стадія – утворення тимчасових угруповань. В бентосі – масове заселення в перше ж літо всього дна водосховища личинками хірономід, у зоопланктоні – масовий розвиток ракоподібних і коловерток. Третя стадія формування бентоса найчастіше відбувається на 3-4 році після затоплення і супроводжується істотним зниженням біомаси. Для цієї стадії характерно зменшення видового розмаїття зоопланктону.

Планктон сформованих водосховищ складається, головним чином, з бактерій, ціанобактерій, діатомових і зелених водоростей, інфузорій, коловерток і ракоподібних.

**Ставки** споруджують для риборозведення, водопостачання населених пунктів, поливу полів, водопою скота тощо.

**Канали і водойми зрошувальної системи** створюють у зв'язку з перерозподілом стоку річок, для зрошення, пароплавства тощо.

#### 9.3.2.5. Підземні води

З підземних вод найбільше значення як біотопу для гідробіонтів мають *грунтові води*. До них належать *печерні*, *фреатичні* та *інтерстиційні*.

Перші пов'язані з крупними порожнинами в земній корі. Фреатичні води заповнюють тріщини і капіляри глибоких шарів землі. Інтерстиційні – капіляри між часточками поверхневих піщаних відкладів. Грунтові води на тій чи іншій глибині поширені майже повсюди.

Мешканців підземних вод називають *троглобіонтами*.

Специфіка печерних вод – відсутність світла і відносно постійна низька температура. Склад населення залежить, перш за все, від ступеня освітлення. В евфотичній ділянці домінують випадкові вселенці – *троглоксени*. Головне джерело їжі тут – рослини та їхні рештки. В олігофотній ділянці переважають троглофіли, біомаса тут нижча, розвиваються бактерії й синьозелені водорості. Мешканці афотичної зони – справжні троглобіонти. Їм характерна стенотермність і еврифагія. Населення тут представлене бактеріями, найпростішими, ракоподібними, молюсками і амфібіями.

### 9.4. Наземні екосистеми

*Регіональний клімат, взаємодіючи з регіональною біотою і субстратом, утворює крупні, чітко окреслені угруповання, які називаються біомами. Класифікацію наземних біомів здійснюють, головним чином, за життєвими формами рослинності кліматичного клімаксного угруповання. Зокрема клімаксна рослинність степового біому – злаки, хоч у різних частинах біому і на різних континентах вони представлені різними видами. Проте варто зауважити, що хоч основа класифікації наземних біомів – рослинність кліматичного клімаксного угруповання, важливе значення мають і едафічні клімаксні угруповання, а також стадії розвитку. Наприклад, степові угруповання є стадією розвитку лісного біому, а прибережні ліси – складова частина степового біому. Тварини, які активно переміщуються у просторі, були названі В. Шелфордом *пермеантами*, відіграють роль з'єднуючої ланки між окремими ярусами. Птахи, ссавці, комахи тощо вільно рухаються між підсистемами і між окремими екосистемами, а щодо перелітних птахів, то вони з'єднують біоми різних континентів*

Якщо подивитись на клімаграму основних шести біомів, то чітко видно, що середньорічна температура і кількість річних опадів значною мірою визначають тип біому (рис. 9.3).

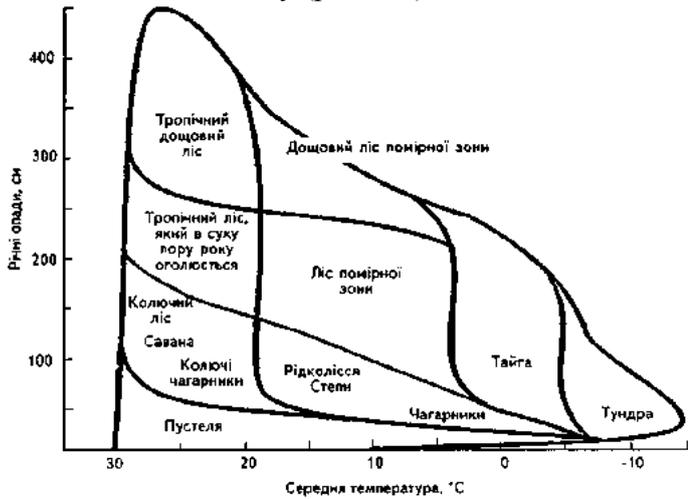


Рис 9.3. Розташування головних наземних біомів нашої планети щодо градієнту температури і величини річних опадів

#### 9.4.1. Тундра арктична і альпійська

Між лісами на півдні і шапкою полярної криги на півночі циркумполярно розташована смуга, позбавлена лісів площею близько 20000 км<sup>2</sup>.

Головними лімітуючими факторами є низькі температури і короткий вегетаційний сезон. Грунт, за винятком верхнього шару в кілька сантиметрів, протягом всього літа залишається промерзлим. Ці шари ґрунта називаються вічною мерзлотою. Тундра, по суті – це вологий арктичний степ з рослинністю, що складається зі злаків, осок, карликових деревних рослин, а на більш сухих ділянках – лишайників. З мешканців тундри характерні вівцебик, європейський північний олень, карібу, білий ведмідь, вовки, песці, хижі птахи, лемінги. Крупним тваринам притаманні значні міграції. Тонкий живий покрив тундри легко руйнується і дуже повільно відновлюється, тому ці екосистеми є дуже уразливими до будь-якого антропогенного навантаження. Схожі на тундру області, зазвичай їх називають альпійською тундрою, зустрічаються у високогір'ях помірної зони. Проте в таких областях часто буває більше снігу, ніж у арктичній тундрі, – тут інший світловий режим і відсутня вічна мерзлота.

#### 9.4.2. Біомі північних хвойних лісів

пролягли широким паском через всю Північну Америку і Євразію. Гірські райони, зайняті таким лісом, зустрічаються навіть в тропіках. Домінуюча життєва форма рослин представлена тут хвойними вічнозеленими деревами, особливо ялиною, ялицею і сосною. Протягом усього року тут панує тінь. Проте суцільний покрив хлорофілу зберігається протягом всього року. Тому, не дивлячись на низькі температури протягом половини року, цей біом характеризується досить високим рівнем річної продукції. Хвойні



ліси – найкрупніші у світі постачальники лісоматеріалів. У ґрунті мешкає численне населення дрібних тварин, проте, на відміну від ґрунтів листопадних лісів, мало крупних форм. Насіння хвойних – важливе джерело живлення багатьох тварин (білки, чижі, шишкарі тощо). Як і в тундрі, тут яскраво виражена сезонна періодичність і коливання чисельності популяцій.

В Україні найпоширенішими є 6 видів сосни (звичайна, кримська, Станкевича, кедрова європейська, гірська та гачкувата), які складають близько 35,9% всіх лісів. Найбільш поширена сосна звичайна, яка є головною лісоутворюючою породою на Поліссі, в лісостепу і частково степу (на піщаних терасах) і два види ялини – звичайна, або європейська, і гірська. Смерека біла поширена в Карпатах, в окремих районах Передкарпаття й Розточчя. У карпатських лісах зустрічаються також модрина європейська і польська.

#### 9.4.3. Листопадні ліси помірної зони

Ліси займають ділянки з великою кількістю рівномірно розподілених опадів (750-1500 мм) і помірною температурою, для якої характерні чіткі сезонні коливання.

Трав'янистий і чагарниковий яруси добре розвинені, так же, як і ґрунтова біота. Велика кількість рослин дає м'ясисті плоди і горіхи. Серед тварин, що населяють первинний ліс Північної Америки, зустрічається віргінський олень, ведмідь, сіра і чорна білки, сіра лисиця, американська рись, дика індичка. Характерні дрібні птахи – лісовий дрізд, чубата синиця, кілька видів дятлів тощо.

Листопадні ліси помірної зони є найбільш важливими біотичними областями світу, оскільки саме тут цивілізація досягла свого максимального розвитку. В результаті цей біом істотно змінився під впливом людської діяльності, більша його частина заміщена культурними угрупованнями.

Як і для більшості лісових екосистем, чітко виражена як надземна, так і підземна ярусність (рис. 9.4).

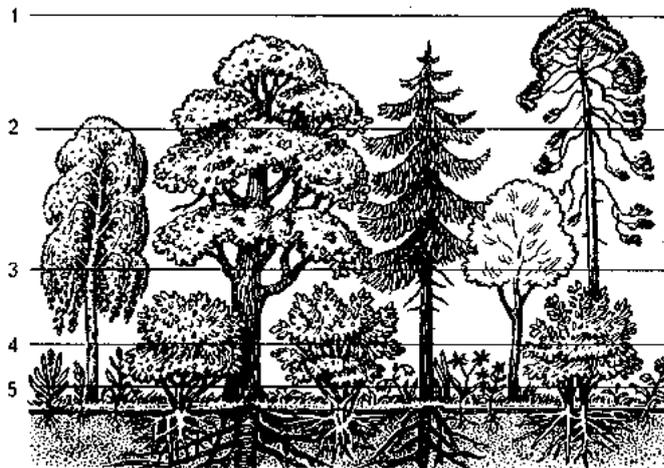


Рис. 9.4. Ярусність у мішаному лісі, цифрами показані відповідні яруси

Географічне положення і особливості природних умов України сприятливі для формування різноманітного природного складу лісів. Тут ростуть понад 25 видів листяних і хвойних дерев, які в різних поєднаннях переважають у насадженнях. Найпоширенішими видами є: дуб звичайний (черешчатий), скельний і пухнатий (27,0% площі всіх лісів); бук (9,0%); береза (4,8%); вільха (3,8%); граб звичайний (2,6%), який входить до складу дубових, дубово-букових і букових лісів, утворюючи в них другий ярус. У Криму поширений граб кавказький та граб східний, або грабинник. У лісах України поширена звичайна липа серцелиста, в західних областях росте липа широколиста, в придністровських лісах зустрічається липа пухнаста, а в лісах Гірського Криму – липа кавказька. Ясен звичайний можна зустріти в усіх лісових районах України. В лісах України росте чотири види клена: явір – в Карпатах і західному лісостепу, клени польовий і татарський поширені в лісостепових і байрачних степових лісах.

*Загальна площа лісового фонду (хвойних, мішаних і листопадних) України становить 10,8 млн га (2006), лісистість території – 15,7%.*

За часів Київської Русі територія Полісся була майже суцільно вкрита лісом. Господарська діяльність людини на цій території за останнє тисячоліття призвела до того, що нині тут переважають сільськогосподарські угіддя, а площа лісів зменшилася до 23–35%.

Значно більше лісу було раніше і в лісостепу. Ще в XVI–XVII ст. на Правобережжі лісові масиви простягалися від Дністра до середньої течії Південного Бугу і Росі. На Лівобережжі ліси простягались від Києва до Переяслава, а також займали значні площі у верхів'ях Супою, Сули, Псла, Хоролу, Ворскли, в басейні Сіверського Дінця.

Однак з XVI ст. з України в Західну Європу почали вивозити будівельний ліс, клепку, деревний попіл для виготовлення поташу. Тому ліси масово вирубувалися і спалювалися аж до припинення виробництва поташу в кінці XIX ст. Винищення лісів набуло небачених розмірів з побудовою залізниць. По-варварському знищувалися ліси, продані на зруб. За 1861–1914 рр. площа лісів на Україні зменшилась майже на третину. Фауна Полісся України представлена лосем, козулею, кабаном, благородним оленем, білкою, лісовою куницею, борсуком, лісовою полівкою, лисицею, вовком, лісовими і польовими мишами, звичайною і малою бурозубками, кутовою, кротом; з птахів характерні тетерук, рябчик, глухар, шпаки, синиці (московка, блакитна й велика), дрізд, дятли, великий підорлик, качки, кулики, деркач, журавель сірий, валюшень (вальдшнеп); з плазунів – гадюка звичайна, веретільниця, вуж звичайний, ящірка прутка, болотяна черепаха; земноводні: тритони, ропухи, жаби. З комах поширені шовкопряди, вусачі, коріди, комарі, гедзі тощо [91].

#### 9.4.4. Степи помірної зони

Степи розташовані там, де випадає проміжна між пустелями і лісами кількість опадів (250-750 мм на рік). Існування степів у цих умовах зале-

жить від температури, сезонного розподілу опадів і вологоємності ґрунту. Корені більшості видів глибоко (до 2 м) проникають в ґрунт, і їхня маса в кілька разів перевищує масу надземних частин рослин (рис. 9.5)

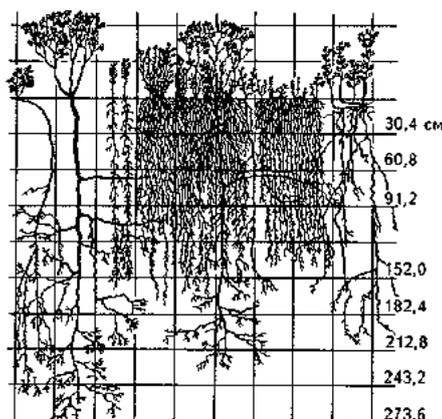


Рис. 9.5. Надземна і підземна ярусність у трав'янистих фітоценозах

Пожежі допомагають степовій рослинності конкурувати з лісовою в теплих чи вологих районах. Характерна особливість степів – наявність крупних трав'янистих тварин.

В Україні степи як зональний тип рослинності до нашого часу збереглися фрагментарно на схилах балок, у передгірних районах Криму, на піщаних косах Азово-Чорноморського узбережжя, островах. Ділянки цілинних степів збереглися й охороняються в заповідниках (Михайлівська цілина, Стрільцівський степ, Хомутівський степ, Провальський степ, Асканія-Нова та ін.). Типові (справжні) степи характеризуються переважанням ксерофітних дернинних злаків – ковила (Лессінга, українська, Залеського), типчака тощо. Різнотравно-типчаково-ковилові степи мають густий трав'янистий покрив, у ньому поширені ковила (довголиста, пухнатолиста, найкрасивіша, піскова), тонконіг вузьколистий, стоколос безостий і прибережний, з бобових – вика тонколиста, конюшина гірська, з різнотрав'я – горлицвіт весняний, молочай степовий, шавлія поникла, астрагал пухнато-квітковий. Чагарникові зарості утворюють мигдаль низький, карагана кущова. Поширені петрофітний та псамофітний варіанти цих степів. Типчаково-ковилові степи займали простори Причорноморської низовини. Цілинні типчаково-ковилові степи збереглися в заповіднику Асканія-Нова на площі 11 тис. га.

Фауна: сірий ховрах, степова полівка, сірий хом'ячок, сліпаки, степовий тхір, мишівка степова, кам'яна куниця, дикий кролик. У південно східних районах зустрічається бабак, тхір-перегузня, вухатий їжак. У нижньодніпровських пісках живе трипаллий тушканчик. З птахів характерні степовий і польовий жайворонки, перепілка, очеретяна вівсянка, рожевий шпак, сіра куріпка. Зрідка зустрічається стрепет, дрохва, степовий жура-

вель, степовий орел, канюк. Типовими плазунами є жовточеревий полоз і степова гадюка. З комах характерні саранові, хлібний турун, клопи-черепашки, стеблова совка тощо [91].

#### **9.4.5. Тропічні степи і савани**

Савани (степи з рідкими деревами чи групами дерев) розташовані в теплих областях, де за рік випадає значна кількість опадів (1000-1500 мм), проте має місце один чи два тривалих посушливих сезони, коли виникають пожежі, які відіграють істотну екологічну роль. Найбільша область цього типу знаходиться в Центральній і Східній Африці, а також в Південній Америці і Австралії. Часто на значних просторах домінує один вид дерев і злаків. Африканська савана не має собі рівних за чисельністю і розмаїттям копитних.

#### **9.4.6. Чапараль і жорстколистяні ліси**

Поширені в областях з м'яким помірним кліматом, значними зимовими дощами, сухим літом. Рослинність складається з дерев чи чагарників (або тих і інших) з жорстким товстим вічнозеленим листям. У Каліфорнії чапараль вкриває схили і каньйони на площі 2–3 млн. га.

#### **9.4.7. Пустелі**

Зустрічаються в областях, де за рік випадає менше 250 мм опадів. Інколи до пустель відносять області із значною кількістю опадів, проте розподілених вкрай нерівномірно. У більшості пустель протягом року випадає певна кількість опадів у вигляді дощу. Чи не єдиним місцем, де дощів випадає дуже мало або вони не випадають взагалі – це центральна Сахара і пустеля на півночі Чилі.

Існує три життєві форми рослин, пристосованих до життя в пустелі: 1) однорічники, які ростуть лише за достатньої вологи; 2) сукуленти, такі як кактуси; 3) пустельні чагарники, у яких численні гілки несуть дрібні товсті листочки.

Тварини пустелі по-різному адаптовані до нестачі води, зокрема, рептилії і деякі комахи не випаровують воду поверхнею тіла і мають економний тип виділення.

#### **9.4.8. Напіввічнозелені сезонні тропічні ліси**

Ростуть в областях з вологим тропічним кліматом, де є сухий сезон, під час якого частина чи всі дерева втрачають листя. Провідним фактором тут є регулярні сезонні коливання у випаданні рясних опадів. За видовим багатством сезонні тропічні ліси займають друге після дощових лісів місце.

#### 9.4.9. Тропічні дощові ліси

Тут розмаїття життя досягає максимуму. Вони розташовані на малих висотах полозою вздовж екватора. Опадів випадає від 2000 до 2250 мм за рік. Протягом року має місце один чи кілька сезонів з опадами 120-130 мм чи менше на місяць. Ці ліси поширені в басейні Амазонки і Оріноко (найбільший суцільний лісовий масив) і Центральноамериканському перешийку; в басейні Конго, Нігеру і Замбезі в Центральній і Західній Африці і Мадагаскарі; в Індо-Малайській області і на островах Борнео і Нова Гвінея.

Дощовий ліс характеризується яскраво вираженою ярусністю. Дерев формують три яруси. Багато лазячих рослин, зокрема деревних ліан і епіфітів. Більша частина тварин мешкає у верхніх ярусах рослинності.

Специфіка біогеохімічних колообігів у дощових тропічних лісах полягає в мінімізації абіогенного компонента: біогени рухаються від живого до живого. Саме завдяки цьому на бідних ґрунтах ліси ростуть так рясно. Наслідком цього є те, що в місцях, де дощовий ліс знищено, розвивається вторинний ліс, до складу якого входять хвойні дерева. Повернення ж до вихідного кліматичного угруповання відбувається вкрай повільно. Саме ця особливість вологих тропічних лісів призводить до того, що вони дуже уразливі до антропогенного навантаження.

#### 9.4.10. Тропічний скреб, чи колюче рідколісся

Поширений там, де умови вологості проміжні між пустелею і саваною з одного боку, сезонним і дощовим лісом – з іншого. Значні території ці екосистеми займають в центрі Південної Африки, в південно-західній Африці і частині південно-західної Азії. Провідний кліматичний фактор тут – несприятливий розподіл опадів, річна величина яких цілком достатня. Колючі ліси в Африці і в Австралії називають “бушами”, в Бразилії – “каатингами”. Вони складаються з невеликих листяних дерев, які часто бувають колючими і чудернацьки закрученими.

### 9.5. Штучні екосистеми

Вище коротко описані основні природні екосистеми нашої планети. Але розгляд екосистем був би не повним без аналізу особливостей штучних, створених людиною екосистем. Серед них особливе місце посідають *агроекосистеми*.

#### 9.5.1. Агроекосистеми

Зростання виробництва сільськогосподарської продукції (так звана «зелена революція») відбулося, головним чином, за рахунок високої механізації сільського господарства, пов'язаної з внесенням значної кількості енергії у вигляді палива, застосування вишуканих засобів боротьби зі шкідниками і створення високоінбредних сортів рослин (Ю. Одум, 1975) [17].

Максимізація врожаю без урахування інших наслідків породжує дуже серйозні прорахунки, як екологічні, так і соціальні. Щодо перших, то подвоєння врожаю зернових вимагає десятикратного зростання затрат добрив, пестицидів, палива тощо. Таким чином, індустріалізоване (що використовує енергію горючих копалин) сільське господарство (наприклад, у Японії) може дати в 4 рази більш високий врожай з гектара, ніж за умов ведення сільського господарства, де всю роботу виконують люди і домашні тварини (Індія), проте воно вимагає в 10 разів більше витрат ресурсів і енергії. Тому *«агроіндустрія»* – одна з головних причин забруднення довкілля. Отже, при розвитку сільськогосподарського виробництва необхідно приділяти належну увагу якості сільського ландшафту, який має бути не лише джерелом їжі, але і чистої води, чистого повітря, задовольняти потреби рекреації тощо.

Варто відзначити кілька головних проблем, на які звертав увагу Ю. Одум ще на початку 1970-х років. Широка публіка і багато фахівців введени в оману неповним урахуванням витрат на сільське господарство: не враховується вартість енергетичних витрат, а також забруднення навколишнього середовища, викликане масовим використанням техніки, добрив, пестицидів, гербіцидів тощо.

По-справжньому придатні для сільського господарства лише 24% суходолу. Зрошення посушливих земель тощо вимагає не лише колосальних капіталовкладень, але й матиме значні віддалені наслідки для глобальної рівноваги, причому деякі з цих наслідків можуть бути досить небезпечними. До останнього часу недооцінювалася глобальна роль домашніх тварин і потреби людини в тваринному білку.

Країни, що розвиваються, так і залишаться «тими, що вічно розвиваються», допоки в них не припиниться зростання населення. З іншого боку, економічно розвиненим країнам загрожують «труднощі достатку», породжені забрудненням середовища, злочинністю і зростанням чисельності «недорозвинених» злиднів.

Стає дедалі зрозумілішим, що оптимальна щільність населення повинна розраховуватися, виходячи не з кількості калорій (їжі). *Земля може прогодувати значно більше «ротів», ніж нормальних людських істот, яким потрібна розумна ступінь свободи і право на щастя.* На думку Ю. Одума, прекрасне екологічне формулювання цього положення дав економіст Кеннет Боулдінг (1966): *«Головний критерій успішного розвитку економіки – зовсім не розміри виробництва і споживання, а природа, розмір, якість і складність сукупного основного капіталу, включаючи стан тіла і розуму людей, що входять в систему».* Можливо, людина, наслідуючи природу, повинна прагнути не до зростання продукції і споживання як таких, а до підвищення якості і різноманіття своєї «біомаси»? (Ю. Одум, 1975).

Наразі головними проблемами агроєкології є теоретичні та методологічні проблеми агроландшафтів та агроєкосистем, закони їх розвитку і функціонування, особливо в умовах *техногенезу* (процесу зміни природних

комплексів під впливом виробничої діяльності людини). Особливої уваги вартий аналіз впливу на агроєкосистеми органічних і мінеральних добрив, їх екологічна роль в якості чинника оптимізації живлення рослин та підтримання і поліпшення родючості ґрунту, так і їх негативна роль в забрудненні довкілля, зменшенні біорізноманіття і якості сільгосппродукції, їх вплив на природні води; вплив засобів охорони рослин на ґрунт, культурні рослини, мікроорганізми та здоров'я людини; екологічні наслідки меліорації та їх вплив на агроєкосистеми та природне середовище; вивчення впливу тваринництва за такими аспектами: вплив відходів тваринництва на довкілля, дигресія пасовищ, санітарно-захисні зони довкола тваринницьких комплексів; ґрунтово-біотичний комплекс, який є основою агроєкосистеми, що включає; функціональна роль ґрунту в екосистемі, діяльність мікробного комплексу; нормування вмісту хімічних елементів в ґрунтах тощо. Вкрай гостро стоїть проблема оптимізації та організації стійких агроєкосистем, зокрема, стійкість агроєкосистем при різних системах землеробства.

Концептуальні положення щодо сталого розвитку агроєкосистем повинні базуватись на системному підході при аналізі взаємодії природних, антропогенних, інформаційних та енергетичних чинників. Результати експериментальних досліджень служать теоретичною основою для створення діючих моделей сталих агроєкосистем. Так, органічні системи удобрення (СУ), засновані на використанні високих доз гною (20–24 т/га), слід моделювати окремо. Такими є інтенсивні зернопросапні або кормові сівозміни біля ферм, а також виробничі системи з розвинутою тваринницькою галуззю. Їм притаманні високі еколого-енергетична ефективність і коефіцієнт рециркуляції біогенних елементів, розширене відтворення гумусного стану ґрунту, а також продуктивність посівів на рівні кращих варіантів СУ. При рослинницькій спеціалізації з досліджуваних СУ заслуговує на увагу застосування на добриво соломи й, особливо, всієї побічної продукції врожаю. Однак, вони відрізняються низьким коефіцієнтом рециркуляції, стабілізують, але не забезпечують повного відтворення гумусного стану ґрунту, мають відносно невисокий рівень продуктивності та енергетичної ефективності, що призводить до необхідності застосування мінеральних добрив.

Залежно від спеціалізації господарської діяльності та ресурсних можливостей можуть використовуватися різні органо-мінеральні СУ. Вони здебільшого характеризуються відносно невисокою рециркуляцією біогенів, як правило, забезпечують відтворення еколого-енергетичного стану ґрунту, мають високі показники продуктивності й енергетичної ефективності. Проте для запобігання непродуктивних втрат вуглецю й азоту такі комбінації органічних і мінеральних добрив у виробничих системах повинні формуватися з урахуванням співвідношення C:N, особливо при внесенні високих доз органіки. Результати цих теоретичних положень використовувалися при розробці перспективних сценаріїв або моделей розвитку конкретних сільськогосподарських підприємств.

Основою існування агроєкосистем є взаємодія речовини та енергії. Мікробіологічні процеси забезпечують циклічну динаміку біогеохімії ґрунтоутворення, основним результатом якої є біологічна акумуляція та консервація елементів живлення в кореневмісному шарі ґрунту, що і зумовлює поступовий розвиток його родючості. В агроєкосистемах багатовидова природна рослинність замінена на більш одноманітну культурну. При цьому відбувається відчуження біопродукції з поля у вигляді урожаю, в результаті чого зменшується надходження органіки, біогенних елементів та енергії, що призводить до часткового розмикання мікробіологічних процесів. Таким чином, відбувається диспропорція між об'ємом синтезованої рослинної біопродукції і біомаси, яка надходить в ґрунт. Наприклад, при загальній біомасі урожаю озимої пшениці 120–160 ц/га з урожаєм основної продукції відчужується до 65%, а в посівах ярих при біомасі 80–120 ц/га в ґрунт може бути повернуто тільки 30–35 ц/га.

Теоретичні моделі розвитку систем ведення сільськогосподарського виробництва повинні базуватися на замкнених технологічних циклах та високому рівні рециркуляції біогенних елементів, коли відходи одного технологічного процесу є сировиною або базою для наступного, при відносно невисоких витратах ресурсів техногенного походження. З цієї точки зору, важливе значення має співвідношення галузей тваринництва і рослинництва. В значній своїй частині відходи рослинництва є базою для розвитку тваринництва. У свою чергу, відходи тваринництва забезпечують рециркуляцію біогенів в агроєкосистемі, тобто повторне їх використання.

Раціональне землекористування, підвищення його сталості, продуктивності й економічної ефективності базується, насамперед, на оптимальній спеціалізації агроєкосистеми. Останніми роками в Україні спостерігається стійка тенденція до скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин, звуження спеціалізації господарств на виробництво найбільш прибуткових зернових і технічних культур. Вузька рослинницька спеціалізація виробничих систем передбачає скорочення в структурі посівних площ частки культур з високою здатністю до відновлення середовища, в т.ч. багаторічних бобових трав.

За накопиченням біомаси, яка після збирання урожаю залишається в ґрунті, основні сільськогосподарські культури розташовуються в наступний спадаючий ряд: багаторічні трави, кукурудза, озима пшениця, ячмінь, однорічні трави, горох, цукрові буряки. Скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин, з одного боку, знижує потребу в вирощуванні таких основних кормових культур як багаторічні трави, кукурудза, пожнивні й поукісні кормові суміші, з іншого – призводить до зниження об'ємів надходження в рослинництво відходів тваринництва і, насамперед, гною. В результаті у сівозмінах баланси органічної речовини й елементів живлення стають негативними, збільшується кількість неприпустимих попередників, погіршується фітосанітарний стан. Таким чином системи ведення господарства, орієнтовані на розвиток галузі тваринництва, завжди більш сталі.



Узагальнення результатів досліджень в стаціонарних дослідах та вивчення особливостей сучасної виробничої діяльності ряду типових для Лісостепу господарств дозволило сформулювати три основних сценарії їх розвитку й функціонування:

*Стійке господарство* базується на науково обґрунтованій спеціалізації аграрних підприємств, що припускає оптимальне співвідношення галузей тваринництва й рослинництва, культур, які поліпшують ґрунт та негативно впливають на ґрунтову родючість. На цій основі формується оптимальна структура посівних площ, розробляється гнучка система сівозмін із кращими попередниками, застосовуються ресурсо- й енергозберігаючі агротехнології. В результаті відчуження речовини й енергії знижується, зростає рециркуляція, а отже витрати на відтворення родючості ґрунту зменшуються.

*Нестійке* – впливає з вузької (наприклад зернової) спеціалізації, що припускає переважання в структурі посівних площ інтенсивних культур, застосування високозатратних технологій. У результаті відчуження речовини й енергії зростає і, відповідно, збільшуються витрати антропогенних ресурсів на компенсацію втраченої родючості ґрунту та підтримки певного енергетичного потенціалу агроєкосистеми.

*Деструкційне* – безповоротне відчуження речовини й енергії без компенсації на відновлення енергетичного потенціалу агроєкосистеми – найбільш поширений на сучасному етапі варіант ведення сільськогосподарського виробництва.

Висока продуктивність агроєкосистем повинна досягатися переважно за рахунок активізації якомога більшого різноманіття біотичних чинників. При цьому «біологізація» виробничих систем здійснюється за рахунок підвищення коефіцієнту використання ріллі шляхом максимального її насичення проміжними кормовими культурами, поліпшення складу культур у сівозмінах. Наявність в агроєкосистемі високопродуктивної тваринницької галузі обумовлює створення відповідної кормової бази.

У свою чергу, повноцінна годівля тварин передбачає забезпеченість раціонів достатньою кількістю протеїну, для одержання якого необхідно розширювати площі посіву багаторічних бобових трав, однорічних бобово-злакових травосумішей, а також кукурудзи на корм у сполученні з бобовими і хрестоцвітими культурами. Отже, наявність сільськогосподарських тварин пов'язана зі збільшенням частки біологічного азоту в агроєкосистемі за рахунок підвищення питомої ваги кормових культур, особливо бобових. Скорочення галузі тваринництва, або її ліквідація, призводить до зменшення площі посіву кормових культур і в тому числі бобових. Як наслідок, набір культур обмежується зерновими й технічними. В результаті необхідно застосовувати більше азотних мінеральних добрив, зменшується площа оптимальних попередників для зернових культур та погіршується фітосанітарний стан агроєкосистеми з наступним зниженням продуктивності посівів. Таким чином, вирішення питань формування оптимального

співвідношення рослинництва й тваринництва, відповідного вдосконалення структури посівних площ дозволяє, з одного боку, нарощувати виробництво більш ліквідної тваринницької продукції, з другого – забезпечити відтворення родючості ґрунту з мінімальним застосуванням ресурсів промислового походження.

При оптимальній кількості тварин і відповідній системі заготівлі та використання кормів, в кругообіг агроєкосистеми повертається 50 і більше відсотків біогенних елементів від їх загального виносу, що безумовно значно зменшує потребу в мінеральних добривах. Наприклад, при реалізації 100т зерна за межі землекористування відчужується приблизно 3,5т біогенних елементів. При згодовуванні цього зерна сільськогосподарським тваринам за межі землекористування з молоком буде винесено тільки 760 кг елементів живлення, з свининою – 400 кг, з яловичиною – 380 кг. Відповідно виніс азоту з агроєкосистеми, залежно від спеціалізації тваринництва, скорочується в 4–8 разів, фосфору – в 10-25 разів, калію – в 5-50 разів.

Важливо, що особливо суттєво скорочується відчуження фосфору й калію, оскільки на відміну від азоту витратну частину в балансі якого можна компенсувати інтенсифікацією азотфіксації (розширення площі бобових культур, інокуляція посівного матеріалу бактеріальними добривами), запаси  $P_2O_5$  і  $K_2O$  в доступній для рослин формі в кореневмісному шарі обмежені й поповнити їх можна тільки за рахунок мінеральних або органічних добрив.

Слід також враховувати, що рециркуляція одних і тих же елементів живлення можлива лише при забезпеченні “герметичності” їх кругообігу в системі: ґрунт – рослинництво – тваринництво – відходи рослинництва й тваринництва – ґрунт. Це забезпечується, головним чином, організацією накопичення та використання всіх ресурсів органічних добрив і, в першу чергу, гною. При його низькій якості потреба в додатковому придбанні мінеральних добрив різко підвищується.

Особлива роль належить тваринництву в підтриманні родючості малопродуктивних ґрунтів. Наприклад, в господарствах Полісся України, в історичному аспекті, корів утримували не стільки для виробництва молока і м’яса, скільки для накопичення органічних добрив, тобто додаткового залучення біогенних елементів з інших екосистем, в т.ч. лучних та лісових.

В умовах радіоактивного забруднення галузь тваринництва відіграє роль своєрідного додаткового бар’єру для радіоактивних елементів у системі ґрунт–рослина–тварина–продукти харчування–людина. При використанні на корм забрудненої фітомаси близько половини радіонуклідів видаляється з організму тварини, або накопичується в кістках.

Отже, для сталого та екологічнобезпечного розвитку агроєкосистем ключове значення має оптимізація співвідношення галузей рослинництва й тваринництва, яка полягає в створенні стабільної ланки субрівня, урівноваженої потоками енергії, кругообігом органічних і мінеральних речовин, підтримуючи стабільність і динамічну рівновагу всіх ланцюгів агроєкосис-

теми. Реалізувати ці положення можливо тільки при одній умові – підтриманні родючості ґрунтів на оптимальному рівні шляхом збалансованості мікробіологічних процесів речовин і потоків енергії в агроєкосистемах. У цьому відношенні першочергове значення має міжгалузєва оптимізація спеціалізації господарської діяльності, яка має бути адаптована до ґрунтово-кліматичних, агроландшафтних і соціально-економічних умов.

Особливої уваги при конструюванні агроєкосистем заслуговують рослини-репеленти, що виділяють відлякуючі комахи речовини. Так, обробіток злакових трав навколо посівів квасолі знижує їх ураження цикадками. Перспективні і культури-«пастки». Наприклад, для боротьби з буряковою нематодою використовують ранні посіви хрестоцвітих з подальшим їх загортанням (сидерати). В умовах полікультури нерідко знижується ураження культивованих рослин збудниками хвороб і вірусами унаслідок менших темпів накопичення і розповсюдження інокулюма і вірусів під впливом мікроклімату – зміни вологості, температури, освітленості.

*Конструювання агроєкосистеми за принципом сівозміни* – це послідовний обробіток різних культур в часі і просторі, що має вирішальний вплив не тільки на родючість ґрунту, але і на виживання фітопатогенів, нематод, комах, бур'янів.

Як дієвий засіб боротьби зі шкідливими організмами здавна використовуються і різні способи обробки ґрунту. В зв'язку з цим необхідно враховувати, що перехід, наприклад, до мінімальної обробки ґрунту призводить до такої зміни видового складу бур'янів, при якому набувають широкого поширення генетично близькі до оброблюваної культури види рудеральної рослинності. Оскільки в рослинних залишках, що зберігаються на поверхні ґрунту, створюються кращі умови для виживання, зростання і розмноження фітопатогенів, ймовірність виникнення епіфітотій зростає. При мінімальній обробці підвищується виживання і комах-шкідників, зростає їх різноманітність. В той же час зниження температури на 1–4°C і більша вологість ґрунту за цих умов зменшують ураження рослин кукурудзи стебловою гнилизною. Застосування соломи як мульчі знижує чисельність білокрилки, що є переносником вірусу. В цілому мінімальна обробка ґрунту наближає агроєкосистеми до природних екосистем, сприяючи не тільки збереженню органічних речовин, але і активації ґрунтових мікроорганізмів і безхребетних.

Чисельні дані свідчать про те, що в умовах використання високих доз азотних добрив, зрошення як потенційно високоурожайних сортів так і гібридів (конкурентоспроможність яких звичайно знижена) істотно зменшення врожайності пов'язане із засміченістю полів. До числа особливо шкідливих для сільськогосподарських культур належить близько 250 видів бур'янів, які зазвичай характеризуються високою насінною продуктивністю. Найбільшу шкоду бур'яни наносять в першу третину вегетації культивованих рослин.

Багато бур'янів є резерваторами шкідників. Так, більш 70 родин членистоногих, що вражають культивовані види рослин, використовують бур'яни як кормову базу. В той же час і корисна ентомофауна нерідко приурочена до рудеральних рослин. Причому наявні дані свідчать про те, що масове розповсюдження сільськогосподарських шкідників з більшою ймовірністю відбувається на незасмічених, ніж засмічених ділянках.

Тому залежність врожайності від щільності популяції бур'янів виявляється нелінійною, а сигмоподібною: низька щільність бур'янів звичайно не впливає на врожайність, а деякі види бур'янів навіть стимулюють зростання культурних рослин.

Необхідний системний підхід до управління динамікою чисельності популяцій бур'янів. Зокрема, слід враховувати різну конкурентоспроможність зернових колосових культур (овес–пшениця–ячмінь).

Людина своєю господарською діяльністю створює штучні екосистеми – агроценози (поля, пасовища, сади, виноградники, парки). На відміну від природних екосистем, до складу яких входять сотні й тисячі різноманітних видів, агроценози характеризуються однотипністю видового складу і вкрай обмеженою здатністю до саморегуляції.

Розміри екосистем (і агроценозів) можуть коливатися від незначних (пеньок, калюжа, город) до дуже великих, що вимірюються гектарами (ліс, озеро, поле). Кожний біогеоценоз характеризується власним колообігом речовин, трансформацією сонячної енергії і продуктивністю біомаси.

У разі незначної амплітуди коливання зовнішніх умов такий біоценоз із наявною динамічною рівновагою може існувати віками. Характерними особливостями його є: а) ярусність рослин, що підвищує коефіцієнт використання сонячної енергії, оскільки сумарна площа листків у 5–6 разів перевищує площу ділянки; б) висока первинна продуктивність; в) наявність різноманітних і численних споживачів утвореної органічної маси, а також довгих, які включають 4–5 ланок, ланцюгів живлення; г) здатність до саморегуляції чисельності компонентів усього біоценозу шляхом обмеження числа особин за принципом прямого і зворотного зв'язку; д) відсутність невикористаних органічних решток, практично повна їх мінералізація.

У зв'язку з тим що агроценози утворені невеликим числом видів, саморегуляція в них здійснюється недостатньо, що потребує активної турботи про них з боку людини. Для боротьби з бур'янами і шкідниками використовують хімічні засоби захисту (гербіциди, інсектициди). Проте хімікати впливають не лише на бур'яни і шкідників, а й на інші, корисні рослини і тварин. Не байдужі вони і для здоров'я.

### 9.5.2. Екосистема космічного корабля

Однією з захоплюючих галузей екології є створення замкнених або напівзамкнених екосистем для життєзабезпечення людини під час тривалого космічного польоту. Останнім часом мова вже йде про екосистеми,

які мають забезпечити існування поселень людей на Місяці чи на Марсі. Побудова такого роду системи життєзабезпечення безпосередньо пов'язане з екологією і теорією систем. Загалом з багатьох критеріїв, які має задовольняти система життєзабезпечення, лише два мають першочергове значення: 1) відповідність умовам космічного польоту і 2) стабільність і надійність.

З'ясувалося, що багатовидова система дуже не вигідна в сенсі маси і площі, проте її застосування глибоко обґрунтовано за умови, що всі основні біогеохімічні цикли і напрямки потоку енергії будуть розроблятися як єдине ціле. Результати досліджень лабораторних мікроекосистем не можна безпосередньо використовувати для космічних потреб, оскільки вони занадто малі, проте вони показали дуже високу стабільність, яка обумовлена їхнім різноманіттям. Зокрема, з'ясувалося, що метаболізм змішаних культур менш чутливий до змін температури, ніж метаболізм чистих культур (Бейерс, 1962), і що в стані клімаксу вони більш стійкі до іонізуючого випромінювання, ніж перехідні чи ранні стадії сукцесії (Кук та інш., 1963).

Нарешті, ціле коло проблем, пов'язаних навіть з найграндіознішою зі створених людиною замкнених екосистем («Біосфера-2»), свідчить, що наразі ще неможливо створити цілком збалансовану замкнену екосистему. І цим також всі штучні екосистеми істотно відрізняються від природних.

Проте саме за допомогою штучних екосистем, як моделей ноосфери, людині вдалося не лише глибше і ретельніше вивчити складні процеси в біосфері, а й взагалі стимулювати людський розум на пошуки оптимальних рішень проблеми виживання у майбутньому.

Усі дослідники одноставні в наступному: необхідно різко знизити навантаження на біосферу, змінивши концепцію необмеженого споживання «дарів природи» (яка була стратегією методології економічного мислення впродовж багатьох десятиріч) на *концепцію екологізації людської діяльності*.

### ***Контрольні запитання до розділу***

1. У чому полягає відмінність між біосферою та екосферою?
2. Чим визначаються межі біосфери?
3. На чому базується класифікація екосистем?
4. Які виділяють основні типи водних екосистем?
5. На чому ґрунтується класифікація водних і наземних екосистем?
6. Які головні типи наземних екосистем?
7. Що спільного між екосистемами коралових рифів та вологих тропічних лісів?
8. Які екосистеми нашої планети найбільш продуктивні?
9. Як впливають вологі тропічні ліси на баланс кисню в атмосфері?
10. В чому особливості болотних екосистем?
11. Чим принципово відрізняються штучні екосистеми від природних (проаналізувати за основними показниками).

## Розділ 10. ЗАБРУДНЕННЯ ЕКОСИСТЕМ

Сучасні екосистеми знаходяться в умовах значного антропогенного навантаження. Це знаходить свій прояв як у зміні фізико-хімічних умов звичайних екофакторів (термального режиму, зміни швидкості течії у зв'язку з зарегулюванням річкового стоку, зміни турбулентності тощо), так і у забрудненні (З) середовища різними забруднюючими речовинами.

Згідно з визначенням, даним у словнику з екології та охорони природи (Мусієнко, Серебряков, Брайон, 2002) [15], **забруднення** – 1) привнесення або утворення у середовищі звичайно не характерних для нього фізичних, хімічних, інформаційних чи біологічних агентів; перевищення в досліджуваній період часу природного середньобаторічного рівня (у межах його граничних коливань) концентрації перелічених агентів у середовищі, що нерідко призводить до негативних наслідків; 2) збільшення концентрації фізичних, хімічних, інформаційних та біологічних агентів понад кількості, яка спостерігалася нещодавно (наприклад, покаламутніння річкової води після дощу). В найзагальнішому вигляді забруднення – це все те, що не в тому місці, не в той час і не в тій кількості виявляється у природі і порушує в її системах рівновагу, відхиляється від звичайних та звичних для людини норм. Забруднення може викликатися будь-яким агентом, у т.ч. й “найчистішим” (наприклад, зайва відносно природної норми вода в екосистемі суходолу – забрудник). У кібернетичному тлумаченні З. – це постійний чи змінний шум, що збільшує ентропію системи. Забруднення може зумовлюватись природними причинами (З. природне) і під впливом діяльності людини – З. антропогенне (про останнє звичайно йдеться в разі обговорення проблем З.). Рівень забруднення оцінюється ГДК (гранично допустимими концентраціями), ГДВ (гранично допустимі викиди) та іншими Нормативними показниками.

Виходячи з відомої тези Парацельса «*Ніщо не позбавлено отруйності*», (*Paracelsus*, він же Філіпп Теофаст Бомбаст фон Гогенгейм, 1493–1541, – лікар і основоположник *ятрохімії* – напрямку в медицині, який розглядає всі хвороби як результат порушення хімічної рівноваги), варто завжди мати на увазі, що одні й ті самі речовини, конче необхідні в мікрокількостях, спричинюють отруєння за відносно невисокого їх вмісту. Так, багато які мікроелементи, абсолютно необхідні для життя, є типовими *токсикантами* за певної їх концентрації. Та й саме поняття «*токсикант*» зазвичай використовується у широкому і вузькому сенсах. У широкому розумінні **токсикант** – речовина, яка за певної концентрації (чи дози) спричинює токсичний ефект (ефект отруєння).

Оскільки розбіжності у тлумаченні різних термінів, які стосуються проблеми забруднення довкілля і оцінки стану екосистем досить істотні, доцільно навести загальноприйняті у Європейському Союзі основні терміни та їх визначення згідно *Водної рамкової директиви ЄС 200/60/ЄС* [44].

Після 5-річного процесу реструктуризації європейської водної політики була прийнята нова Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року, яка встановлює рамки дії Співтовариства у сфері водної політики. Вона стала керівним документом для встановлення цілей охорони води в цьому столітті. Водна Рамкова Директива передбачає:

- Комплексний підхід до захисту усіх вод – річок, озер, прибережних і підземних вод;
- Досягнення «доброго» стану для всіх вод до 2015 року (цілеспрямований менеджмент);
- Управління водними ресурсами за басейновим принципом;
- Посилення транскордонного співробітництва прибережних країн (один річковий басейн – єдиний план управління);
- Ефективне використання водних ресурсів за принципом «забруднювач платить»;
- Широкомасштабне залучення громадян, зацікавлених сторін, НГО;
- Удосконалення законодавства.

Водна Рамкова Директива надає країнам-членам Європейського союзу та країнам, що мають на меті приєднання до нього нові масштабні можливості співпраці у сфері покращення екологічного стану річок і озер. Це відповідає цілям міжнародної співпраці у рамках процесу «Довкілля для Європи» та «Екологічній програмі для Центральної і Східної Європи».

### 10.1. Основні терміни

*Забруднення* – пряме або непряме внесення в результаті діяльності людини речовин або тепла в повітря, воду або землю, що може бути небезпечним для здоров'я людини або якості водних екосистем чи то для безпосередньо залежних від них наземних екосистем, що в результаті призводить до псування матеріальних цінностей або до погіршення чи ушкодження корисних властивостей довкілля та можливості законного користування довкіллям;

*Небезпечні речовини* – речовини або групи речовин, що є токсичними, стійкими і здатними до біоаккумуляції, та інші речовини, або групи речовин, які викликають еквівалентний рівень стурбованості;

*Речовина-забрудник* – будь-яка речовина, яка може спричинити забруднення, особливо ті, що перелічені в Додатку VIII ВРД (водної рамкової директиви);

*Екологічний стандарт якості* – концентрація окремої речовини-забрудника або групи речовин у воді, осаді або біоті, яку не можна перевищувати для того, щоб захистити здоров'я людини та довкілля;

*Коефіцієнт екологічної якості* – коефіцієнт, що виражає співвідношення між вимірними значеннями біологічних параметрів та референційними значеннями обраного поверхневого водного об'єкта. Коефіцієнт ви-

ражається числовою величиною від нуля до одиниці, відмінний екологічний стан відповідає значенням, близьким до одиниці, а поганий екологічний стан – значенням, близьким до нуля;

*Референційні умови* – стан будь-якого водного об'єкта (у даний час або в минулому), за якого відсутні (спостерігаються в незначному обсязі) зміни величин гідроморфологічних, фізико-хімічних та біологічних складових якості, які могли б існувати за відсутності антропогенного втручання. Референційні умови слід представляти як величини складових екологічної якості для розрахунку коефіцієнтів екологічної якості та подальшої класифікації екологічного стану;

*Стан поверхневих вод* – загальний вираз щодо стану поверхневого водного об'єкта, який визначається найгіршими показниками його екологічного та хімічного станів;

*Екологічний стан* – вираження якості структури і функціонування водних екосистем, пов'язаних з поверхневими водами, відповідно до класифікації, наведеної в Додатку V ВРД;

*Критичне навантаження* – кількісна оцінка впливу однієї або декількох речовин-забрудників, нижче від якої не відбувається значних шкідливих впливів на елементи довкілля;

*Погіршення якості* – погіршення якісних параметрів одного або більше елементів певної системи.

З позицій системного підходу ***забруднення – поява чи перевищення значень будь-якого чинника (речовинного, енергетичного, інформаційного), що призводить до зниження функції благополуччя системи.***

У низці випадків забруднення – поява нехарактерних (генетично чужерідних) компонентів чи непритаманної їх концентрації, що істотно порушує природний плин процесів та призводить до зниження функції благополуччя системи.

За типами забруднень розрізняють *механічне, фізичне, хімічне, біологічне та інформаційне забруднення.*

Проблема взаємовідносин організм-середовище вирішувалась біологами з давніх часів. Дія природних факторів на організми розглядається всіма еволюціоністами і екологами. В наш час проблема забруднення екосистем є глобальною і чим далі – все більше привертає увагу не лише практиків (спеціалістів з охорони природи), але і теоретиків, оскільки подальша еволюція життя на Землі буде здійснюватись за значного впливу різних токсикантів на всі сторони життєвого процесу. Хімічне забруднення середовища життя виступає вже як новий фактор еволюційного процесу життя на Землі (Строганов, 1983).

## 10.2. Забруднення біосфери

Забруднення істотно позначилось як на атмосфері, літосфері, так і на гідросфері. Будь-яке забруднення врешті-решт потрапляє до водойм, спричинюючи через гідрологічний цикл забруднення всього довкілля.



Водні екосистеми накопичуючи забруднення з усього водозбірного басейну, виявляються найбільш уразливими. З іншого боку, їх індикація може дати цінну інформацію про ступінь забруднення всього водозбірного басейну.

Із забруднюючих речовин найбільше значення для екосистем мають нафта і нафтопродукти, пестициди, солі важких металів, детергенти, антисептики і радіонукліди.

### 10.2.1. Нафта і нафтопродукти

Нафта і нафтопродукти потрапляють до водойм при транспортуванні рідкого палива, при ушкодженнях нафтопроводів, підводних бурових роботах, в результаті скидання стоків нафтопереробних підприємств, змивання нафтопродуктів з суходолу тощо.

Середній вміст нафти в пелагіалі Світового океану досягає 10–20 мкг/л. Забруднення нафтопродуктами континентальних водойм значно вище.

Утворюючи на поверхні води плівку, нафта порушує газообмін води з атмосферою, внаслідок чого виникають заморні явища. Розчинні у воді фракції гостро токсичні для переважної більшості водних організмів. При значному рівні забруднення життя майже відсутнє, натомість значного розвитку досягають нафтоокислюючі бактерії.

Вже за концентрацій нафтопродуктів  $10^{-3}$  –  $10^{-6}$  мг/л сповільнюється чи припиняється поділ клітин фітопланктону. Нижчі ракоподібні починають гинути за концентрації нафтопродуктів  $10^{-6}$  мг/л.

### 10.2.2. Радіоактивне забруднення

У межах території Центральної України розміщена значна кількість техногенних об'єктів радіаційної небезпеки (НВО “Схід ГЗК”, уранові шахти, хвостосховища з відходами збагачення уранових руд тощо). Але головним фактором потенційної небезпеки для здоров'я населення регіону є велика кількість радіоактивних елементів в гірських породах літосфери.

У геоструктурному відношенні ця територія є Кіровоградським блоком Українського кристалічного щита, породи якого мають максимальні для території України концентрації радіоактивних елементів. Тут зосереджені всі найбільші родовища урану, які приурочені до вузлів розломних зон.

У геологічному середовищі постійно відбуваються процеси розпаду урану і торію з утворенням радіоактивних газів радону-222 та радону-220. Проведені протягом 90-х років обстеження території Кіровоградської області виявили значну загазованість радоном багатьох приміщень. Найбільші концентрації спостерігаються в погрібах та підвалах (до 10000–50000 Бк/м<sup>3</sup>), а також у герметизованих житлових приміщеннях, що мають зв'язок з підвалами, ґрунтом, підґрунтям (до 400–500 Бк/м<sup>3</sup>) в межах міст Кіровограда та Знам'янки, сіл Зелене, Калинівка, Мар'ївка тощо). Зафіксо-

вані перевищення санітарних норм для житлових приміщень в 5-10 разів (Вовк, 2002).

### 10.2.3. Пестициди

*Пестициди* – (від лат. *pestis* – зараза і *caedo* – вбиваю) – хімічні речовини, які використовують для боротьби зі шкідливими організмами. Часто як синоніми використовують терміни *отрутохімікати* і більш вузьке поняття *хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР)*. За впливом на певні групи організмів розрізняють:

- гербіциди* – знищують сміттєву рослинність;
- дефоліанти* – пришвидшують опадання листя;
- інсектициди* – знищують комах;
- фунгіциди* – знищують грибів;
- зооциди* – знищують теплокровних тварин;
- іхтіоциди* – знищують рибу;
- нематоциди* – знищують круглих черв'яків (нематод) тощо.

Більша частина пестицидів – це отрути, що знищують організми-мішені, проте до них належать також стерилізатори (речовини, що викликають безплідність) та інгібітори росту.

У світовій практиці використовується близько 700 індивідуальних хімічних речовин, з яких виготовляють кілька тисяч препаратів. Широке поширення отримали не більше 200 пестицидів.

Застосування пестицидів – потужний напрямок розвитку, вибраний цивілізацією 20-го століття. Можна виокремити три головні причини широкого поширення пестицидів. Перша – прагнення підвищити продуктивність праці в сільському господарстві. Друга – психологічний фактор, який можна назвати «силовим символізмом». Пестициди можна безпосередньо спрямувати на «ворога» і перемогти його. Третя, головна причина – зацікавленість хімічних компаній, які виробляють пестициди, в отриманні все більших прибутків (Федоров, Яблоков, 1999) [89].

Пестициди застосовують, головним чином, у сільському господарстві. Хоч їх використовують також для захисту продовольчих запасів, деревини та інших природних продуктів. У багатьох країнах за допомогою пестицидів проводять хімічну боротьбу зі шкідниками лісів, переносниками захворювань людини і домашніх тварин (зокрема, з малярійним комарем).

Пестициди розрізняються за своєю специфічністю, тобто за діапазоном організмів, які вони уражають. ДДТ (дихлордифенілтрихлорметилтан), наприклад, має широкий спектр дії, знищуючи багато видів тварин. У пилікарбу спектр дії набагато вужчий – він діє на тлю і двокрилих, але не впливає на жуків і багатьох інших комах. Діалон знищує однодольні рослини, майже не впливаючи на дводольні.

Застосування пестицидів широкого спектру дії небезпечно, оскільки знищує безліч різних видів, порушуючи численні взаємозв'язки в екосис-

темі. Відомий приклад такого роду – використання ДДТ для боротьби з гусінню.

Пестицидне отруєння шкідливо впливає на багатьох хижаків, зокрема, птахів. Наприклад, сокіл-сапсан повністю зник на сході США внаслідок застосування там ДДТ. Птахи особливо чутливі до цього отрутохімікату, оскільки він індукує гормональні зміни, які впливають на метаболізм кальцію, а це призводить до зтоншення шкаралупи яєць, які у більшості випадків починають лускатися навіть при звичайному насиджуванні.

Багато пестицидів дуже стійкі і поширюються далеко від місць застосування. Наприклад, у середині 1960-х років ДДТ виявлений в печінці пінгвінів у Антарктиді.

Використання ДДТ наразі заборонене в усіх розвинених країнах. Проте він досить дешевий і до цього часу вважається гарним засобом в певних ситуаціях, наприклад, при боротьбі з малярійними комарами. За допомогою ДДТ у багатьох країнах вдалося повністю викоренити малярію.

Довготривалі ефекти впливу пестицидів, навіть в малих дозах, і можливий синергізм їхньої дії з іншими забруднювачами середовища і переносниками хвороб досліджені недостатньо.

Використання пестицидів почалося давно. Сірка і миш'як як інсектициди відомі з давніх часів. Дослідження препаратів сполук миш'яка призвели до впровадження в 1867 р. препарата паризької зелені – неочищеного арсеніту міді. В США, наприклад, її використовували вже наприкінці 19 ст. для обмеження чисельності колорадського жука.

Розрізняють *пестициди першого, другого і третього поколінь*. Відлік поколінь пестицидів ведуть з часів першої світової війни, коли в Германії в 1913 р. почали протруювати насіння з використанням ртутьорганічних пестицидів. До *пестицидів першого покоління* зазвичай належать синтетичні інсектициди органічного походження, які з'явилися на ринку після першої світової війни. До них належать, наприклад і 4,6-динітро-о-креол (ДНОК), фенотиазин, які застосовуються ще й сьогодні тощо. ДНОК в 1920 рр. використовували для боротьби із зимуючими стадіями деяких видів комах в плодових насадженнях, а пізніше – для боротьби з бур'янами злакових.

Перед другою світовою війною широкого застосування набули різні етери роданистоводневої кислоти.

Пошук органічних (включаючи синтетичні) речовин для масштабного контролю комах, бур'янів та інших мішеней особливо інтенсивно розпочався після другої світової війни. Широке застосування знайшли *хлорорганічні пестициди (ХОП), фосфорорганічні пестициди (ФОП), карбамати*. Ці групи склали основу *пестицидів другого покоління*.

Початок застосуванню ХОП поклав найвідоміший препарат ДДТ, синтезований австрійцем Отмаром Цайдлером ще в 1874 р. Інсектицидні властивості ДДТ були виявлені в 1937 р. і в 1940 р. розпочалося його використання в якості пестицида. Запровадження ДДТ в практику супроводжувалося нагородженням у 1948 р. швейцарського хіміка Пауля Германа Мюл-

лера, ініціатора застосування ДДТ, Нобелівською премією в галузі фізіології й медицини. Не менш відомим ХОП виявився інсектицид гексахлоран (ГХЦГ).

*Третє покоління пестицидів* склали, головним чином, синтетичні пиретроїди і гормональні препарати. Принциповою особливістю пестицидів третього покоління, що мають високу інсектицидну активність і незначну стійкість в оточуючому середовищі, є різке зниження норм витрат від кількох до 200-300 г/га (при  $LD_{50} = 40-2000$  мг/кг). Вони малотоксичні для ссавців, проте високотоксичні для риб. Ці пестициди почали застосовуватися з середини 1970-х рр.

До пестицидів належать десятки тисяч хімічних препаратів, синтезованих для боротьби зі шкідливими тваринами і рослинами. За призначенням їх поділяють на інсектициди, акарициди, нематоциди, малакоциди, іхтіоциди, альгіциди, гербіциди та інші.

За хімічним складом розрізняють хлорорганічні (ДДТ, гексахлоран, альдрин, ендрин тощо) і фосфорорганічні (метафос, хлорофос, карбофос), сполуки – похідні карбонових кислот, сечовини тощо. Хлорорганічні пестициди малорозчинні у воді, але добре розчиняються в ліпідах. Період напіврозпаду багатьох з них – понад 10 років.

Пестициди потрапляють до водойм з поверхневим стоком, з атмосфери, особливо при опилених полів авіацією. Середній вміст пестицидів у пелагіалі океану складає 10-20 нг/л. У континентальних водоймах їх концентрація значно вища. За концентрацій пестицидів 1-10 мкг/л інтенсивність фотосинтезу фітопланктону зменшується на 70-95%. Загальний ефект від застосування пестицидів – зниження видового різноманіття.

Особливо небезпечні пестициди у зв'язку зі здатністю багатьох із них накопичуватися в трофічних ланцюгах (варто згадати історію застосування ДДТ). Детальніше про пестициди варто почитати: *Л.А. Федоров, А.В. Яблоков*. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку [89].

#### 10.2.4. Важкі метали

Із численних токсикантів, поширених у водному середовищі, найбільшу тенденцію до накопичення в живих організмах виявляють важкі метали (які в малих концентраціях є біоелементами, необхідними для життя) (Брагінський, 1995).

Сам термін «важкі метали» має деякі відмінності у тлумаченні різними авторами. Зокрема, у технічній літературі, де метали поділяються на легкі та важкі, важкими називають метали зі щільністю понад 5 г/см<sup>3</sup> (Морковкин, Панова, 2002); Для біологічної класифікації доцільніше керуватися не щільністю, а відносною атомною масою. До важких металів належить понад 40 хімічних елементів, маса атомів яких складає понад 40 атомних одиниць (Алексеев, 1987), а за іншими джерелами – понад 50 атомних одиниць (Морковкин, Панова, 2002). У екологічній літературі найчастіше використовують саме останнє визначення.

Джерела надходжень токсикантів, у тому числі важких металів, у навколишнє середовище поділяються на природні та антропогенні. До природних джерел належать продукти вивітрювання гірських порід, вулканічна діяльність, родовища копалин тощо. Найбільша кількість важких металів (до 95%) потрапляє в атмосферу і включається в глобальне перенесення завдяки діяльності підприємств чорної і кольорової металургії, машинобудування, радіо- і електротехніки, різних галузей хімічної промисловості, ТЕЦ тощо (Перевозников, Богданова, 1999).

Встановлено, що антропогенне надходження ВМ значно перевищує природне. Зокрема для ртуті – майже вдвічі, для міді, цинку, свинцю – більше, ніж на порядок. Якщо раніше фонові значення металів у переважній більшості випадків були досить низькими, то зараз в окремих водоймах Росії середній їх вміст суттєво зріс. Так, у воді Волги концентрація міді зросла в 11,5 рази, цинку – в 9,8, свинцю – в 5,6, кадмію – в 4,9 рази. Фоновий рівень вмісту важких металів прямо пропорційний ступеню техногенного навантаження. Детально розглянуто проблему забруднення ВМ різноманітних рибогосподарських водойм європейської частини Росії (Перевозников, Богданова, 1999).

Токсикологічні дослідження в різних географічних регіонах Росії дозволили виявити досить істотні відмінності фонового вмісту важких металів. Найбільш характерними у цьому відношенні є геохімічні провінції, які відрізняються аномальним вмістом різних хімічних елементів в корінних і осадових породах, ґрунтах і поверхневих водах. Так, багато біогеохімічних провінцій відрізняються за вмістом у поверхневих водах свинцю в 2000 разів, нікелю – в 1350, цинку – в 500, міді – в 10000, хрому – в 17000 разів (Заличева, 1996).

В Україні серед різних типів токсичного забруднення екосистем все більше значення набувають важкі метали. Так, у 1998 році на притоках Дніпра спостерігалось 210 випадків високого забруднення. З них 193 випадки – забруднення важкими металами. Всього по каскаду дніпровських водосховищ у 1998 році відмічено 192 випадки високого забруднення (понад 10 ГДК), із них 189 випадків – важкими металами (Колесник, 2000).

Аналіз рівня забруднення важкими металами атмосфери і ґрунтів міста Києва показав, що вміст свинцю в атмосфері за останні п'ять років істотно зріс. Якщо в 1995 році середня його концентрація у повітрі становила  $0,07 \text{ мг/м}^3$ , то в 1999 р. –  $0,20 \text{ мг/м}^3$ . Згідно з держстандартом середньодобова ГДК свинцю не повинна перевищувати  $0,30 \text{ мг/м}^3$ . У 1999 році в окремих ділянках міста спостерігалось перевищення ГДК у 3 рази. Результати досліджень показали поступове підвищення рівня важких металів у ґрунтах і у рослинах. Дослідження стану ґрунтів у Києві в 2000 р. показали, що середній вміст свинцю становив 1,7 ГДК. Забруднення визначалося в орному горизонті (на глибині до 20 см). За санітарними нормами концентрація свинцю у ґрунті не повинна перевищувати 30 мг/кг повітряно-сухого ґрунту. Максимальна концентрація свинцю відмічена в районі північно-

західного регіонального орендного підприємства “Вторколірмет”, де вона досягла 89,4 ГДК (Мусієнко, Косик, 2002).

У дуже незначних кількостях важкі метали необхідні для життя. Вони проникають у живу клітину у вигляді катіонів і поглинання їх жорстко регулюється, оскільки багато які важкі метали у великих кількостях токсичні (Альберт, 1971). Вищі тварини і рослини потребують такі метали (у вигляді катіонів) (більшість із них необхідна також для бактерій, грибів і, очевидно, взагалі для всіх живих клітин): а) важкі метали (мідь, залізо, марганець, молібден, кобальт, цинк та інші; б) легкі метали (зазвичай вони зустрічаються частіше і в більшій кількості): кальцій, магній, натрій і калій. Білок, що містить у своєму складі кадмій, виявлений у корковому шарі нирок коней. Хром, можливо, пов'язаний із синтезом інсуліну. До неметалічних мікроелементів належать бор, йод і фтор. До цієї групи можна віднести і селен, який запобігає некрозу у мишей, білом'язову дистрофію у норки, ексудативний діатез у курей та індиків тощо.

Багато хвороб рослин і тварин зумовлені порушенням балансу металів. У сої, обробленої надлишком марганцю, швидко розвиваються ознаки недостатності заліза, яким можна запобігти шляхом додавання відповідної кількості заліза. Якщо ж, навпаки, рослини сої ростуть на ґрунті з надто високим вмістом заліза, то в них з'являються симптоми недостатності марганцю.

Біогеохімічні аспекти поведінки заліза, кобальту і хрому детально вивчені в Дунаї і озері Джердап (Радосавльевич, Тасовац, Зарич, 1979). З'ясовано токсичність сполук нікелю (Нибоер, Россетто, Менон, 1993). Нікель, свинець, хром, мідь, цинк, миш'як і ртуть виділені Агенцією з охорони навколишнього середовища США як пріоритетні при організації моніторингу й оцінці шкідливого впливу їх на водні екосистеми (Мур, Рамамурти, 1987). Багато важких металів, потрапляючи в організм людини, виявляють канцерогенну (хром, свинець, нікель, миш'як, кобальт, ртуть), мутагенну (хром) і тератогенну (свинець, миш'як, кобальт) дію.

Акумуляція важких металів у водних екосистемах пригнічує не лише окремі організми та їх популяції, але і біопродукційні процеси в цілому. В останні десятиліття спостерігається тенденція до збільшення надходження в прісноводні екосистеми токсичних речовин різноманітної хімічної природи, що містять важкі метали (Брень, Домашлинець, 1998). У мікрограмових концентраціях вони можуть входити до складу біологічно активних речовин: ферментів, вітамінів і т.п. За більш високих концентрацій ці елементи діють як токсиканти. Інтенсивний розвиток досліджень із застосування біоелементів у рибництві вимагає проведення глибокого аналізу інтимних механізмів їхньої дії на різноманітні фізіолого-біохімічні процеси в організмі риб. Проведення таких досліджень в першу чергу пов'язано із встановленням біотичних доз життєво необхідних макро- і мікроелементів у кормі та їх концентрацій у воді, що забезпечує високу інтенсивність біосинтетичних і біоенергетичних процесів у організмі. Існують такі межі

концентрацій речовин, із якими регулівні системи не можуть впоратися. Ці межі і є гранично припустимими концентраціями (Лукьяненко, 1972). Токсичність солей важких металів обумовлена аніонами, катіонами або фізико-хімічними властивостями солі.

Деякі солі важких металів, зокрема міді, цинку, тривалентного хрому у слабколужному середовищі випадають в осад. Сполуки важких металів негативно впливають на процеси самоочищення водойм. Питанню впливу важких металів на живі організми присвячено багато праць, у тому числі й узагальнюючих (Голмиков, Саноцкий, Тиунов, 1986; Давыдов и др., 2001; Леонова и др., 1992; Филенко, 1988, 1990; Гандзюра, 2002 [47] та інші).

Неорганічні сполуки свинцю порушують обмін речовин і є інгібіторами ферментів (подібно більшості важких металів). Особливо небезпечний вплив свинцю на маленьких дітей, що викликає хронічне захворювання мозку та розумову відсталість. Свинець здатний замінювати кальцій у кістках (Трахтенберг, Луковенко, 1990). Органічні сполуки свинцю ще більш токсичні, ніж неорганічні. Ранні симптоми отруєння свинцем виявляються у вигляді підвищеної збудливості, депресії та роздратування (Брукс, 1982).

Існує чотири головні шляхи надходження важких металів у організм риб:

- хемосорбція йонів слизовими оболонками;
- механічне захоплення завислих часток, які містять ВМ;
- надходження з їжею та водою;
- поглинання зябрами при диханні (Перевозников, Богданова, 1999).

За біологічною роллю в живих організмах важкі метали включають в себе як типові мікроелементи (кобальт, мідь, цинк, молібден, хром, нікель, марганець, ванадій), біохімічні функції яких з'ясовані досить повно, так і метали та металоїди, біологічна роль яких у живих організмах не настільки багатогранна й важлива, або взагалі сумнівна (скандій, титан, срібло, кадмій, золото, платина, ртуть, свинець та ін.). Разом з тим усі важкі метали мають одну загальну властивість: вони можуть бути біологічно активними (Никаноров, Жулидов, 1991).

Вивчення екологічних чинників, які визначають вміст металів у живих організмах – один із напрямків, які активно розробляються, але це питання ще недостатньо вивчене. Потреба в цій інформації гостро відчувається у зв'язку з розвитком системи спостережень і контролю за забрудненням природного середовища. Саме на цьому етапі було усвідомлено, що моніторинг рівнів умісту металів у абіогенних компонентах екосистем не дає повної картини про ступінь забруднення контрольованих екосистем. Це найбільш яскраво виявилось при здійсненні моніторингу початкових стадій забруднення прісноводних екосистем важкими металами (Жулидов, Емец, Шевцов, 1980; Никаноров, Жулидов, Покаржевский, 1985).

Завдання біологічного моніторингу полягає в спостереженні й оцінці стану екосистем, їх відгуку, реакції на антропогенний вплив, визначенні

функції стану та відхилення цієї функції від природного стану на різних рівнях, а також прогнозі екологічних наслідків антропогенного забруднення (Израэль, 1984).

Аналіз літературних даних щодо вмісту важких металів у донних відкладах та результатів експериментальних досліджень показав, що безхребетні адекватно реагують на зміну рівня металів у навколишньому середовищі. Це дозволяє використовувати бентонтів як моніторів поліметалічного забруднення, особливо у зонах водосховищ із значним антропогенним впливом (нижче таких промислових міст, як Запоріжжя, Марганець, Нікополь). Зростання концентрації важких металів у екосистемі Каховського водосховища призводить до зменшення видового розмаїття безхребетних. Чисельність кумових, мізид, гамарид істотно знижується, а при особливо високих рівнях забруднення вони зовсім зникають із складу біоценозів. Результати факторного аналізу показали достовірну залежність рівня вмісту важких металів у організмі тварин від ділянки водосховища, де вони мешкають. При цьому вплив забруднюючих речовин обумовлений таксономічною належністю бентонтів та хімічною природою металу. В найбільш забруднених ділянках водосховища домінували личинки хірономід і олігохети, яких можна розглядати як моніторів поліметалічного забруднення водного середовища. Аналогічну роль виконують молюски, накопичення важких металів у тканинах яких вірогідно відображує ступінь забруднення окремих ділянок водойми (Брень, Домашлинець, 1998).

Встановлені рівні накопичення й ефекти від підвищеного рівня важких металів для прісноводних безхребетних (Timmermans, 1993). Показано, що за період з 1993 по 1997 р. рівень свинцю в органах і тканинах гідробіонтів вищих трофічних рівнів зріс у 1,3 - 2 рази, кадмію у 1,5-1,8 рази, хрому у 1,3-1,7 рази, нікелю в 1,4-2,6 рази в той час як накопичення інших важких металів істотно не зросло.

Дослідження водоростей *Ulva fenestrata* і морської трави *Phyllospadix iwatensis* (багаторічна квіткова рослина) у двох бухтах Японського моря показало, що вміст металів у тілі морської трави значно зріс у забрудненій металами бухті: свинцю й міді – в 10 разів, срібла – в 5, цинку – в 6 разів. В ульві це зростання складало відповідно 16,4, 1,2 і 20 разів. Проте для заліза і нікелю відмічена зворотна залежність: вміст заліза зменшився в 1,5 рази, а нікелю – в 2,7 і 3 рази відповідно. Це за умов, коли вміст свинцю, заліза і нікелю у воді був вищим від “контрольної” бухти в 5,4, 2,6 і 2,1 рази відповідно (Христофорова и др., 1979).

Антропогенні потоки елементів, у тому числі таких важких металів як Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, включаючись у природні біогеохімічні цикли, можуть призвести до істотних порушень екологічної рівноваги. Дослідження, проведені на р. Іртиш показують, що максимально концентрують мідь з води *Ceratophyllum orizetorum*, *Batrachium foeniculaceum*, *Sparganium simplex*, *Elodea canadensis*; з донних відкладів – *Sparganium simplex*, *Elodea canadensis*, *Alisma plantato-aquatica*; свинець з води – *Chara fragilis*,



*Sparganium simplex*; з донних відкладів – *Sparganium simplex*, *Potamogeton zosterifolius*; хром з води – не виявлено; з донних відкладів – *Alisma plantato-aquatica*, *Potamogeton trichoides*. Максимальною акумулюючою здатністю серед досліджених видів вищої водної рослинності відрізняються *Sparganium simplex* по відношенню до міді, цинку і свинцю і *Elodea canadensis* – до міді, цинку і кадмію. Вони виявляють властивості групових концентраторів важких металів (Панин, Свидерский, 2002).

#### 10.2.4.1. Забруднення харчових продуктів важкими металами

Організм людини містить у своєму складі багато металів, проте у незначній кількості (близько 0,01%). Окремі елементи є складовою частиною ферментів, гормонів тощо. Для дорослої людини добова потреба складає (у мг): у міді – 2,0–2,5, марганцю – 5–6, кобальту – 0,1–0,2, цинку – 10–12, нікелю – 0,6–0,8 (Габович, Припутіна, 1987). Узагальнено відомості про хімічний склад харчових продуктів, зокрема вміст в них макро- і мікроелементів (Химический состав пищевых продуктов, 1987).

Показано, що практично для кожного елемента слід розрізняти чотири рівня концентрації: 1) дефіцит елемента, коли організм страждає від його нестачі; 2) оптимальний вміст, який сприяє гарному стану організму; 3) терпимі концентрації, коли депресії організму лише починають проявлятися; 4) згубні для даного організму (Ягодин, 1995).

Свинець є одним з найбільш небезпечних токсикантів. Джерелами забруднення навколишнього середовища свинцем є енергетичні пристрої, що працюють на вугіллі й рідкому паливі, двигуни внутрішнього згорання, які використовують тетраетилсвинець, свинцеві пестициди, трубопроводи тощо. Токсичний вплив свинцю при потраплянні в організм пов'язаний з взаємодією іонів свинцю з сульфгідрильними групами білків, зокрема, ферментів, з утворенням стійких сполук, які блокують ферментні системи. Поряд із порушенням електролітичної рівноваги свинець впливає на біосинтез гемоглобіну, нуклеїнових кислот, протеїнів і гормонів. Близько 90–95% накопиченого в організмі людини свинцю “депоновано” у кістках, що створює велику небезпеку хронічної інтоксикації. Така інтоксикація, що повільно розвивається, важко розпізнається. Однією з ранніх ознак хронічного отруєння є підвищений вміст свинцю у крові (Кузубова, 1990).

Нормальний вміст свинцю в продуктах харчування складає 0,1–1,0 мг/кг. У багатьох країнах встановлені припустимі кількості свинцю в харчових продуктах: напоях – 0,3 мг/л; у воді – 0,1 мг/л; для твердих продуктів – близько 2,5 мг/кг; для овочів і фруктів – близько 8 мг/кг (на суху речовину) (Росивал, Энгст, Соколай, 1982).

Згідно з чинними нормативами державних стандартів щодо вмісту важких металів у рибі, як харчовому продукті їх вміст не повинен перевищувати такі ліміти: 1,0 мг/кг сирової маси для свинцю, 0,2 мг/кг для кадмію, 10,0 мг/кг для міді та 40,0 мг/кг для цинку в їстівній частині риби (або у організмі в цілому) (Кузубова, 1990). Гранично допустимі концентрації

важких металів у продовольчій сировині та харчових продуктах регламентовані відповідними документами Міністерства охорони здоров'я (Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. – М.: Минздрав СССР, 1986).

При дуже незначних дозах впливу металів деякі ферменти здійснюють відкладення металів про запас “під контролем”, причому відкладаються ці метали у формі металоорганічних сполук, що містять сірку. Тіольні групи меркаптанів, наприклад, мають кислотні властивості й утворюють з іонами важких металів солі (меркаптиди). Ця реакція відповідає одному з найбільш відомих конкурентних шляхів гальмування активності ферментів, причому Au, Cd, Hg, Pb и Zn є пріоритетними реакційними партнерами. Такі металоорганічні сполуки, які містять сірку, зветься *металотіонами* (Экологическая химия, 1997).

Багато важких металів, потрапляючи в організм людини, виявляють канцерогенну (хром, свинець, нікель, миш'як, кобальт, ртуть), мутагенну (хром) і тератогенну (свинець, миш'як, кобальт) дію. Акумуляція важких металів у водних екосистемах пригнічує не лише окремі організми і їх популяції, але і біопродукційні процеси у водному середовищі в цілому. В останні десятиліття зростає надходження до прісноводних екосистем токсичних речовин різноманітної хімічної природи, що містять важкі метали. Тому однією з найважливіших проблем екоотоксикології є з'ясування можливостей адаптації різноманітних організмів, їх популяцій та угруповань до токсикантів.

### 10.3. Можливості адаптації організмів до токсикантів

Показано, що процеси пристосування організму до токсиканта досить різноманітні. Всі вони направлені на збереження життя особини. Різноманітні реакції особини на екстремальний вплив має пристосувальне значення. Процеси пристосування знаходять свій прояв у змінах біохімічних, біофізичних, фізіологічних, поведінкових та інших показників. Можливості індивідуальної (фізіологічної) пристосованості обмежені границями, спадково закріпленими. Кожна особина має свої можливості до пристосування. В системі взаємодій гідробіонта з токсикантами пристосованість організму досягається на основі генетичної норми реакцій, і кожний організм в умовах незначних змін середовища переходить від однієї пристосованості до іншої через ланцюги процесів пристосованості. З'ясування механізмів, що забезпечують пристосованість особини і популяції до змін середовища (наприклад, поява властивостей токсичності), вимагає використання різних методів вивчення. Різноманітність особин в популяції забезпечує їй більш широкі можливості пристосовуватись, ніж можливості кожної окремої особини в популяції. Розширення ефективності пристосованості популяцій здійснюється за рахунок елімінації найбільш чутливих до даного токсиканту особин (Строганов, 1983).

Токсиканти в значно нижчих концентраціях, ніж неотруйні речовини, можуть викликати реакції водних організмів всіх категорій: 1 – забезпечення обміну; 2 – стимуляція; 3 – адаптивної реакції фізіологічних процесів; 4 – захисній реакції особини; 5 – пригнічення; 6 – загибель. Але межі концентрацій, в яких можуть проявлятися ці реакції, дуже вузькі, а деякі повністю випадають (Карпевич, 1983).

Головний шлях пристосування тварин до токсикантів – це відбір або здійснення генетичної адаптації. На рибах гупі *Poecilia reticulata* проведено досліди по відборі за токсикорезистентністю, які показали, що саме цим шляхом риби набувають пристосованості до токсикантів (Флеров, 1983). Вже перше покоління було в 5 разів стійкішим до фенолу, ніж вихідне. За три покоління резистентність зросла в 6,5 разів. Роль відбору в набутті стійкості підтверджена в експериментах із поліхлорпіненом. Стійкість особин першого покоління, одержаного від риб, що вижили в розчині поліхлорпінена, була в 2,5 разів вище вихідної. Інші варіанти експериментів показали, що набута стійкість має неспецифічний характер. Риби, резистентні внаслідок відбору до поліхлорпінену, ставали одночасно стійкими до фенолу, і навпаки (Флеров, 1971). Працями американських вчених показано, що гамбузії з деяких зрошувальних систем дельти Міссісіпі за своєю резистентністю до хлороорганічних пестицидів на три порядки перевищували звичайних риб (Wells, Yarbrough, 1973). У стійких до пестицидів гамбузій мембрани клітин зв'язують мічений С-14 ендрин сильніше, ніж у чутливих.

Таким чином, формування адаптаційних механізмів до підвищеного вмісту токсикантів у зовнішньому середовищі можливе, головним чином, шляхом відбору в низці поколінь за токсикорезистентністю.

### **Контрольні запитання до розділу**

1. Дайте визначення терміну «забруднення».
2. Назвіть основні типи забруднень різних екосистем.
3. Чи можливі адаптації організмів до забруднення?
4. У чому особливості забруднення важкими металами?
5. Як впливає нафта та нафтопродукти на живі організми?
6. Як впливає іонізуюча радіація на організми?
7. Що таке «референційні умови»?
8. Що таке пестициди і чим вони небезпечні для живого?
9. Чому з кожним роком зростає роль важких металів у забрудненні екосистем?

## Розділ 11.

**НОРМА І ПАТОЛОГІЯ ЕКОСИСТЕМ. КОНТРОЛЬ І  
ОЦІНКА ЇХНЬОГО СТАНУ ТА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА**

Проблема якості середовища – безперечно центральна в сучасній екології. Варто звернути увагу, що багато екологів ототожнює саму екологію з наукою про довкілля, стан якого вже давно викликає стурбованість вчених різних галузей та широких верств свідомої громадськості. Майже на кожному кроці всі говорять про „погану екологію”, хоч само це поняття є безглуздим, адже ще не додумались говорити про „погану ботаніку”, „погану зоологію”, „погану філологію” (в цьому випадку варто говорити про жахливий стан української та інших мов в Україні, де навіть з високих трибун, зі шпальт газет та телеканалів частіше лунає дебільний суржик, а не якась мова) тощо. Проте ясно, що мова йде про незадовільний стан довкілля, оточуючого нас середовища. І хоч з кожним роком ця проблема привертає дедалі більше уваги, проте навіть її понятійний апарат лишається недостатньо розробленим. Навіть фахівці з екологічного моніторингу, з біоіндикації та суміжних галузей часто ототожнюють досить різні поняття. Найчастіше плутають поняття «стан середовища чи екосистеми» і «якість середовища». Причому ця термінологічна плутанина притаманна і екологам, які займаються проблемами діагностики стану довкілля і екосистем. Зокрема, застосування методів біоіндикації дозволяє діагностувати стан екосистем, а не якість їхнього середовища.

Щоб покласти край термінологічному хаосу, ретельно розглянемо поняття „*якості середовища*”. Важливою проблемою, яка також недостатньо розроблена в сучасній екології, проте вкрай важлива для оцінки стану екосистем та прогнозування подальших змін у них, є діагностика «нормального» і «патологічного» стану екосистем, визначення меж між ними, що необхідно і для вжиття адекватних заходів зі збереження та раціонального використання екосистем.

**11.1. Поняття якості середовища**

Саме поняття „*якість*” має різні тлумачення у різних авторів, і тому часто буває просто неможливо розібратися, що це таке, а відтак – і ця проблема найскладніша – дати кількісну оцінку якості. Перш за все слід звернути увагу на такі обставини. Поняття «*якості середовища*» коректно використовувати лише для конкретних його «користувачів», тобто мешканців. Адже якщо питання стоятиме так: яке середовище найкраще для цього каменя, цієї скелі, цього препарату головного мозку тощо? Вочевидь те, яке забезпечить максимальне збереження у часі цих об'єктів. І навпаки – середовище, яке призводить до руйнації даних об'єктів, втрати ними характерних особливостей – буде неякісним (з точки зору цих об'єктів, якби вона у них була). Тобто проблему якості середовища доцільно розглядати

лише під кутом зору його відповідності особливостям певних об'єктів. У всіх інших випадках коректно говорити лише про стан середовища, а не про його якість! Але, на жаль, майже завжди автори говорять саме про якість середовища (а не про його стан, про що насправді найчастіше і йде мова!).

Оскільки в екології центральним об'єктом є екосистема, в рамках якої забезпечується функціонування біосистем різного рівня організації, то найбільш логічно якість середовища розглядати як ступінь його адекватності потребам і особливостям живої матерії.

Принагідно варто зауважити, що для будь-якої біосистеми є свої оптимальні значення параметрів зовнішнього (для неї) середовища. Варто згадати дисертацію відомого російського письменника Костянтина Паустовського, яка була присвячена саме цій проблемі. К. Паустовський підкреслював, що середовище, яке, на погляд пересічної людини є просто жалким (мова йшла про болото, де маса комарів, специфічні запахи тощо), з точки зору жаб є просто райським куточком.

Тому розмови загалом про якість, безвідносно до того, якість середовища для кого визначається, є, принаймні, беззмістовними. Адаже часто навіть біологи говорять, що, скажімо, вода полісапробної зони (вода, де значна концентрація органічної речовини, низький вміст кисню тощо) має нижчу якість, ніж олігосапробна (де розчиненої органічної речовини майже немає, висока концентрація кисню). Але ж для цілої низки організмів (характерних мешканців полісапробної зони) саме ця вода є найбільш якісною (бо їм там найкраще)!

Деякі різні поняття «якість середовища» має для біологічних систем різного рівня організації.

Зокрема, для організму максимальна якість середовища відповідає тим значенням параметрів зовнішнього середовища, за яких стан благополуччя організму має максимальне значення. Ясна річ, що для представників різних видів поняття якості середовища істотно відрізняються. Для тубіфіцид, личинок мухи-киски тощо якісне середовище те, де значна концентрація органічної речовини. Для багатьох інших організмів це середовище не придатне для існування. Навіть для організмів одного й того ж виду чітко виявляються як групові (варто згадати геміпопуляції тощо), так і індивідуальні особливості (потреби) щодо різних значень як окремих параметрів середовища існування, так і їхнього комплексу в цілому.

Для популяції якість середовища також можна оцінити лише за станом благополуччя популяції, а зміни стану якості – за змінами функції благополуччя. Оскільки для представників різних видів поняття якості середовища істотно відрізняється, особливо актуальне питання якості середовища для всього біотичного угруповання, чи біоценозу. Адаже значення кожного окремо взятого параметра середовища для представників різних видів і навіть різних груп в рамках однієї популяції має істотні відмінності оптимальних значень.

Але і в цьому випадку єдиним виходом є використання адекватних відповідному рівню організації показників стану благополуччя, зокрема, такої біосистеми, як біоценоз в цілому. На рівні біотичного угруповання максимальна якість середовища відповідає максимальним значенням стану благополуччя біоценозу.

З іншого боку, всі чинники, які знижують стан благополуччя системи, можна назвати **шкодочинними** (Гандзюра, Грубінко, 2007, 2008 [48]). Причому кількісна оцінка шкодочинності як окремо взятого чинника, певних їх груп, чи усього комплексу шкідливих чинників у цілому може здійснюватися за зниженням стану благополуччя відповідної системи.

Загалом, між якістю середовища, станом благополуччя системи і шкодочинністю існує нерозривний зв'язок (рис. 11.1).

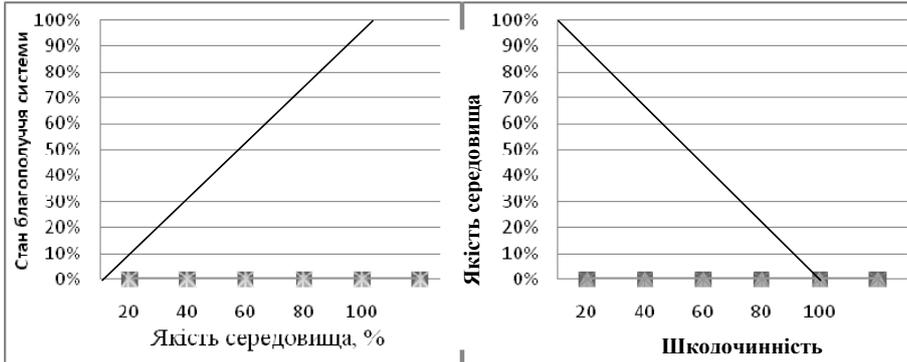


Рис. 11.1. Зв'язок між якістю середовища, станом благополуччя системи і шкодочинністю

Останнім часом було запропоновано низку інтегральних показників, які певною мірою віддзеркалюють (точніше – кількісно характеризують) стан благополуччя певних систем і, відповідно, якість середовища їхнього існування.

Одним з таких є **Індекс Живої Планети** (англ. *Living Planet Index*) – показник, який використовують для відображення тенденції розвитку популяцій диких видів хребетних тварин у всьому світі. Розрахунки індексу здійснює Всесвітній фонд дикої природи (WWF) починаючи з 1998 року. Індекс базується на даних про тенденції розвитку близько 3000 популяцій більше ніж 1100 видів тварин. Його обчислюють як середнє значення трьох індексів: популяцій наземних видів, популяцій прісноводних видів та популяцій морських видів. Розрахунки індексу в динаміці показують, що чисельність хребетних тварин за період з 1970 по 2000 значно зменшилася – на 40%, зокрема для досліджених 555 наземних видів – на 30% (при цьому кількість популяцій диких видів тварин з помірного поясу скоротилася на 10%, в той час, як тропічних видів – на 60%). Для прісноводних видів зниження чисельності популяцій склало 50% (досліджено 323 види). Для морських видів індекс знизився на 30%. За цей же час людська попу-

ляція зросла на 65%, а «екологічний слід» – на 70% (Література: *Living Planet Report 2004. Gland, Switzerland, 2004*).

Підбиваючи підсумки короткому аналізу цієї проблеми доходимо висновку: **якість оточуючого (навколишнього) середовища – це ступінь його відповідності (адекватності) потребам (особливостям) системи, що розглядається (екосистема, біоценоз, популяція тощо).** При цьому найвища якість середовища – це такий його стан, за якого об'єкт, якість середовища для якого оцінюється, характеризується максимальним значенням стану благополуччя. Таке розуміння якості середовища уможливує його кількісну характеристику за відповідними кожній системі інтегральними показниками стану благополуччя. Зміни стану якості середовища для будь-якої системи при цьому можна оцінювати за змінами функції благополуччя системи. А кількісна оцінка якості середовища за такого підходу буде виражена у частках чи відсотках (рис. 11.1).

## 11.2. Якість середовища та благополуччя і здоров'я людини

Якість середовища можна оцінювати і для людини. Всім відомо, що між станом довкілля і здоров'ям населення існує безпосередній зв'язок. Проте кількісно оцінити ступінь адекватності середовища саме людському населенню не просто. У цьому аспекті варто уваги досить змістовний показник якості середовища життя людини, запропонований британськими аналітиками – **Індекс «Щасливої Планети» (*Happy Planet Index*)** – інтегральний показник вимірювання рівня добробуту і розвитку. Визначивши мету розвитку як досягнення високих рівнів добробуту, обмежене справедливим і відповідальним споживанням ресурсів, британські аналітики з «нової економічної фундації» в 2006 р. запропонували індекс «щасливої планети», щоб показати, наскільки успішними є країни у досягненні цієї мети. Новизна індексу полягає в тому, що він не враховує у явній формі показники, пов'язані з вимірюванням доходу, а також використовує як об'єктивні, так і суб'єктивні дані. Індекс обчислюють як добуток задоволеності життям і тривалості життя, очікуваної при народженні, поділений на «слід екологічний». Він відображає середню кількість років, прожитих щасливо у певній країні, у розрахунку на одиницю спожитих ресурсів; ефективність, з якою країни перетворюють обмежені ресурси планети на добробут і тривале життя своїх громадян. Цей індекс є мірилом екологічної ефективності досягнення добробуту людини. Для визначення задоволеності життям використовують міжнародну соціологічну базу даних, зокрема т. зв. Всесвітню базу щастя, а також дані таких регіональних соціологічних досліджень, як Латинобарометр і Афробарометр. Як правило, задоволеність життям оцінюють, аналізуючи відповіді на запитання: «Якщо розглядати Ваше життя в цілому, чи могли б Ви сказати, наскільки Ви зараз задоволені життям?». Для відповіді застосовують шкалу від 0 (зовсім не задоволений) до 10 (повністю задоволений). *Очолила такий рейтинг*

*Республіка Вануату* (острівна держава Океанії). Місця з 2 по 5 посіли країни Латинської Америки: Колумбія, Коста-Рика, Домініканська Республіка, Панама. У них середня тривалість життя перевищує 70 років, а ступінь антропогенного навантаження на довкілля нижчий від середньосвітового. Найгірші показники у країнах Африки і промислово розвинених країнах, зокрема у тих, що входять до «великої вісімки». Італія посідає 66-те місце, Німеччина – 81, Японія – 95, Великобританія – 108, США – 150, Росія – 172-ге місце. **Україна посіла 174-те місце зі 178 можливих.** Це пов'язано з одним із найнижчих рівнів задоволеності громадян України своїм життям, високим «екологічним слідом» і невисокою тривалістю життя, очікуваною при народженні. Єдині, хто ще нещасніший за українців, це жителі Демократичної Республіки Конго, Бурунді, Свазіланд та Зімбабве. (Література: *The Happy Planet Index. – London, 2006*).

У березні 2008 року було підбито підсумки конкурсу **«Найчистіше місто світу»**. Ним визнано канадійське місто **Калгарі**, а **найбруднішим – Баку**, де відзначений високий рівень забруднення повітря через нафтовидобуток. **Київ – одне із найбрудніших міст у Східній Європі**. Такі дані компанії *Mercer Human Resource Consulting*, яка оцінила 251 велике місто світу за рівнем забруднення повітря, ступеня утилізації відходів, ефективності каналізаційних систем, придатності води для пиття, доступності медичних послуг, присутності інфекційних хвороб і небезпечних тварин. **В Україні за низкою показників найкомфортнішим для життя містом визнано Чернівці** (в червні 2008 р.). Цюрих визнано містом з найвищою якістю життя, повідомляє *Reuters*. До цього п'ять разів поспіль канадійське місто Ванкувер визнавали найкомфортнішим для життя містом в світі.

За результатами дослідження, проведеного компанією *Economist Intelligence Unit* (EIU) – підрозділом впливового журналу *The Economist*, у червні 2009 року канадійське місто Ванкувер у рейтингу найкомфортніших міст світу посів перший рядок, отримавши від експертів EIU 98 балів із 100 можливих. Друге місце дісталось Відню, третє – австралійському Мельбурну. До десятки найкомфортніших міст також увійшли: Торонто (Канада), Перт (Австралія), Калгарі (Канада), Хельсінкі (Фінляндія), Женева (Швейцарія). Дев'яте місце розділили між собою швейцарський Цюрих і австралійський Сідней. Найбільш пристосованими містами для життя у країнах Азії визнали японські Осаку та Токію, що зайняли відповідно 13-те і 19-те місця. Найвищу оцінку із міст США отримав Піттсбург (29 місце). Серед міст Західної Європи найгірший результат показали Афіни, що зайняли 63-те місце (81,2 бали). Найбільш непристосованими для проживання виявилися Алжир - столиця однойменної держави, Дакка - столиця Бангладеш і Хараре - столиця Зімбабве, набрала всього 37,5 балів. Столиця України зайняла 91 з 270 місць у рейтингу найбільш пристосованих для життя міст світу.

Досить цікавий показник – **Індекс Екологічного Виконання** (англ. *Environmental Performance Index*) – інтегральний показник визначення еко-



логічної складової сталого розвитку. Його запропонували в 2005 р. вчені Єльського та Колумбійського університетів США. Базується на двох загальних цілях захисту довкілля: зменшення впливу екологічних чинників на здоров'я людини; сприяння збереженню екосистем та збалансованому управлінню використанням природних ресурсів. Екологічні аспекти здоров'я людини та життєздатність екосистем оцінюють за 16 показниками, згрупованими у 6 категорій (деякі показники використовують одночасно у двох категоріях): *екологічні аспекти здоров'я людини* (дитяча смертність, забрудненість повітря у приміщеннях, питна вода, належний рівень санітарії, концентрація забруднюючих мікрочастинок у містах); *якість повітря* (концентрація забруднюючих мікрочастинок у містах, концентрація озону); *водні ресурси* (забруднення сполуками азоту, споживання води); *продуктивні природні ресурси* (рівень заготівлі деревини, субсидії у сільське господарство, надмірний вилов риби, споживання води); *біорізноманіття та місця перебування видів* (захист видів тварин і рослин, захист місць перебування видів); *стала енергія* (ефективність використання енергії, альтернативні джерела енергії, викиди вуглекислого газу на одиницю ВВП). У рейтингу 133 країн світу, складеному за спроможністю їх розв'язувати екологічні проблеми і досягати поставлених у цій сфері цілей, до першої п'ятірки увійшли: Нова Зеландія, Швеція, Фінляндія, Чехія і Велика Британія. Україна зайняла 51-ше місце (71,2 бала); а за категоріями – відповідно 30, 58, 107, 59, 92 і 129-те місця. Україна потрапила до групи країн, що мають значні природні ресурси, проте характеризуються низькою ефективністю їх використання. З цього випливає, що пріоритетами сталого розвитку України мають стати: ощадливе використання енергії, охорона і захист водних ресурсів, а також збереження біологічного і ландшафтного різноманіття (література: *Pilot 2006 Environmental Performance Index – New Haven, USA, 2006*).

Стан навколишнього середовища істотно впливає на здоров'я людини: за станом здоров'я населення можна з достатньою вірогідністю оцінювати якість середовища для людини. Причинами зростання захворюваності є збільшення викиду забруднюючих речовин, серед яких комплекс викидів свинцю, сірчаного ангідриду, чадного газу, окислів азоту, сірчаної кислоти, фтористих сполук, сірководню, хлору, та радіоактивних речовин – цезію 137 і стронцію –90. Встановлено, що вдихання повітря, забрудненого викидами транспортних засобів та промислових підприємств, призводить до патологічних змін у дихальних шляхах мешканців населених пунктів. Це спричинює захворювання хронічним бронхітом, катаром верхніх дихальних шляхів, пневмонією, бронхіальною астмою і сприяє зниженню імунітету організму. Встановлено чітку залежність між рівнем забруднення атмосферного повітря і рівнем захворюваності населення.

Із проблемою шкідливого впливу забруднення на людину та інші організми тісно пов'язана *тератологія* (від грецького *têras, têratos* – чудови-

сько, потвора, виродок) – наука, що вивчає потворства і аномалії розвитку у рослин, тварин і людини.

### 11.3. Екологічне нормування. Токсикологічний контроль. ГДК

Реальним важелем впливу контролюючих органів на роботу підприємств і установ, що забруднюють довкілля, є **екологічне нормування** – встановлення допустимих меж зміни природного стану навколишнього середовища без порушення умов його саморегулювання, самоочищення та самовідновлення. Спрямоване на забезпечення якості довкілля (ступеня відповідності природних і створених людиною умов потребам суспільства і живих організмів біосфери). Інструментом нормування екологічного є **екологічні нормативи** – науково обґрунтовані обов'язкові межі збереження структури і функцій екосистеми будь-якого ієрархічного рівня, а також усіх екологічних компонентів, які необхідно враховувати у господарській діяльності. Екологічне нормування полягає у встановленні ступеня максимально можливого втручання людини в екосистеми, коли забезпечується збереження цих екосистем, розробленні заходів, пов'язаних з визначенням у юридичному порядку обсягів будь-якого антропогенного впливу на екосистеми, які не загрожують нормальному функціонуванню останніх. Базою для екологічного нормування є **екологічні стандарти** і нормативні документи Міністерства охорони навколишнього природного середовища України – «Система стандартів з охорони навколишнього середовища. Основні положення» (1996) та низка методичних вказівок щодо визначення забруднення атмосфери, води, ґрунтів.

При нормуванні шкідливі речовини (забруднювачі довкілля) поділяють на 4 **класи небезпечності**: I – *надзвичайно небезпечні* (свинець, бензапірен, діоксин), II – *високо небезпечні* (феноли, діоксид нітрогену), III – *помірно небезпечні* (сірчаний газ, пил), IV – *малонебезпечні* (оксид вуглецю, аміак).

Традиційно для забезпечення належної якості довкілля використовують *гранично допустимі концентрації (ГДК)* різних забруднювачів, *гранично допустимі скиди (ГДС)*, та *гранично допустимі викиди (ГДВ)*, а також *гранично допустимі навантаження (ГДН)* на екосистему, територію чи ландшафт.

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** певного забруднювача – це законодавчо регламентована верхня межа його концентрації. В Агенції з охорони довкілля США використовується термін *Water pollution permissional level* – дозволений рівень забруднення води. Аналогічні дозволені рівні забруднення розроблені також для повітряного басейну.

За станом на 2006 р. визначено близько 1100 ГДК забруднювачів води, 600 ГДК – забруднювачів повітря, близько 30 ГДК забруднювачів ґрунтів і близько 50 ГДК – для токсикантів комплексної негативної дії. Варто

відзначити, що для об'єктивної оцінки стану довкілля необхідно знати принаймні 20 тис. ГДК різних забруднювачів, які виробляє людина [11].

Частина авторів вважає, що ГДК є санітарно-гігієнічними нормами, які стосуються лише здоров'я людини, а не екосистем та їхніх біотичних компонентів (тобто вони тлумачать ГДК як норматив, орієнтований на таку кількість токсиканта, яка за тривалої дії не призводить до негативних змін в організмі людини). Проте це точка зору, головним чином, санітарів-гігієністів і токсикологів, які працюють в галузі охорони здоров'я людини.

Виділяють такі ГДК:

**Санітарно-гігієнічні ГДК (ГДКсг)** мають на меті охорону здоров'я людини при використанні води в питному водопостачанні. Їх встановлюють на підставі фізіолого-біохімічних, генетичних та інших медико-біологічних досліджень (для розробки кожної ГДКсг застосовують не менше 50 різних методик). Вони мають силу закону передусім для лабораторій водогінних станцій. При перевищенні ГДК за нормованими інгредієнтами воду заборонено допускати до вживання. ГДКсг регулюють також рекреаційне використання водойм;

**Рибогосподарські ГДК (ГДКр)** ґрунтуються на експериментальних дослідженнях впливу токсикантів на гідробіонтів різних систематичних та екологічних груп з використанням численних біологічних показників, проте стосуються лише води і не регулюють токсичність донних відкладів, які мають важливе екологічне значення для риб-бентофагів;

**Тригаційні ГДК (ГДКі)** регламентують придатність води для зрошення. На жаль, більшість ГДКі в країнах колишньої РЕВ (Ради Економічної Взаємопомоги) – Угорщині, Чехословаччині, НДР – розроблялися стосовно до ґрунтових і температурних умов центральної Європи, в той час як в Україні умови інші.

Основою для розробки ГДК кожного токсиканта є верхня межа концентрації токсиканта, яка не викликає жодних вірогідних істотних змін у живих організмах. Для різних галузей природокористування ГДК істотно відрізняються і встановлюються на підставі самостійних методологічних і методичних підходів.

**Лімітуючий показник шкідливості (ЛПШ)** дає змогу синтезувати інформацію про наявність і шкідливість окремих речовин. Як для ГДКсг, так і для ГДКр ЛПШ визначається за формулою:

$$\text{ЛПШ} = C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + \dots C_i/\text{ГДК}_i \leq 1;$$

де:  $C_i$  – концентрація  $i$ -го токсиканта; ГДК $_i$  – його ГДК.

Тобто сума відношень концентрацій токсикантів, що визначаються у воді даної водойми до їхніх ГДК, повинна бути меншою або не перевищувати одиниці [5].

Чим менший ЛПШ, тим вищою визначається якість води за токсикологічним показником. Протягом багатьох років ЛПШ вважали однією з найпоказовіших характеристик рівня забруднення водного середовища. Водночас слід мати на увазі, що ЛПШ зовсім не враховує взаємодії між токсикантами, явища антагонізму і синергізму при впливі на живі організми.

Враховуючи величезну кількість чинників, що впливають на якість середовища (лише кількість речовин, занесених до класу поллютантів, складає близько 150 тисяч, із яких до водойм потрапляє до 40 тисяч), найперспективнішою (а точніше – єдино можливою) має стати оцінка його якості за станом самих біосистем, що найповніше віддзеркалюватиме ступінь адекватності середовища особливостям живої матерії, а зміни у стані середовища мають оцінюватися за функцією відгуку біосистем різного рівня. В цьому аспекті пріоритет, безперечно, належить продукційно-енергетичним параметрам живих систем, які можуть однаково успішно застосовуватися як до будь-яких живих організмів (незалежно від їхнього систематичного положення), так і до їхніх популяцій і угруповань.

“Водна політика і водогосподарська діяльність повинні базуватися на екосистемному підході” – така рекомендація урядам країн Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН була прийнята старшими радниками урядів ЄЕК з проблем довкілля і водних ресурсів ще в березні 1992 р. і підтверджена в грудні 1996 р. у проекті “Основної (рамкової) Директиви ЄС по воді (4.12.96)”. Поступово саме екосистемний підхід займає належне йому місце, уможлиблюючи комплексне вирішення проблем довкілля.

Забруднення екосистем негативно впливає і на метаболічні процеси організмів всіх таксономічних і екологічних груп, що призводить до значного зниження їх продуктивності, викликає низку небажаних, часто незворотніх змін, порушення складу, структури та функціонування екосистем, що призводить до їх деградації.

#### 11.4. Біоіндикація

Із кожним роком у системі оцінки стану середовища і екосистем в цілому все частіше використовують методи *біологічної індикації*. Хоч витоки спостережень за індикаторними властивостями біологічних об’єктів можна знайти у працях природодослідників самої глибокої давнини, до цих пір відсутня струнка теорія і адекватні методи біоіндикації.

Відносно благополучно тут з описовим поясненням термінів. Наприклад, згідно визначення Н.Ф. Реймерса (1990): «**Біоіндикатор** – група особин одного виду або угруповання, за наявністю, станом і поведінкою яких судять про зміни в середовищі, зокрема про присутність і концентрацію забруднень... **Угруповання індикаторне** – угруповання, за швидкістю розвитку, структурою і благополуччям окремих популяцій мікроорганізмів, грибів, рослин і тварин якого можна зробити висновок про загальний стан середовища, включаючи його природні і штучні зміни».

Отформатовано: Шрифт:  
полужирный

Отформатовано: Шрифт:  
полужирный

Безумовно, об'єктивні факти свідчать про існування тісного впливу факторів середовища на біологічні процеси екосистеми (щільність популяцій, динаміку видової структури, особливості поведінки). Такі фактори середовища як світло, температура, водний режим, біогенні елементи (макро- і мікроелементи), солоність та інші функційно важливі для організмів на всіх основних етапах життєвого циклу. Проте можна використовувати і зворотну закономірність, тобто за видовим складом організмів, їх чисельністю, біомасою тощо визначати тип фізичного середовища. Тому «біоіндикація – це визначення біологічно вагомих навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань. Повною мірою це стосується всіх видів антропогенних забруднень» (Криволуцкий и др., 1988).

Головним завданням біоіндикації є розробка методів і критеріїв, які спроможні адекватно відображувати рівень антропогенних впливів з урахуванням комплексного характеру забруднення і діагностувати ранні порушення в найбільш чутливих компонентах біотичних угруповань. Біоіндикація, як і моніторинг, здійснюється на різних рівнях організації біосфери: макромолекули, клітини, органу, організму, популяції, біоценозу (Биоиндикация: теория..., 1994). Очевидно, що складність живої матерії і характеру її взаємодії з зовнішніми факторами зростає з підвищенням рівня організації. В цьому процесі біоіндикація на нижчих рівнях організації повинна діалектично включатись у біоіндикацію на більш високих рівнях, де вона постає в новій якості і може слугувати для пояснення динаміки більш високоорганізованих системи.

Вважається, що використання *методу біоіндикації* дозволяє вирішувати задачі екологічного моніторингу в тих випадках, коли сукупність факторів антропогенного тиску на біоценози важко або незручно вимірювати безпосередньо. На жаль, сучасна практика біоіндикації має значною мірою феноменологічний характер, виражений в об'ємному викладенні підмічених дослідником фактів поведінки різних видів організмів у конкретних умовах середовища. Інколи ці описи супроводжуються не завжди обґрунтованими висновками, які мають, як правило, суто оціночний характер (типу «добре / погано», «чисто / брудно» тощо), причому вони базуються на виключно візуальних методах порівняння чи використанні недостатньо вірогідних індексів. Найчастіше такий «прогноз» робиться, коли «громадська» думка щодо кінцевого результату оцінки стану екосистеми вже завчасно відома, наприклад, за безпосередніми чи опосередкованими параметрами середовища. В результаті цього роль біоіндикації виявилася зведеною до наступної сукупності дій, що технологічно співпадає з біомоніторингом:

- виділяється один чи кілька факторів середовища, які досліджуються (за літературними даними чи у зв'язку з наявною програмою моніторингових досліджень);
- збираються польові й експериментальні дані, що характеризують біотичні процеси в досліджуваній екосистемі, причому теоретично

ці дані повинні вимірюватися в широкому діапазоні варіювання досліджуваного фактора (наприклад, в умовно-чистих і в умовно-брудних районах);

- певним чином (шляхом простого візуального порівняння, з використанням системи попередньо розрахованих оціночних коефіцієнтів чи із застосуванням математичних методів первинної обробки даних) робиться висновок про індикаторну значимість якогось виду чи групи видів.

У поодиноких випадках здійснюються практичні спроби оцінити лімітуючий рівень досліджуваного фактора забруднення, тобто виконати так званий «аналіз біологічно значимих навантажень». І лише у виключних випадках виконується власне операція «індикації», коли з використанням біоіндикаторних показників прогнозуються невідомі фактори середовища і оцінюється їхня значимість для всієї екосистеми в найближчому і віддаленому майбутньому. Як нечисленні приклади організації комплексних гідроекологічних досліджень, в результаті яких було сформульовано певний комплекс науково обґрунтованих природоохоронних рішень, можна навести праці з оцінки екологічного стану озера Байкал (Кожова, 1986), річок Неви (Алимов и др., 1996) і Чапаївки (Экологическое состояние..., 1997) тощо.

Значною мірою теоретична і практична неповнота робіт у галузі біоіндикації пов'язана з об'єктивними методологічними труднощами відображення і моделювання предметної сфери. Оцінка антропогенного впливу на біотичні компоненти екосистем значною мірою ускладнюється просторово-часовою диференціацією видової структури, оскільки ценопопуляції одного й того ж виду, що входять до різних угруповань організмів, характеризуються різноманітними екологічними умовами мешкання та їх реакції на дію чинника можуть істотно відрізнятися. У видів зі слабо вираженими механізмами популяційного гомеостазу ці реакції завжди достатньо чітко виражені у зниженні фізіологічної стійкості частини особин до дії антропогенних чинників і, насамкінець, у порушенні процесів репродукції. Проте для більшості видів реагування на будь-який техногенний вплив (якщо тільки він не має катастрофічного характеру) принципово не відрізняється від вироблених в ході еволюції тривіальних реакцій на коливальні зміни середовища. В процесі адаптації біоценозу до умов, що змінюються, включаються компенсаційні механізми і, за помірних впливів, у популяціях встановлюється деякий середній, генетично обумовлений рівень інтенсивності відтворення за рахунок «перерозподілу факторів смертності» (Северцов, 1941). І лише у тому випадку, коли тиск антропогенних чинників виводить екосистему за рамки природної мінливості, відбувається порушення динамічної стабілізації популяційних зв'язків, змінюється генетичний склад і відбувається пригнічення найбільш генералізованої властивості популяції – відтворювального процесу.

Необхідною умовою для встановлення якісних порушень біотичних процесів, що відбуваються в екосистемах під впливом антропогенних фак-

торів, є знання діапазону природної мінливості біоценозів, тобто побудова простору стану популяцій (Шмальгаузен, 1968; Тимофеев-Рессовский и др., 1973). У зв'язку з цим виникає необхідність визначення тих параметрів, які дозволять із заданою детальністю і точністю оцінити стан біоценозу, виокремити зміни, викликані дією антропогенних факторів і отримати необхідну та достатню інформацію для прогнозу можливих змін стану екосистеми. Проте для отримання такого «динамічно достатнього опису» (термін Б.К. Павлова (Методология оценки..., 2000) необхідне знання «правил» внутрішнього перетворення популяцій внаслідок дії певних чинників. Проте ми не можемо сформулювати ці "правила" до того часу, поки не визначимо низку необхідних і достатніх параметрів опису стану популяцій, достатньо чутливих, інформативних і таких, які мають достатню селективність у рамках поставленої задачі. Тому всі дослідження популяцій і угруповань принципово проміжні (тобто не кінцеві) і необхідне постійне накопичення інформації, її аналіз і синтез, у процесі яких структурно-функційний опис біоценозів і «правила» їх перетворення приводяться у відповідність одне з одним. Таким чином, біоіндикацію можна визначити як сукупність методів і критеріїв, призначених для пошуку інформативних компонентів екосистем, які спроможні:

- адекватно відображувати рівень впливу середовища, включаючи комплексний характер забруднення з урахуванням явищ синергізму чинних факторів;
- здійснювати діагностику ранніх порушень у найбільш чутливих компонентах біотичних угруповань і оцінювати їхню значимість для всієї екосистеми як в найближчому, так і у віддаленому майбутньому.

### 11.5. Біотестування

Особливу увагу приділяють зараз прийомам токсикологічного *біотестування*, тобто використання в контрольованих умовах біологічних об'єктів як засобів виявлення сумарної (загальної) токсичності водного середовища. **Біотестування** – методичний прийом, заснований на оцінці впливу чинника середовища, в тому числі і токсичного, на організм, його окрему функцію або систему організмів.

Для біотестування використовуються найрізноманітніші організми – бактерії, водорості, вищі рослини, п'явки, дафнії, молюски, риби, амфібії та інші. Для кожного з досліджуваних рівнів можна виділити окремі (конкретні) та *інтегральні тест-функції*. Інтегральні параметри характеризують стан системи відповідного рівня найбільш узагальнено, даючи сумарну відповідь про стан системи.

Для організму до інтегральних належать характеристики виживання, росту, плодючості. А фізіологічні, біохімічні гістологічні та інші параметри належать до конкретних. Надійність одержуваної у відповідності з ме-

тою дослідження відповіді знижується при віддаленні системного рівня тест-функції від рівня процесу чи явища, що моделюється. Біохімічний параметр організму, наприклад, надійно характеризує функцію конкретної ферментної системи, до певного ступеня ймовірності може оцінювати стан організму в цілому і практично непридатний для оцінки екологічної ситуації у водоймі.

Для параметрів, що належать до різних біологічних рівнів, загальна тенденція полягає у тому, що зі збільшенням інтегральності підвищується «екологічний реалізм» тесту, проте, як правило, знижується його оперативність і чутливість. Функціональні параметри виявляються більш лабільними за структурні, а параметри клітинного і молекулярного рівнів програють у екологічній інформативності, виграючи у чутливості, оперативності та відтворюваності.

Біопродукційний і токсикологічний напрямки у вивченні екосистем тривалий час розвивалися незалежно один від одного. Вивчення загальних питань біопродуктивності було спрямоване на з'ясування кількісних закономірностей продукційного процесу, в основі якого лежать два принципи термодинаміки.

Головна увага була зосереджена на складових енергетичного обміну. Значна увага при цьому приділялася особливостям річних циклів різних організмів, зокрема риб, біохімічним процесам в їхньому організмі. Цей підхід дозволив розглядати з єдиної точки зору рибогосподарські і санітарно-біологічні аспекти, проте могутні токсичні фактори водного середовища залишалися поза увагою. Багатьма екологами *токсикологія, що оцінює вплив токсичних речовин на екосистеми, розглядається як особлива наукова дисципліна – екотоксикологія.*

До найважливіших задач екотоксикології належать виявлення ступеня шкідливого впливу (як у якісному, так і у кількісному відношенні) і розробка лікувальних заходів. Іншою важливою задачею екотоксикології є виявлення змін видового складу і функції екосистеми. Таке ж важливе значення, як і структурно-видові зміни, мають функціональні порушення в екосистемі. Тут мова йде в принципі про контрольні кількісні параметри росту організмів і обміну речовин (Екологическая химия, 1997). Виміри об'ємних показників росту рослин є чутливим методом виявлення можливого впливу шкідливих речовин, особливо в кількості, близькій до межі токсичності. Зниження показників біопродуктивності вищих рослин (дерев) у деяких випадках кількісно виявляється лише через кілька років. Однак як додатковий критерій може слугувати зниження фотосинтетичної активності.

Досягнутий рівень біопродукційних досліджень дозволяє впевнено вирішувати питання складання екологічного балансу озер, обґрунтовувати раціональні рибогосподарські заходи для ставкових господарств, розраховувати продуктивність прісноводних водойм, морів та океанів. Водночас слід зауважити, що розраховані таким чином продукційно-біологічні баланси досить часто не підтверджуються результатами конкретних дослі-

- Отформатировано: Шрифт: курсив
- Отформатировано: Шрифт: курсив
- Отформатировано: Шрифт: курсив
- Отформатировано: Шрифт: курсив
- Отформатировано: Шрифт: курсив
- Отформатировано: Шрифт: курсив



джен, а продуктивність екосистем різного ступеня забруднення виявляється значно нижчою від теоретично розрахованої. Це свідчить про те, що продукційна екологія вже оволоділа розумінням “*екологічної норми*”, проте не дійшла розуміння “*патології*” екосистем. Особливої уваги заслуговує проблема кількісних змін продукційних параметрів під впливом людської діяльності та пов’язаного з нею перерозподілу потоків у екосистемі (Алимов, 1988).

Водночас перед водною токсикологією ще в 50-60 роки ХХ століття постала проблема докорінних змін у гідроекосистемах, викликаних потужними потоками нафти, пестицидів, важких металів, радіонуклідів, поверхнево-активних речовин та інших забруднень, які надходять до водойм, що призвело до істотних змін практично всіх внутрішньоводоймних процесів. Для розв’язання цих проблем важливо було виявити кількісну сторону небезпеки забруднень водойм токсичними речовинами, що й було передумовою для орієнтації наукових досліджень в галузі водної токсикології на встановлення рибогосподарських гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин.

Перші дослідження, що показали можливість оцінювати пригнічуючий вплив пестицидів на водорості за інтенсивністю фотосинтезу, були проведені наприкінці 50-х років ХХ століття. Було встановлено також вплив на первинну продукцію важких металів та низки інших речовин.

Інша група досліджень, яка поєднувала токсикологічні й біопродукційні підходи – це експериментальний аналіз впливу токсикантів на продуктивність водяних тварин у низці поколінь. Але пошук методик, що об’єднували б ці напрямки, обмежений кількома працями. Остання методика реалізована в численних експериментах Е.П. Щербань (1969, 1971, 1973 та ін.). Інтимний механізм впливу токсикантів на ті чи інші параметри ракоподібних (структура токсичного ефекту) може бути різноманітним, але кінцевий ефект завжди один – продуктивність популяції знижується в десятки разів.

Токсикологічний експеримент такого роду включає в себе як обов’язковий елемент контроль – «норму», тобто тест-культуру (без токсикантів). Аналогічний принцип може успішно застосовуватися до всіх методик, за допомогою яких досліджується продуктивність водяних тварин, швидкість поглинання кисню, темп росту тощо. Проте, як справедливо зауважує Л.П. Брагінський «...отримані дані ще не вдалося пов’язати з найбільш важливими продукційно-біологічними показниками – ефективністю трансформації раціону, продукційно-біомасовими коефіцієнтами тощо (Брагинский, 1988).

Слід відзначити ще одну точку перетину інтересів водної токсикології і біопродукційних досліджень на рівні вищих трофічних ланок – біоенергетичну оцінку впливу токсикантів на риб і безхребетних. Головним показником з багатьох фізіолого-біохімічних критеріїв, досліджених багатьма авторами, є зміни калорійності тканин (а також вміст у них ліпідів та іншо-

го енергетичного матеріалу), який в умовах інтоксикації знижується і у риб, і у безхребетних. Стійкі токсиканти накопичуються в організмах, що призводить до підриву їх відтворювальної здатності, а часто – і до масової загибелі. **Токсичність** – це здатність різноманітних отрут за концентрацій, які перевищують деякі критичні значення, викликати певне коло порушень життєдіяльності біологічних об'єктів. Якщо буде забезпечено існування організму на найбільш чутливих стадіях, то тим самим буде збережено весь його біологічний цикл.

**Тест-об'єкт** – піддослідний біологічний об'єкт (зазвичай організм чи тест-культура), який підлягає впливу несприятливих факторів середовища. Найбільш чутливим показником впливу того чи іншого токсиканта є зміна інтенсивності обміну речовин. Про це може свідчити темп росту, інтенсивність дихання тощо, тому дедалі все частіше ці показники використовуються для розробки рибогосподарських ГДК.

**Тест-функція** – це будь-який показник реакції біоти на відповідні зміни умов середовища, або функціональний показник, що реагує на токсичний вплив і може бути виміряний кількісно за допомогою певного методу [5].

Токсичні чинники мають важливе значення у формуванні біопродуктивності різноманітних екосистем. Проте широке використання біопродукційних параметрів організмів для діагностики екотоксикологічної ситуації і оцінки якості середовища в цілому ще не знайшло належного застосування у практиці біоіндикації й біотестування.

Питання ж кількісної характеристики якості середовища може вирішуватися за функцією благополуччя біо- і екосистем різного рівня організації й інтеграції. На рівні індивідууму якість середовища оцінюється за станом самого організму, на рівні популяції – за популяційними характеристиками – структурою популяції, її динамічними параметрами. На біоценотичному рівні – за видовим різноманіттям, інформацією угруповання, біомасою на одиницю доступного потоку енергії тощо. Нарешті, на екосистемному рівні – за скорельованістю і збалансованістю біогеохімічних колообігів, інформаційними параметрами системи, змінами ентропії тощо.

Вкрай важливим питанням є застосування єдиного методологічного підходу, який дозволяє оцінювати стан якості середовища для різнорівневих біо- і екосистем, а також може однаково успішно застосовуватися до живих організмів різних систематичних груп, їх популяцій і угруповань. В цьому аспекті можна виділити три основні групи показників: речовинні, енергетичні та інформаційні.

Речовинні характеристики стосуються збалансованості та скорельованості метаболічних процесів на рівні організму, популяції, угруповання і екосистеми в цілому. Так, на рівні організму – це перш за все збалансованість метаболічних процесів, що забезпечує нормальний стан живого організму. На рівні ж екосистеми мова вже йде про скорельованість і збалансованість біогеохімічних колообігів.

Енергетичні показники однаково успішно можуть використовуватися для систем будь-якого рівня організації. Так, на рівні організму, популяції й угруповання – це відносна швидкість накопичення енергії та ефективність її трансформації, потужність енергетичного потоку через систему. Ці ж характеристики справедливі і для екосистемного рівня.

Інформаційні – це показники, що відображають інформаційні процеси в системі. Найчастіше використовують індекси видового різноманіття угруповання, асамблеї тощо.

Кожному рівню організації притаманні свої своєрідні особливості. Зокрема, ми можемо спостерігати процвітання певної популяції на тлі пригніченого стану більшості членів біотичного угруповання. Так, забруднення води органічними речовинами призводить до значного зростання біомаси деяких тубіфіцид, зокрема трубочника *Tubifex tubifex*. Тому найбільш адекватну характеристику стану якості середовища можна отримати лише на засадах цілісного екосистемного підходу, використовуючи як інтегральні параметри стану якості функцію благополуччя біотичного угруповання в цілому. Відповідно, ми можемо оцінювати якість середовища за: інформацією угруповання, наявною біомасою на одиницю доступного потоку енергії, ефективністю трансформації енергії кожним трофічним рівнем, потужністю енергетичного потоку через біотичне угруповання, спряженістю і збалансованістю біогеохімічних колообігів тощо.

Важливою характеристикою є також спряженість речовинно-енергетичних та інформаційних процесів в системі. Адже певний тип метаболізму угруповання чи біогеохімічних циклів забезпечується зовнішнім джерелом енергії, від ефективності трансформації якої залежить і величина наявної біомаси, і енергія, фіксована в хімічних зв'язках органічних сполук. Ефективність же трансформації енергії нерозривно пов'язана з видовим різноманіттям і структурою популяцій, тобто з певною інформаційною структурою як біотичного угруповання, так і екосистеми в цілому.

*Фізичною і фізико-хімічною основою реагування екосистем на шкідливі впливи є закони термодинаміки і принцип Ле Шательє-Брауна [5].*

### 11.6. Кількісна оцінка якості середовища за продукційно-енергетичними показниками біосистем

Серед кількісних підходів до оцінки стану екосистем і якості середовища особливе місце посідає продукційно-енергетичний підхід, оскільки він дозволяє кількісно оцінити стан якості середовища для будь-яких живих організмів, їх популяцій і угруповань за інтенсивністю та ефективністю трансформації речовини і енергії біосистемами різного рівня. Водночас продукційно-енергетичні параметри біосистем достатньо повно характеризують співвідношення ентропійного та негентропійного начал у біосистемах, а відтак щонайповніше віддзеркалюють умови існування як ступінь адекватності середовища особливостям енергетики живої матерії. За цих

Отформатовано:  
Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано:  
Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано:  
Шрифт: 14 пт, курсив

Отформатовано:  
Шрифт: 14 пт, курсив

обставин як функцію благополуччя біосистем можна розглядати інтенсивність енергетичного потоку через них, швидкість накопичення енергії та ефективність функціонування біосистем як трансформаторів енергії.

Підхід, що ґрунтується на енергетичних принципах організації та функціонування біосистем водночас дозволяє враховувати будь-яке відхилення продукційно-енергетичних параметрів біосистем від значень, характерних за оптимальних умов середовища. А за ступенем відхилення параметрів від їх оптимальних значень уможливується об'єктивна кількісна характеристика стану якості середовища за його відповідністю енергетичним особливостям біосистем, а, отже інтегральна енергетична оцінка стану середовища. Цим самим натомість розмов про "енергетику середовища" розпочинається її кількісна оцінка за ступенем адекватності середовища існування енергетиці живої матерії.

Зміни стану середовища безпосередньо впливають на продукційно-енергетичні параметри біосистем, проте цей вплив може знаходити свій прояв як у зміні величини потоку енергії через біосистему, так і у змінах ефективності трансформації нею енергії. Тому часто буває неможливо оцінити ефект впливу на біосистеми лише за інтенсивністю енергетичного потоку чи ефективністю трансформації енергії: нерідко істотне зростання енергопотуку через біосистему є одним з проявів токсичного ефекту і супроводжується зниженням ефективності її трансформації. З іншого боку, нерідко біосистеми характеризуються високою ефективністю трансформації енергії, проте інтенсивність енергетичного потоку вкрай обмежена.

Саме тому нами було запропоновано поряд з використанням вищевказаних показників для інтегральної енергетичної оцінки стану середовища використовувати **індекс оптимальності середовища** для біопродукційного процесу – ІОС (Гандзюра, 1991, 1993):

$$\text{ІОС} = (K_i \times g_i) / (K_e \times g_e),$$

де:  $g$  – питома швидкість росту, чи накопичення системою енергії;  $K$  – валова ефективність трансформації енергії;  $i$  – в  $i$ -тому середовищі;  $e$  – в еталонному (чи у контролі).

Використання енергетичних еквівалентів біопродукційних показників уможливує застосування їх як для гетеротрофних, так і для автотрофних організмів. У рослин доцільно визначати величину поглинутої ФАР (що відповідає енергії спожитого раціону гетеротрофів).

Таким чином ІОС характеризує як інтенсивність накопичення системою енергії, так і ефективність функціонування біосистем як трансформаторів енергії. В енергетичних еквівалентах у найбільш загальному вигляді це має вигляд:

$$\text{ІОС} = (\Delta E_i / I_{e_i} \times \ln(E_{i(t)} / E_{i(t-1)}) / \Delta t) / (\Delta E_c / I_{e_c} \times \ln(E_{c(t)} / E_{c(t-1)}) / \Delta t),$$

де:  $\Delta E_i$  – приріст енергії в системі за час  $\Delta t$  в  $i$ -тому середовищі;  $I_{e_i}$  – величина вхідного потоку енергії в  $i$ -тому середовищі (енергія раціону в

гетеротрофних організмів чи енергія поглинутої ФАР – у фотоавтотрофів);  $E_{i(t)}/E_{i(t-1)}$  – відношення запасу накопиченої системою енергії в момент часу  $(t)$  до запасу енергії в системі за попередній відрізок часу  $(t-1)$ ; в знаменнику – ті ж показники для аналогічної системи у контролі  $(c)$  чи еталонному середовищі.

Застосування ІОС практично вперше дозволяє давати кількісну характеристику якості середовища одночасно як за інтенсивністю енергетичного потоку і швидкістю накопичення системою енергії, так і за ефективністю її трансформації.

Однією з найважливіших проблем сучасної екології є діагностика стану екосистем, з'ясування напрямків і темпів їх змін в умовах антропогенного навантаження, що можливо лише на засадах кількісної оцінки стану біологічних і екологічних систем. Важливим етапом вирішення цієї проблеми є діагностика „нормального” і „патологічного” стану екосистем, і в цьому аспекті першочерговим завданням є розробка кількісних критеріїв, спроможних давати об'єктивну оцінку стану середовища мешкання живих організмів і екосистем у цілому.

Вирішення цієї проблеми багатьма вченими вбачається в комплексній оцінці стану екосистем шляхом визначення змін ентропії як міри невпорядкованості стану системи. Джерелом деградуючого впливу на природні екосистеми можуть бути різноманітні фактори як хімічної, так і фізичної природи. Оцінка їх в ентропійних одиницях дозволяє порівняти рівні екологічного впливу:

$$dS_e = dS_0 + dS_a;$$

де:  $dS_a$  – внесок оточуючого середовища;  $dS_0$  – приріст ентропії, викликаний нерівноважними процесами усередині системи.

Крім того, врахування термодинамічних характеристик середовища в ентропійних одиницях дозволяє також кількісно оцінити вплив як хімічних, так і фізичних компонентів:

$$dS_a = dS_x + dS_\phi;$$

де:  $S_x, S_\phi$  – значення антропогенного навантаження відповідно хімічної та фізичної природи.

Безперервний обмін речовиною і енергією між біоценозом і середовищем складає фундаментальну основу його існування – *метаболізм біоценозу*, в процесі якого йому „здається вивільняти себе від усієї тієї ентропії, яку він вимушений виробляти”.

Без аналізу продукційно-енергетичних характеристик, очевидно, принципово неможливо визначати кількісно різні стани екосистеми. Тому не випадково, що жоден з методів оцінки якості середовища за біологічними показниками не дозволяє контролювати перехід екологічної системи під впливом антропогенного навантаження з одного якісного стану до іншого. Саме як зрушення в ентропійно-негентропійних процесах під впливом антропогенного навантаження розглядається вплив забруднення на

екосистеми низкою авторів. Ентропію можна оцінювати в інформаційних або в термодинамічних величинах.

За умов забруднення навколишнього середовища може відбуватися як зростання інтенсивності метаболізму біоценозу – метаболічний прогрес, так і зниження його інтенсивності – метаболічний регрес. Важливою умовою метаболічного прогресу є антропогенне збагачення екосистем біогенними елементами. Низка фактів свідчить про те, що здатність до живлення і його ефективність у гідробіонтів зростає при низьких концентраціях деяких речовин, що вважаються отруйними. Показниками токсичного впливу є зниження інтенсивності чи повне припинення фотосинтезу, зміни співвідношення між первинною продукцією і деструкцією тощо.

Одним з найбільш адекватних підходів до оцінки якості середовища може бути його характеристика за змінами ентропії системи, проте про які саме системи йде мова – біологічні чи екологічні – не зовсім зрозуміло з відповідних публікацій, присвячених цій проблемі. До того ж, окрім загальних концепцій і положень, ці роботи практично позбавлені фактичного матеріалу щодо змін ентропії системи за умов токсичного навантаження.

Для з'ясування цієї проблеми нами проведено низку експериментальних досліджень змін продукційно-енергетичних показників і ентропії в біологічних і екологічних системах за умов різного ступеня токсичного забруднення водного середовища різноманітними токсикантами, зокрема, сполуками важких металів. У експериментах з автотрофними організмами нами встановлена залежність між значеннями біопродукційних показників та концентрацією токсиканта за різної інтенсивності освітленості. Характер цих змін не лінійний: за відносно низької концентрації (0,01 мг/л свинцю і нікелю) спостерігається стимулюючий вплив, потім спостерігається пригнічення процесів, причому важливо відзначити, що рівень прояву токсичних ефектів значною мірою залежить від величини доступної біосистемі енергії, а обмеження енергетичного потоку істотно посилює ефект впливу токсикантів (рис. 11.1-11.2).

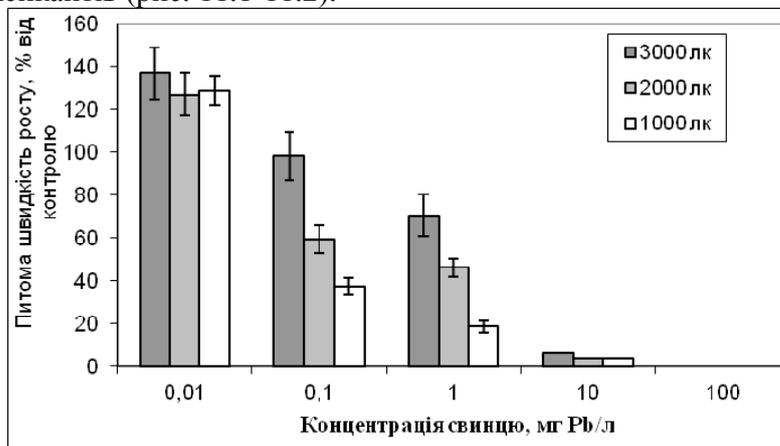


Рис. 11.1. Питома швидкість росту у *Lemna trisulca* за різних концентрацій  $Pb^{2+}$  у воді та інтенсивностей освітлення (лк)

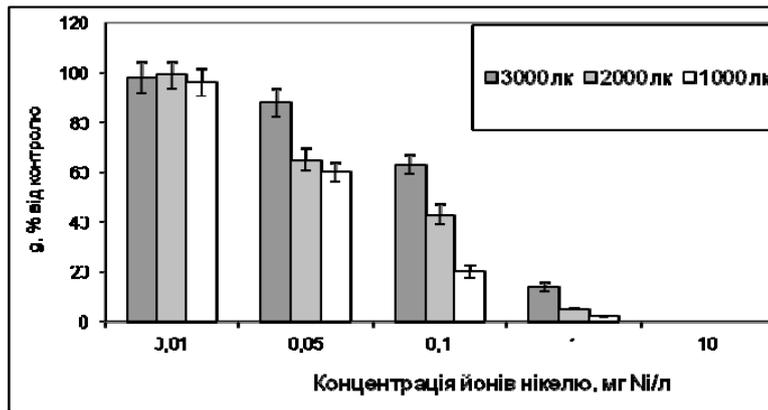


Рис. 11.2. Питома швидкість росту *Lemna trisulca* за різних концентрацій Ni<sup>2+</sup> та інтенсивностей освітлення (лк)

Проте в усіх експериментах за певного рівня токсикантів (10-100 мг/л для свинцю та 10 мг/л для нікелю) у середовищі життєдіяльність пригнічувалася настільки істотно, що вже практично не мало ніякого значення, якої величини енергетичний потік був доступним для біосистеми: вона припиняла своє існування.

Результати експериментів по з'ясуванню рівня темного дихання (R), чистої продукції (за виділенням кисню) (Pч) та відношення чиста продукція/дихання свідчать, що йони хрому за концентрації від 1 до 10 мкг Cr<sup>6+</sup>/л призводять до зростання як чистої продукції, так і величини дихання (при цьому співвідношення цих величин мало змінюється у порівнянні з контролем). За концентрації 100 мкг Cr<sup>6+</sup>/л на тлі активації дихання різко знижується величина чистої продукції та відношення Pч/R, а при 1000 мкг Cr<sup>6+</sup>/л істотно пригнічується як дихання, так і продукція. Відношення Pч/R знижується ще різкіше, причому цей показник змінюється найбільш пропорційно зростанню концентрації токсиканта (рис. 11.3).

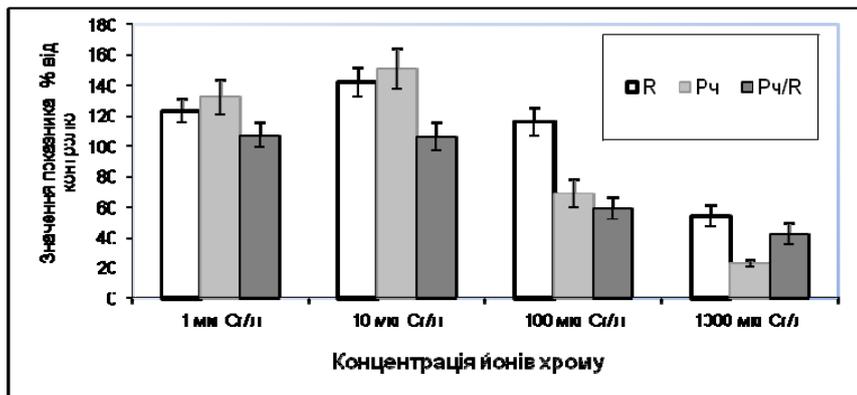


Рис. 11.3. Значення біопродукційних показників у *Elodea canadensis* на 14 добу експерименту за різних концентрацій Cr<sup>6+</sup> у воді

Таким чином, прояв токсичних ефектів істотно залежить від концентрації токсиканта, причому, як і в більшості випадків, при зростанні вмісту токсиканта в середовищі спочатку спостерігається певна стимуляція досліджених біопродукційних показників, а при подальшому зростанні концентрації – їх закономірне зниження аж до припинення існування біосистеми.

Принципово схожі результати отримані нами в експериментах з гетеротрофними організмами. Зокрема, у експериментах з пуголовками озерної жаби встановлено, що за концентрації хрому від 0,001 до 1,000 мг Cr<sup>6+</sup>/л темп росту дещо зростає (у порівнянні з контролем), сягаючи максимальних значень при 0,100 мг Cr<sup>6+</sup>/л, і знижується при більш високих його концентраціях. (табл. 11.1).

Ефективність трансформації енергії при цьому знижується у всьому діапазоні досліджених концентрацій хрому. Дослідження складових енергетичного балансу показало, що в усіх випадках зростання концентрації йонів хрому призводить до істотних змін структури енергетичного балансу організмів. Найістотніше при цьому значне зростання частки стандартного обміну, в той час як інші складові змінюються не так суттєво.

Таблиця 11.1. Енергетичні витрати у пуголовків *Rana ridibunda* при різних величинах добового раціону за різних концентрацій йонів хрому в воді (Т = 25<sup>0</sup>С)

Раціон, частки від максимального	Енергетичні витрати (Дж/г маси тіла на добу) за різних концентрацій хрому в воді					
	Контроль	0,001 мг Cr <sup>6+</sup> /л	0,010 мг Cr <sup>6+</sup> /л	0,100 мг Cr <sup>6+</sup> /л	1,000 мг Cr <sup>6+</sup> /л	10,000 мг Cr <sup>6+</sup> /л
0 (R <sub>0</sub> )	295,4	933,8	1048,6	1352,4	995,4	877,8
0,5 (R <sub>0,5</sub> )	945,0	1134,0	1323,0	1814,4	1577,8	963,2
1 (R <sub>max</sub> )	1310,4	1481,2	1533,0	12695,0	2083,2	1323,0
(R <sub>max</sub> )/(R <sub>0</sub> )	4,4	1,6	1,5	2,0	2,1	1,5
(R <sub>0,5</sub> )/(R <sub>0</sub> )	3,2	1,2	1,3	1,3	1,6	1,1
R <sub>i0</sub> /R <sub>0</sub> contr		3,2	3,5	4,6	3,4	3,00

Відомо, що інтенсивність дихання гідробіонтів у токсичному середовищі спочатку зростає, потім істотно знижується. Проте слід мати на увазі, що досліджувались, головним чином, рівні стандартного обміну. При цьому травний обмін, загальний, а тим паче структура енергетичного балансу залишалась мало дослідженою. Саме тому нам довелося з'ясувати і це коло питань.

Аналіз структури енергетичного балансу показав, що за умов підвищеного вмісту хрому значно зменшується різниця між рівнями травного і стандартного метаболізму, що свідчить про суттєве зниження ефективності трансформації енергії у зв'язку з істотним зростанням частки стандартного обміну, яка йде на підтримання гомеостазу і енантіостазу в умовах токсичного середовища. Водночас варто відзначити, що різниця між рівнем травного обміну в контролі та експерименті виявляється незначною.



Таким чином, за умов живлення досхочу рівень загального обміну досягає значень, близьких до максимально можливих для данного організму. В токсичному середовищі при цьому відбуваються істотні зрушення структури енергетичного балансу – різке зростання частки стандартного обміну. Це дозволяє передбачати зміни у стані гідробіонтів за умов обмежених харчових ресурсів: при обмеженні кормових ресурсів чи голодуванні найістотніші втрати маси тіла і енергетичних ресурсів варто очікувати саме у організмів, які мешкають за концентрації хрому 0,1 мг/л. Експерименти повністю підтвердили це припущення. Треба відзначити, що і вміст сухого залишку в тілі, і його калорійність виявились найнижчими у пуголовків, яких тримали у воді з концентрацією хрому 0,1 мг/л (менше, ніж у контролі на 8,94 % за сухим залишком і на 13,24 % за калорійністю).

Це узгоджується з *теорією оптимального живлення*. Зокрема, вважається, що пристосовуваність до умов середовища безпосередньо залежить від кількості енергії, яка надходить до організму, що живиться. Рівень стандартного обміну (при голодуванні) в умовах підвищеного вмісту йонів хрому в воді в діапазоні концентрацій (0,001 – 10,000 мг  $\text{Cr}^{6+}$ /л) в декілька разів перевищував рівень стандартного обміну в контролі, причому максимальне перевищення мало місце за концентрації хрому 0,100 мг/л (в 4,6 рази). Привертає до себе увагу відношення травного обміну до стандартного. Воно мало мінімальне значення за концентрації хрому 10 мг/л (табл. 11.1), що свідчить що за цих умов вся доступна організмові енергія використовується лише на «відкачування» ентропії, тобто на підтримання гомеостазу й енантіостазу, а вже на накопичення енергії у організму резервів не лишається.

Рівень стандартного обміну (при голодуванні) за наявності біхромату калію у воді в діапазоні досліджених концентрацій (від 0,001 до 10,000 мг  $\text{Cr}^{6+}$ /л) в кілька разів перевищував рівень стандартного обміну в контролі, причому максимальне перевищення було за концентрації хрому 0,100 мг/л (у 4,6 рази). Привертає увагу відношення травного обміну до стандартного. Воно мало найменші значення за умов концентрації хрому 10 мг/л. Це свідчить, що за цих умов вся доступна організму енергія витрачається лише на «відкачування ентропії», тобто на підтримання гомеостазу та енантіостазу, а на накопичення енергії резервів вже не залишається. Слід звернути увагу на кілька важливих обставин. По-перше, рівень стандартного обміну був мінімальним у контролі. А саме величина стандартного обміну розглядається як мінімальні енергетичні витрати організму на підтримання своєї життєдіяльності, тобто на «відкачування» ентропії і саме за величиною його зростання можна кількісно оцінити витрати організму на підтримання свого існування, тобто це і є енергетична вартість забруднення для організму. За концентрації хрому 0,001 мг/л істотно зростають енерговитрати організму на підтримання своєї життєдіяльності. Зростання рівня стандартного обміну пропорційне концентрації хрому у воді, сягаючи максимального значення за 0,100 мг  $\text{Cr}^{6+}$ /л (рис. 11.4).

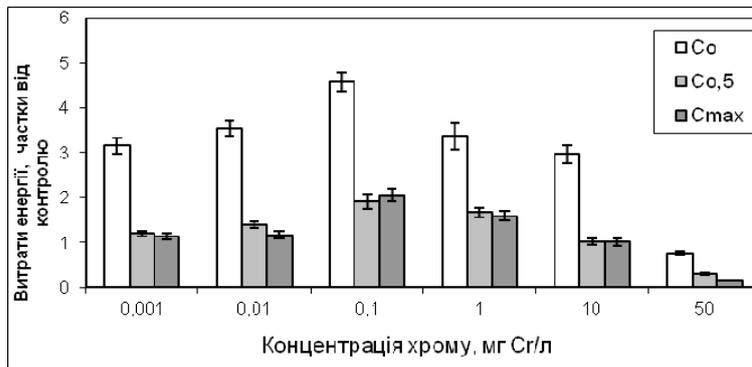


Рис. 11.4. Витрати енергії у личинок *Rana ridibunda* на стандартний обмін ( $C_0$ ), травний обмін при живленні досхоchu ( $C_{max}$ ) та за раціону, що складає половину від максимального ( $C_{0,5}$ ) за різного рівня  $Cr^{6+}$  у воді

Подальше зростання токсичності середовища призводить до зниження рівня як стандартного, так і загального обміну, що пов'язано зі згасанням функціональної активності організму. Таким чином, цей рівень токсичності можна вважати верхньою межею забруднення, з яким організм ще може "впоратися" шляхом пожвавлення "відкачування" ентропії ціною суттєвого зростання власних енерговитрат.

В експериментах з пуголовками за підвищеного вмісту  $Pb^{2+}$  також встановлені істотні зміни структури енергетичного балансу – суттєве зростання частки стандартного обміну (рис. 11.15-11.16).

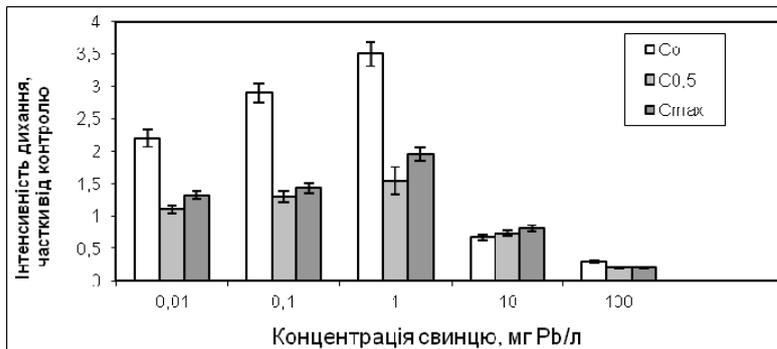


Рис. 11.5. Рівні стандартного ( $C_0$ ) і травного обміну при живленні досхоchu ( $C_{max}$ ) та за раціону, що складає половину від максимального ( $C_{0,5}$ ) у пуголовків *Rana ridibunda* за різного вмісту  $Pb^{2+}$  у воді

Встановлені нами закономірності дозволяють передбачати зміни стану організмів за різних трофічних умов. Отримані нами результати узгоджуються з теорією оптимального живлення, згідно з якою пристосованість до умов середовища безпосередньо залежить від надходження енергії до організму, що харчується.

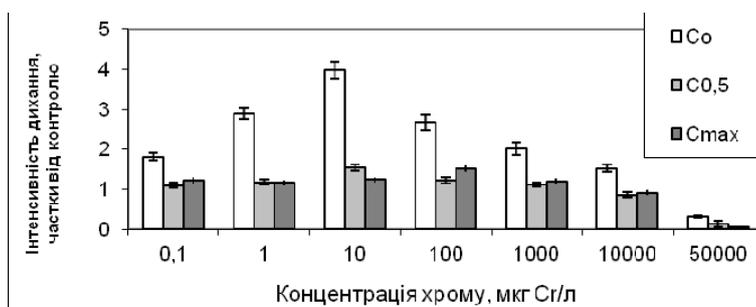


Рис. 11.6. Інтенсивність дихання пуголовків *Rana arvalis* при голодуванні ( $C_0$ ), живленні досхочу ( $C_{max}$ ) та раціоні, що складає 50% від величини максимального ( $C_{0,5}$ ) за різних концентрацій  $Cr^{6+}$  у воді

Рівень стандартного обміну (при голодуванні) за вмісту свинцю у воді в діапазоні досліджених концентрацій (від 0,01 до 100,000 мг  $Pb^{2+}$ /л) в кілька разів перевищував рівень стандартного обміну в контролі, причому максимальне перевищення було за концентрації 1,00 мг/л. Привертає увагу відношення травного обміну до стандартного. Це свідчить, що за цих умов майже вся доступна організму енергія витрачається лише на підтримання гомеостазу та енантіостазу, а на накопичення енергії резервів вже не залишається (рис. 11.5).

Аналогічні закономірності встановлені й у риб. Обмеження раціону істотно впливає на рівень прояву токсичного ефекту (зокрема, за ступенем пригнічення росту) (рис. 11.7).

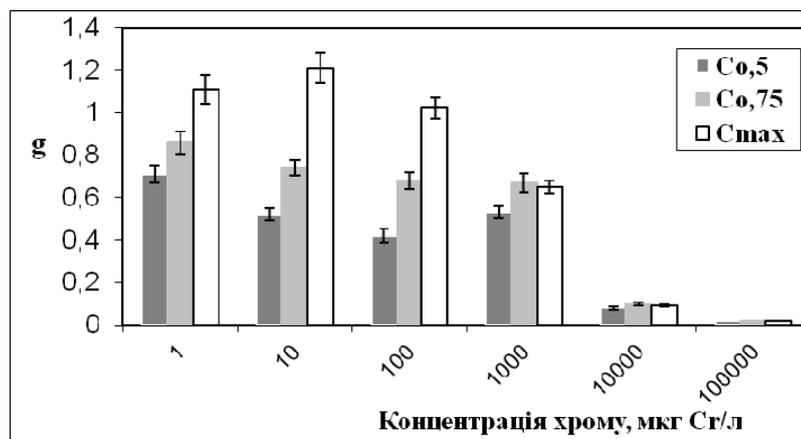


Рис. 11.7. Питома швидкість росту (g, частки від контролю) *Carassius auratus auratus* (вік 1–2 місяці) за різних концентрацій  $Cr^{6+}$  у воді та величинах раціону

Причому це вже суттєво проявляється при концентрації токсиканту, яка відповідає 1 ГДК (в той час як за умов живлення досхочу питома швидкість росту за цієї концентрації була вищою, ніж у контролі). Істотне ж

перевищення концентрації токсиканту призводить до пригнічення росту вже практично незалежно від величини доступного раціону, що обумовлено пригніченням життєдіяльності за цих умов.

Рівень стандартного обміну в усіх випадках був мінімальним у контролі. А саме величина стандартного обміну розглядається як мінімальні енергетичні витрати організму на підтримання своєї життєдіяльності, тобто на “відкачування” ентропії. Таким чином, вже за концентрації свинцю 0,01 – 1,00 мг/л істотно зростають енерговитрати організму на підтримання своєї життєдіяльності (рис. 11.5). Зростання рівня стандартного обміну пропорційне концентрації свинцю у воді, сягаючи максимального значення за 1,00 мг Рb<sup>2+</sup>/л. Подальше зростання токсичності середовища призводить до зниження рівня як стандартного, так і загального обміну, що пов’язано зі згасанням функціональної активності організму. Таким чином, цей рівень токсичності можна вважати верхньою межею забруднення, з яким організм ще може “впоратися” шляхом пожвавлення “відкачування” ентропії ціною суттєвого зростання власних енерговитрат за живлення досхоchu. Будь-яке обмеження раціону призводить до істотного зниження значень біопродукційних показників.

У численних експериментах з гідробіонтами різних груп (личинки амфібій, молодь риб, гіллястовусі ракоподібні, інфузорії, гідри, вищі водяні рослини) ми перевіряли, який з біопродукційних параметрів найчутливіший до підвищеної концентрації різних токсикантів. З досліджених гідробіонтів молодь риб відзначалася найменшою чутливістю до впливу токсикантів, але і в цих дослідках ІОС давав найадекватнішу картину (найвищі коефіцієнти кореляції ІОС із концентрацією токсиканта) якості середовища. В деяких випадках невеликі концентрації токсикантів призводять до зростання значень досліджених біопродукційних показників. Подальше збільшення концентрації токсикантів супроводиться, як правило, їхнім зниженням. Але в усіх випадках найчутливіше реагує на зміну концентрації токсикантів саме ІОС, таким чином, за відхиленням його значень від контролю можна простежити зміни у стані самого середовища мешкання живих організмів.

ІОС може успішно застосовуватися як на рівні організму, так і на рівні популяції та угруповання. При цьому кожному рівню притаманні свої особливості. Якщо на рівні організму ІОС характеризує, головним чином, скорельованість метаболічних процесів і співвідношення складових енергетичного балансу індивідууму, то на популяційному ІОС вже відображує і розмірно-вагову, статеву, вікову структуру популяції, що у свою чергу віддзеркалює різний вплив токсикантів (чи стану середовища в цілому) на окремі розмірно-вікові групи, певні періоди життєвого циклу тощо. Щодо угруповань, то на цьому рівні ІОС вже характеризуватиме інтенсивність і ефективність трансформації енергії як окремими популяціями, трофічними рівнями так і угрупованням у цілому. При цьому, звичайно, істотним буде вплив зміни структури біоценозу під дією антропогенного навантаження,

що у свою чергу вплине на весь хід енергетичних процесів у екосистемі в цілому, неминуче призведе до зниження інформації угруповань та до зростання ентропії.

Встановлені нами закономірності змін продукційно-енергетичних параметрів у токсичному середовищі дозволяють по-новому розглянути одержані раніше багатьма авторами значення біопродукційних показників різноманітних організмів і популяцій під кутом зору використання їх для оцінки стану довкілля (шляхом порівняння з аналогічними параметрами тих же видів, але за умов сучасного антропогенного навантаження на різноманітні екосистеми), для з'ясування напрямків та темпів антропогенної трансформації екосистем.

У цьому аспекті ІОС є кількісною характеристикою зрушень термодинамічного стану біосистем, а відтак – і одним з найадекватніших показників стану довкілля, який дає енергетичну характеристику рівня антропогенного навантаження на екосистему. Як показали наші дослідження, при визначенні й розрахунку біопродукційних процесів за умов токсичного навантаження вкрай важливо враховувати такий показник, як величина доступного біосистемі потоку енергії. Причому ця проблема має кілька аспектів.

Перший – загальна потужність зовнішнього потоку енергії, яку може використовувати та чи інша біосистема. Так, у експериментах із гідромикрофітами переконливо показано, що токсичний ефект суттєво посилюється за умов обмеження світлового потоку. Аналогічні результати отримано нами і на гетеротрофних організмах (за умови обмеження величини їх раціону).

Але є й інший бік цієї проблеми. Так, за умов інтоксикації водного середовища йонами свинцю у багатьох організмів знижується апетит, що призводить до зменшення величини раціону. Тобто, з одного боку, їжа і присутня, але рівень її споживання істотно зменшується. З іншого боку, зростають енергетичні витрати на підтримання гомеостазу організму, наслідком чого є зниження ефективності трансформації енергії.

Щодо природних умов, то за токсифікації водного середовища важкими металами можна очікувати істотного, значно суттєвішого, ніж в умовах лабораторного експерименту, зниження раціону, пов'язаного зі зниженням пошукової активності й загальним гальмуванням харчодобувних рефлексів. Причому за певного рівня токсиканта у середовищі він сильніше діє на кормові об'єкти, зокрема, (за нашими спостереженнями) це призводить до зниження рухової активності церіодафній, які стають легкою здобиччю гідр.

Водночас результати експериментів з гідрою показали, що найбільш адекватну картину рівня токсичного забруднення середовища можна отримати з використанням індексу оптимальності середовища для біопродукційного процесу, оскільки він характеризує як швидкість накопичення системою енергії, так і ефективність її трансформації.

Як видно з результатів експериментів з гідрою, як для питомої швидкості росту, так і для ефективності трансформації енергії встановлені аналогічні закономірності – за концентрації свинцю у воді 0,01 мг/л, що складає 0,1 ГДК, відзначені істотні коливання значень досліджених біопродукційних показників. Значне підвищення вмісту  $Pb^{2+}$  у воді призводить до суттєвого зниження біопродукційних показників, причому амплітуда коливань при цьому істотно знижується.

Значення індекса оптимальності середовища в усіх випадках знижувалися обернено пропорційно до рівня забруднення водного середовища, і тому саме цей показник найбільш адекватно характеризує стан якості середовища для біологічних систем.

Таким чином, індекс оптимальності середовища є адекватною кількісною енергетичною характеристикою рівня токсичного забруднення екосистем за станом біосистем (табл. 11.2-11.3, рис. 11.8).

Таблиця 11.2. Питома швидкість накопичення енергії та ефективність її трансформації у *Pelmatohydra oligactis* за різних концентрацій  $Pb^{2+}$  у воді (n = 8)

Концентрація свинцю, мг $Pb^{2+}$ /л	Питома швидкість накопичення енергії, %		Валова ефективність трансформації енергії, %		Індекс оптимальності середовища, %
	на добу	від контролю	від енергії раціону	від контролю	
Контроль	19,2±2,7	100,00	39,2±6,8	100,0	100
0,01	16,4±3,2	85,42	40,1±6,7	102,2	87,38
0,05	20,7±2,9	107,81	25,9±4,2	65,07	71,23
0,10	15,5±2,0	80,73	16,7±4,3	42,60	34,40
1,00	8,1±2,9	42,40	19,1±4,2	48,72	20,56
5,00	4,3±0,9	22,40	6,7±2,9	17,14	3,83

Таблиця 11.3. Біопродукційні показники у *Pelmatohydra oligactis* за різних концентрацій  $Cr^{6+}$  у воді (n=16)

Концентрація хрому, мг $Cr^{6+}$ /л	Питома швидкість росту		Валова ефективність трансформації енергії		Індекс оптимальності середовища, %
	% на добу	% від контролю	% від енергії раціону	% від контролю	
Контроль	19,2±2,7	100,00	39,2±6,8	100,00	100
0,0005	17,8±3,1	92,71	41,0±7,3	104,59	96,96
0,0010	15,7±1,4	81,77	37,9±3,9	96,68	79,06
0,0100	15,1±2,0	78,65	31,8±7,4	81,12	63,80
0,1000	18,6±1,9	86,87	22,9±4,2	58,41	56,59
1,0000	9,0±0,8	46,87	7,2±3,8	43,88	20,57

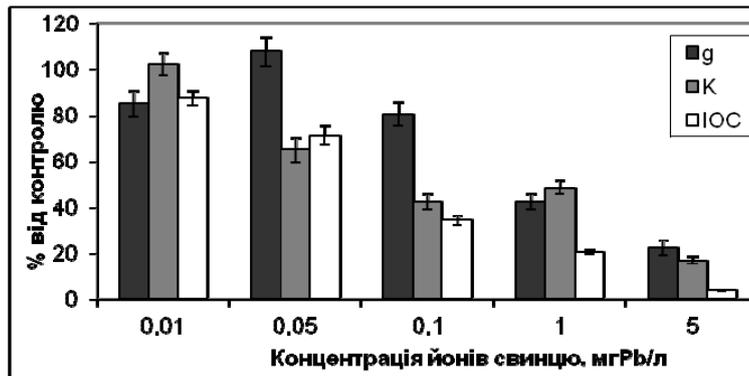


Рис. 11.8. Значення біопродукційних показників у *Pelmatohydra oligactis* за різних концентрацій  $Pb^{2+}$  в воді

В усіх випадках за підвищеного рівня важких металів у воді нами встановлено істотне зростання коливань значень біопродукційних показників у часі, амплітуда яких залежала від концентрації токсиканта. Це свідчить про ступінчастий каскадний характер розвитку токсичного процесу та адаптацій до нього організмів (рис. 11.9-11.10).

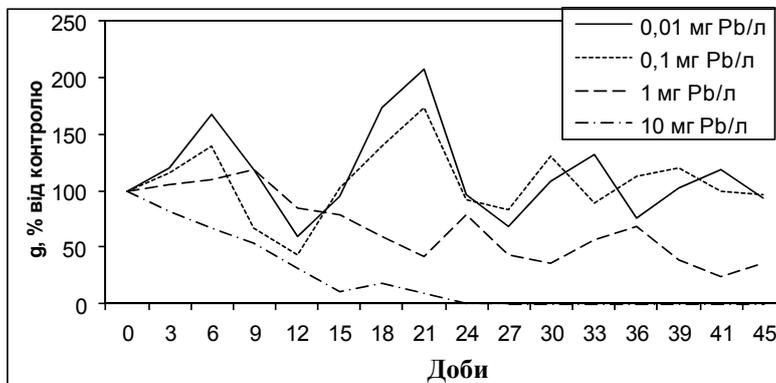


Рис. 11.9. Динаміка питомої швидкості росту (g, % від контролю) *Poecilia reticulata* за різної концентрації  $Pb^{2+}$  (мг/л) у воді

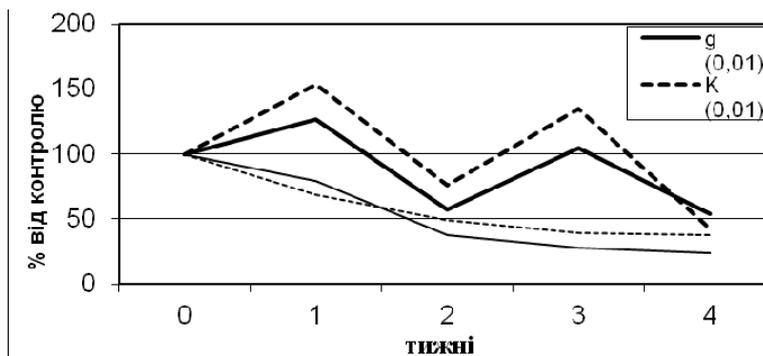


Рис. 11.10. Динаміка питомої швидкості росту (g) і ефективності трансформації енергії раціону (K) у гідри *Pelmatohydra oligactis* за різної концентрації  $Pb^{2+}$  (мг/л)

Коливання значень біопродукційних показників значно зростають вже за рівня токсиканта у воді, який відповідає 0,1 ГДК. Істотні коливання показників за токсичного впливу виявлені й у інших видів (табл. 11.4).

Таблиця 11.4. Показники росту лина *Tinca tinca* за різної концентрації хрому

Статистичні показники	Питома швидкість росту (% на добу) за концентрації хрому у воді				
	Контроль	0,0005 мг Cr <sup>6+</sup> /л	0,0100 мг Cr <sup>6+</sup> /л	10,0000 мг Cr <sup>6+</sup> /л	50,0000 мг Cr <sup>6+</sup> /л
Середнє значення	7,312	7,416	7,502	2,786	1,596
Дисперсія	0,136	23,701	13,183	8,699	13,029
Середнє відхилення	0,310	3,649	2,806	2,143	2,523

Причому максимальних значень вона сягає за концентрації хрому 0,0005 мг/л, що свідчить про максимальну амплітуду коливань значень питомої швидкості росту за цих умов. Середні відхилення значень питомої швидкості росту також на порядок перевищують аналогічні величини у контролі (табл. 11.4).

Водночас істотні перевищення ГДК часто призводять до суттєвого зниження біопродукційних показників без виражених їх коливань у часі (рис. 11.9–11.10).

Зростання рівня стандартного обміну пропорційне концентрації йонів хрому у воді, досягаючи максимального значення при 0,100 мг Cr<sup>6+</sup>/л. Подальше зростання рівня токсичності середовища призводить до зниження як стандартного, так і загального обміну, що пов'язано зі згасанням функціональної активності організму за цих умов. Таким чином, цей рівень токсичності можна вважати верхньою межею забруднення, з яким організм ще може впоратись шляхом інтенсифікації «відкачування» ентропії ціною істотного зростання власних енергетичних витрат.

Аналогічні закономірності отримані нами і на культурах різноманітних безхребетних – інфузоріях, дафніях, церіодафніях тощо. Таким чином, і на лабораторних популяціях підтверджено, що величина зв'язаної системою енергії (на одиницю її доступного потоку) знижується зворотно пропорційно до зростання рівня токсичності середовища.

На рівні біотичного угруповання головним механізмом зв'язування енергії зовнішнього потоку є фотосинтетична активність фотоавтотрофів. Саме величина зв'язаної фотосинтетиками енергії визначає енергетичний бюджет угруповання. Внесок всіх останніх трофічних рівнів визначається кількістю енергії, яка розсіюється ними в процесі дихання. Тому загальні запаси зв'язаної в біомасі угруповання енергії визначаються біомасою і темпом продукційного процесу автотрофів з одного боку, та ефективністю трансформації енергії гетеротрофами – з іншого.

Встановлені зміни ентропії в біологічних і екологічних системах за різного рівня токсичного забруднення водного середовища іонами важких



металів. Незначне забруднення не викликає зростання ентропії в біосистемах, водночас призводить до зростання споживання ними енергії, що обумовлено зростанням енергетичних витрат на підтримання життєдіяльності в токсичному середовищі. Саме тому для біосистеми за токсичного впливу вкрай важливо мати достатнє джерело енергії, оскільки за цих умов суттєво зростають енергетичні витрати організму. Тому будь-яке обмеження енергетичного потоку призведе до зростання прояву токсичних ефектів.

Наслідком цього є зростання ентропії в екосистемі. Подальше зростання рівня токсичності середовища призводить до збільшення ентропії в біосистемах, пропорційному рівню забруднення, проте ентропія екосистеми в цілому знижується, що пов'язано зі зменшенням розсіювання енергії біосистемами внаслідок згасання їх функціональної активності

Біопродукційні показники уможливають порівняння умов існування організмів різних груп і таксонів (рис. 11.11-11.12).

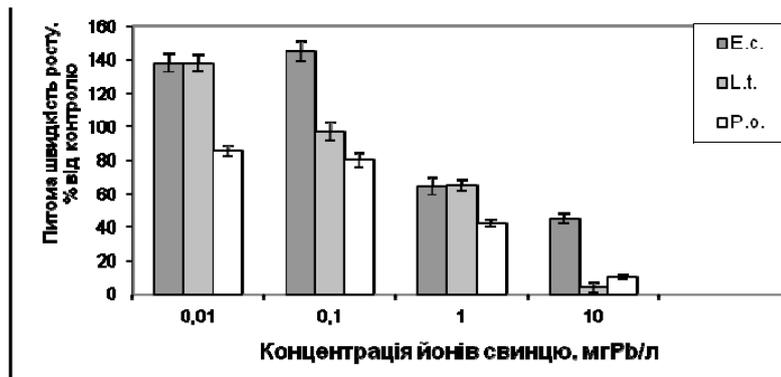


Рис. 11.11. Питома швидкість росту у *Elodea canadensis* (E.c.), *Lemna trisulca* (L.t.) і *Pelmatohydra oligactis* (P.o.) за різних концентрацій Pb<sup>2+</sup> у воді

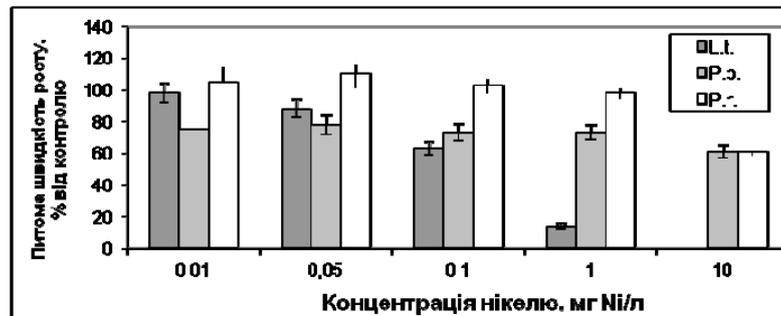


Рис. 11.12. Питома швидкість росту у *Lemna trisulca* (L.t.), *Pelmatohydra oligactis* (P.o.) і *Pecilia reticulata* (P.r.) за різних концентрацій Ni<sup>2+</sup> у воді

Проте найбільш чітку картину впливу підвищених концентрацій йонів важких металів отримуємо при порівнянні індексів оптимальності середовища (рис. 11.13)

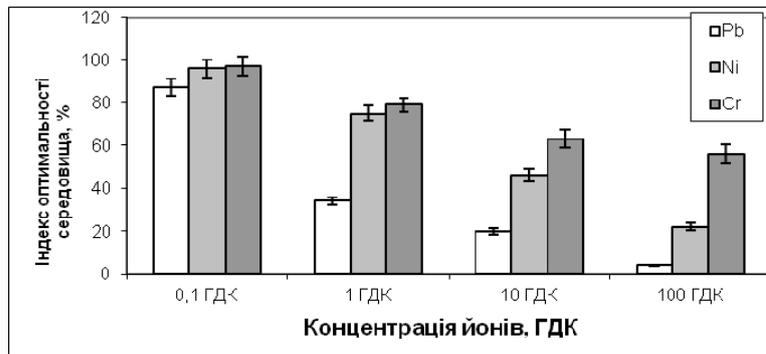


Рис. 11.13. Значення індексу оптимальності середовища для *Pelmatohydra oligactis* за різних концентрацій йонів важких металів у воді

Аналогічне порівняння змін ефективності трансформації раціону (рис. 11.14) і питомої швидкості росту (рис. 12.15) дає менш чітку картину.

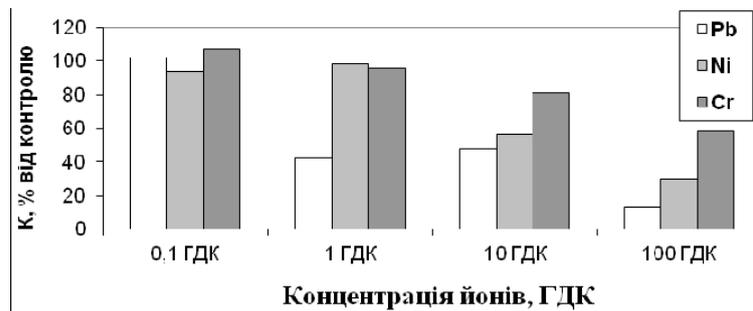


Рис. 11.14. Ефективність трансформації раціону (К) у *Pelmatohydra oligactis* за різних концентрацій ЙВМ

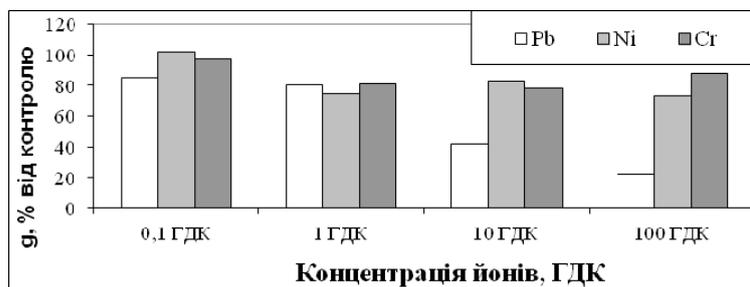


Рис.11.15. Питома швидкість росту (g) у *Pelmatohydra oligactis* за різних концентрацій ЙВМ

Варто звернути увагу на кілька обставин. Рівень стандартного обміну мав мінімальні значення у контролі. А саме величина стандартного метаболізму розглядається як мінімальні енергетичні витрати організму на підтримання своєї життєдіяльності, тобїж на «відкачування ентропії». Таким чином, вже за концентрації йонів свинцю 0,01–1,00 мг/л істотно зростають енерговитрати організму на підтримання життєдіяльності. Причому зрос-

тання рівня стандартного обміну пропорційно концентрації свинцю у воді, сягаючи максимального значення за 10 мгPb<sup>2+</sup>/л. Подальше збільшення вмісту свинцю у середовищі призводить до зниження рівнів як стандартного, так і загального метаболізму, що пов'язано зі згасанням функціональної активності організму.

Таким чином, цей рівень токсичності можна вважати верхньою межею забруднення, з яким організм ще здатний «впоратися» шляхом інтенсифікації «відкачування» ентропії ціною істотного зростання власних енергетичних витрат (за умов живлення досхочу). Будь-яке обмеження раціону при цьому призводить до суттєвого зниження біопродукційних показників.

В експериментах з гідрою встановлено, що найадекватнішу картину токсичного забруднення середовища можна отримати з використанням індексу оптимальності середовища. Оскільки він характеризує як швидкість накопичення енергії, так і ефективність її трансформації. Індекс оптимальності середовища знижувався зворотно пропорційно до рівня забруднення середовища. Причому в умовах забруднення середовища особливого значення набуває величина доступної системі енергії.

Для з'ясування загальних закономірностей біопродукційного процесу на популяційному рівні нами проведено цикл досліджень лабораторних популяцій (культур) низки різних видів гідробіонтів. Зокрема, на лабораторних популяціях інфузорії тувельки *Paramecium caudatum* встановлено, що чисельність лабораторної культури знижується зі зростанням концентрації токсиканта (шестивалентного хрому, джерелом якого є дихромат калію) (рис. 11.16).

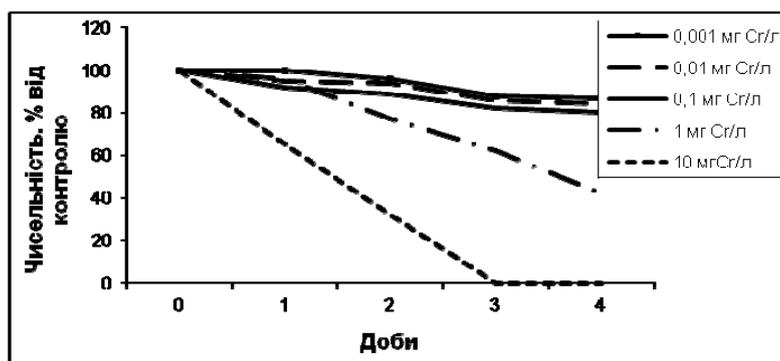


Рис. 11.16. Динаміка чисельності культури *Paramecium caudatum* за різних концентрацій Cr<sup>6+</sup> у воді

Аналогічні результати отримано нами і в експериментах з токсичним забрудненням середовища йонами свинцю, причому інгібуючий ефект йони свинцю виявляли вже за концентрації 0,01 мг Pb/л, що складає лише 1/10 його ГДК!) (рис. 11.17)

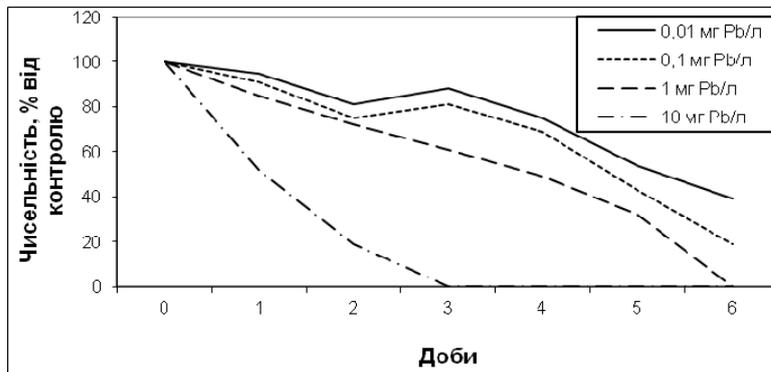


Рис. 11.17. Динаміка чисельності культури *Paramecium caudatum* за різних концентрацій  $Pb^{2+}$  у воді

Дослідження продукції дафній протягом п'яти поколінь в токсичному середовищі показало закономірне зниження продуктивності в низці поколінь. Зменшується кількість молоді у кожній самиці, істотно зростає період ембріонального розвитку. Значно зростає смертність в експериментальних умовах. Зниження продуктивності дафній зворотно пропорційне зростанню концентрації хрому у воді (табл. 11.5).

Таблиця 11.5. Продуктивність *Daphnia magna* у п'яти поколіннях за різних концентрацій хрому ( $M \pm m$ ,  $n=12$ )

Покоління	Продуктивність (% від контролю) за різних концентрацій хрому у воді		
	0,0001 мгCr <sup>6+</sup> /л	0,001 мгCr <sup>6+</sup> /л	0,01 мгCr <sup>6+</sup> /л
I	99,0±5,6	97,1±6,7	103,0±3,3
II	102,5±7,3	91,1±8,5	83,3±6,8
III	93,0±6,1	104,0±9,4	67,0±4,9
IV	81,2±8,0	71,7±5,1	42,0±8,2
V	78,6±7,2	53,0±8,0	28,2±9,1

Церіодафнії *Ceriodaphnia affinis* виявилися значно чутливішими до токсикантів, ніж дафнії. У них також за дії токсикантів зростає тривалість постембріонального розвитку (табл. 11.6).

Таблиця 11.6. Тривалість постембріонального розвитку у *Ceriodaphnia affinis* у п'яти поколіннях за різних концентрацій хрому ( $M \pm m$ ,  $n=8$ )

Покоління	Тривалість постембріонального розвитку (% від контролю) за різної концентрації хрому у воді		
	0,0001 мгCr <sup>6+</sup> /л	0,001 мгCr <sup>6+</sup> /л	0,01 мгCr <sup>6+</sup> /л
I	101,0±4,2	100,0±3,9	103,0±4,3
II	115,4±3,9	123,1±5,0	132,3±5,1
III	125,0±6,1	111,0±4,7	125,0±6,2
IV	116,7±8,0	104,7±6,1	110,0±7,5
V	106,2±7,7	100,0±8,4	131,2±6,9

Кількість народжень *C. affinis* статистично вірогідно знижувалась з покоління в покоління при дії хрому за його концентрації 0,001 мг/л. Кількість народжень у першому поколінні знижувалася на 20%, а в 5-тому – на 55%. У середньому для 5-ти поколінь даний показник знизився на 31,1% порівняно з контролем, при  $P > 95\%$ . При концентрації 0,001-0,0001 мг/л число народжень в ряді поколінь також було нижчим контролю, але не настільки, як при концентрації 0,01 мг/л. (табл. 11.7).

Таблиця 11.7. Середня кількість послідів *Ceriodaphnia affinis* у п'яти поколіннях за різних концентрацій хрому ( $M \pm m$ ,  $n=8$ )

Покоління	Середня кількість послідів (% від контролю) за різної концентрації хрому у воді		
	0,0001 мгCr <sup>6+</sup> /л	0,001 мгCr <sup>6+</sup> /л	0,01 мгCr <sup>6+</sup> /л
I	100,0±4,4	84,0±3,9	70,0±2,7
II	88,9±3,9	74,4±7,1	56,7±4,0
III	84,0±7,2	68,0±6,8	62,0±3,9
IV	78,1±5,8	48,9±5,9	36,7±4,2
V	70,9±6,0	30,9±7,1	25,4±3,9

В умовах підвищеного рівня хрому в середовищі у гіллястувисих ракоподібних істотно зростає частка абортіваних яєць (табл. 11.8).

Таблиця 11.8. Частка абортіваних яєць різними поколіннями *Ceriodaphnia affinis* за концентрації хрому 0,01 мгCr<sup>6+</sup>/л ( $M \pm m$ ,  $n=8$ )

Покоління	I	II	III	IV	V
% абортіваних яєць	22,3±2,4	26,5±3,6	35,2±4,0	31,6±3,8	87,0±7,2

Все це і призводить до істотного зниження продуктивності в умовах токсичного середовища.

Таким чином, результати наших експериментів свідчать, що в біологічних системах в умовах забруднення середовища зростає «виробництво» ентропії, на «відкачування» якої біосистеми витрачають значну частину доступної їм енергії. При цьому вони здатні до підтримання певного рівня функційної активності шляхом істотного зростання власних енерговитрат, що можливо лише за умов достатнього енергетичного забезпечення: будь-яке обмеження доступної біосистемі енергії при цьому суттєво посилює прояв токсичних ефектів. Система ще здатна підтримувати певний рівень своєї активності шляхом збільшення власних енергетичних витрат на підтримання життєдіяльності, що призводить до істотного зростання ентропії в системі в цілому. Подальше зростання рівня забруднення середовища призводить до згасання функціонування біологічних систем, які вже не здатні підтримувати рівень своєї негентропії ціною істотного зростання ентропії в системі в цілому. На цьому етапі рівень ентропії в біосистемах зрос-

тає, проте, у зв'язку зі зниженням загального рівня їхнього метаболізму, рівень ентропії в екосистемі знижується.

Встановлені зміни ентропії в біологічних системах і у середовищі за умов різного рівня токсичного забруднення водного середовища важкими металами дозволило дійти певних узагальнень, які виявились протилежними загальноприйнятим у цій царині поглядам. Це пов'язано, головним чином, з тим, що автори публікацій на теми ентропійних процесів в екосистемах робили свої висновки, виходячи, головним чином, з теоретичних побудов, не маючи ніякого фактичного матеріалу. З іншого боку, вони часто плутають поняття біологічних і екологічних систем, що і призводить до неадекватних висновків.

Так, нами встановлено, що незначне забруднення середовища не викликає зростання ентропії в біосистемах, але призводить до зростання енергетичного потоку через них (пришвидшуючи споживання ними речовини і енергії), що викликає зростання ентропії у середовищі. Подальше зростання рівня токсичності середовища призводить до зростання ентропії в біосистемах, пропорційному рівню забруднення середовища, проте ентропія системи в цілому знижується, що пов'язано зі зменшенням розсіювання енергії біосистемами внаслідок згасання їх функціональної активності.

Тому вивчення біопродукційного процесу за умов різного ступеня забруднення середовища дозволило не лише встановити кількісні відношення між рівнем забруднення середовища та найвагомішими біопродукційними параметрами, а й дати кількісну оцінку стану якості середовища за зрушеннями в потужності енергетичного потоку та ефективності трансформації енергії і, отже, за співвідношенням ентропійного і негентропійного начал оцінити масштаби, напрямки та наслідки забруднення екосистем.

Варта уваги і проблема **шкودочинності** певного чинника. Коли мова йде про токсичність, мається на увазі, перш за все, токсичні ефекти (отруєння різного ступеня). Проте, коли мова йде про екологічну оцінку токсичного чи іншого несприятливого впливу, вкрай важливо оцінити кількісно його негативний вплив на інтегральні показники певної біологічної системи чи екосистеми в цілому. Тут корисним буде використання поняття **«шкودочинності»** – *негативного впливу певного чинника (чи групи чинників) на ту чи іншу систему, причому кількісна оцінка негативного впливу можлива, перш за все, шляхом кількісної оцінки зниження стану благополуччя даної системи за дії того чи іншого чинника, шкودочинність якого ми визначаємо.*

Таким чином, **шкودочинність** – *здатність певного чинника знижувати стан благополуччя системи.* Ранжуючи функцію благополуччя системи у відсотках до природного (референційного) стану системи (який приймається за 100%), можна кількісно оцінити шкودочинність за величиною зниження функції благополуччя системи до нульових значень, нижче яких система припиняє своє існування.

Для порівняння шкочинності різних чинників варто лише співставити відповідні кількісні характеристики всіх чинників, шкочинність яких встановлюється (концентрація, рівні накопичення, які викликають однакове зниження функції благополуччя певної системи тощо).

Щодо з'ясування проблеми «норми» і «патології» екосистем, то і цю проблему вдалося вивести на кількісний рівень. При цьому за основу ми пропонуємо взяти як ступінь відхилення системи від притаманного їй природнього стану, так і можливість повернення стану до вихідного. Тобто ця проблема нерозривно пов'язана з проблемою стійкості екосистем. Причому у випадку резистентної стійкості «норму» визначити дещо простіше, оскільки вона близька поняттю «стійкості» системи. У випадку пружної стійкості ситуації дещо складніша, оскільки система істотно змінюється, проте лишаючись «сама собою». Але і в цьому випадку «патологічний» стан можна діагностувати при переході системою межі, за якою унеможливується її повернення до вихідного стану.

Порівняння відносної чутливості біопродукційних показників до рівня токсичності середовища в усіх випадках свідчить про максимальну чутливість індекса оптимальності середовища. Причому в усіх випадках саме індекс оптимальності середовища знижувався найбільш зворотно пропорційно концентрації токсикантів у середовищі (рис. 11.18).

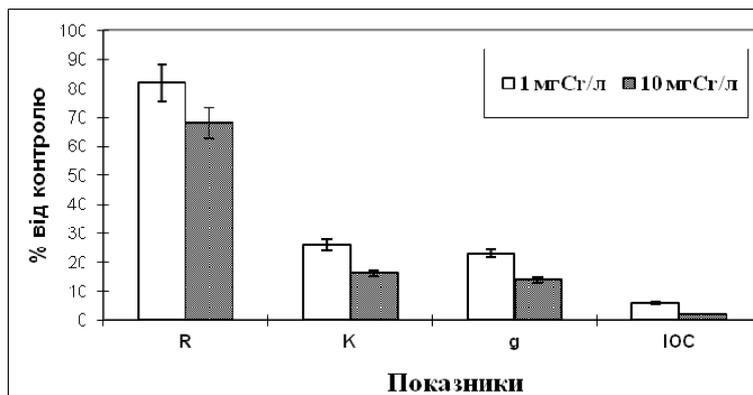


Рис. 11.18. Біопродукційні показники у *Poecilia reticulata* (віком 1-2 місяці) за концентрацій хрому у воді 1 і 10 мг Cr<sup>6+</sup>/л.

Таким чином, нами встановлені особливості біопродукційного процесу в токсичному середовищі:

- У токсичному середовищі істотно змінюється характер біопродукційних процесів, що обумовлено суттєвими зрушеннями структури енергетичного балансу біологічних систем, спрямованими на підтримання певного рівня їх функціональної активності. Зокрема, значно зростають енерговитрати на підтримання життєдіяльності та, відповідно, знижується ефективність трансформації речовини і енергії. У популяції суттєво зменшується частка енергії, яка використовується на її самовідтворення,

наслідком є зниження значень всіх біопродукційних показників організмів і популяцій;

- У залежності від рівня токсичності середовища встановлені три стадії розвитку токсичного ефекту: 1 – незначні відхилення середніх значень біопродукційних показників від контролю на тлі істотного зростання амплітуди їх коливань при суттєвому зростанні енерговитрат на підтримання життєдіяльності; 2 – затухання коливань і зниження значень біопродукційних показників, що пов'язано зі згасанням функціональної активності біосистем; 3 – різке зниження інтенсивності біопродукційного процесу до його припинення з наступним летальним завершенням;
- Енергоємність компенсаційних механізмів, які розвиваються при інтоксикації середовища важкими металами, перевищує величину стандартного обміну в 1,5–4,5 рази. При цьому енергоємність біологічних систем підтримується на певному рівні за рахунок зростання споживання ними енергії. Подальше підвищення рівня токсичності середовища призводить до зниження енергоємності біосистем та рівня споживання ними енергії внаслідок згасання їх функціональної активності;
- Біопродукційні показники за відносною чутливістю до підвищеного вмісту йонів важких металів у середовищі розташовані таким чином: для організму – питома швидкість росту > валова ефективність трансформації речовини й енергії > рівень дихання; для популяції – швидкість накопичення енергії > ефективність трансформації речовини і енергії > рівень дихання. Індекс оптимальності середовища відрізнявся максимумом амплітудою відхилень його значень у токсичному середовищі порівняно з контролем в усіх експериментах;
- Рівень токсичних ефектів істотно залежить від величини енергії, що доступна біосистемі. Її обмеження істотно підсилює токсичні ефекти (особливо на першій стадії їх розвитку), що пов'язано з суттєвим зростанням енерговитрат у токсичному середовищі. На другій, і, особливо, третій стадії розвитку токсичного ефекту величина доступної біосистемі енергії вже не відіграє важливої ролі, оскільки має місце згасання функціональної активності біосистем та відповідне суттєве зменшення їх енерговитрат. Тому на цих стадіях токсикозу значно знижується споживання речовини і енергії.

Таким чином, практично вперше результати наших досліджень дозволили вийти на кількісний рівень характеристики енергетики середовища за найбільш інформативними показниками, в основу яких покладено прояв двох законів термодинаміки й принципи співвідношення ентропійно-негентропійних процесів в екологічних і біологічних системах різного рівня організації та інтеграції.

Це відкриває широкі можливості енергетичної характеристики середовища найрізноманітніших екосистем і біосфери в цілому. Подальші дослідження мають з'ясувати кількісні взаємозв'язки між речовинно-



енергетичними й інформаційними процесами в екологічних системах різного типу за певного рівня антропогенного навантаження. Відомо, що одна з характерних рис компенсаторно-приспосувальних реакцій організму полягає в тому, що посилення функції під впливом того чи іншого сильного чи надсильного подразника супроводжується посиленням споживання енергії й витрат відповідних структур.

Саме тому встановлені нами закономірності зростання коливальних процесів в системі під впливом токсичного навантаження є одним з перших і найбільш інформативним сигналом системи на токсичний вплив. Нами встановлено, що амплітуда коливань біопродукційних показників істотна вже в перші дні токсичного навантаження. Саме тому поява флуктуацій певної амплітуди з достатньою вірогідністю свідчить про розвиток токсичного ефекту і може ефективно використовуватися в системі екоотоксикологічного моніторингу.

Для з'ясування глобальних і регіональних змін стану довкілля, кількісної оцінки його якості конче необхідно також створення банку даних з найбільш важливих біопродукційних параметрів організмів, популяцій і угруповань для екосистем різного ступеня забруднення, як модельних видів живих організмів найрізноманітніших груп із характерних екосистем кожного регіону, так і їх, популяцій та угруповань, узагальнення енергетичної характеристики різноманітних екосистем і енергетики середовища.

Біопродуктивність, яка лежить в основі самовідтворення біологічних систем, значною мірою визначає характер зміни всіх вищезгаданих процесів. Оскільки зростання інформації системи викликає зростання енергетичних витрат на її підтримання (причому ця залежність має характер степеневий), то значне видове розмаїття можливе лише за достатньої продуктивності екосистеми.

Продуктивність системи в цілому залежить, перш за все, від валової первинної продукції й співвідношення валової продукції до дихання на рівні продуцентів. Біомаса кожного наступного трофічного рівня залежить від ефективності трансформації енергії. Чим вища ефективність трансформації енергії, тим більша біомаса кожного наступного трофічного рівня. Окремі види за певного рівня забруднення випадають зі складу угруповання, відбудуться істотні порушення спряженості речовинно-енергетичних й інформаційних процесів, що ще більше пришвидшить зменшення біомаси на одиницю доступного потоку енергії, зростуть витрати енергії на підтримання життєдіяльності, що призведе до істотного зростання ентропії в системі. Посиляться коливальні процеси, значно зросте амплітуда флуктуацій більшості біопродукційних показників, все частіше вони наблизатимуться до критичних значень, що призведе до суттєвого зростання ризиків виходу системи за межі можливостей її регулювальних механізмів і, як наслідок – до наростання хаосу в системі.

Встановлені нами закономірності коливань значень біопродукційних показників дозволяють здійснювати ранню діагностику токсичних ефектів

за концентрації ВМ у середовищі, які не викликають істотних змін цих показників за більш тривалий відрізок часу. Розбалансування біологічних і екологічних систем у цілому небезпечно непередбачуваними наслідками. Проте у загальних рисах наслідки цих процесів відомі: істотно зростатиме ентропія системи, деградаційні процеси у міру свого розвитку все більше унеможливлуватимуть ймовірність відновлення природного стану екосистем.

Встановлена нами доцільність використання біопродукційних показників для розрахунку ємності екосистем обумовлена саме можливістю однаково успішно використовувати енергетичні еквіваленти показників біопродукційного процесу на різних рівнях організації живої матерії, а також можливістю розрахунку рівня зростання чи зменшення ентропії в екосистемі. Це й обумовлює можливість кількісної оцінки стану як якості середовища, так і екосистеми в цілому. Причому в цьому аспекті мова вже має йти не лише про ємність середовища, а й про ємність екосистеми.

Вирішення цих проблем покликане забезпечити екологічну безпеку та зведення до мінімуму екологічних ризиків, що є запорукою гармонійних взаємин суспільства з природою в умовах стійкого розвитку.

### **11.7. Державна система моніторингу довкілля України, шляхи її вдосконалення з урахуванням європейських стандартів і нормативів**

Основи загальної стратегії моніторингу довкілля полягають у наступному:

Державна політика у галузі моніторингу й охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та екологічної безпеки полягає у формуванні загальної стратегії моніторингу довкілля як багатоцільової інформаційної системи – елементу державної мегасистеми управління станом навколишнього середовища.

Для цього необхідно:

- створення єдиної державної мережі комплексних спостережень за станом навколишнього природного середовища та факторів впливу на нього на основі оптимізації й інтеграції існуючих мереж;

- удосконалення приладово-технічної бази мереж спостережень, технічної бази і програмного забезпечення інформаційного обміну та уніфікація нормативно-методичної бази спостережень;

- задоволення внутрішніх національних потреб в інформації про стан довкілля для забезпечення дотримання вимог екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування ;

- забезпечення визначення екологічних індикаторів стану соціально-економічних проблем та індикаторів виявлення тенденції у змінах стану навколишнього середовища;

– забезпечення інформаційної підтримки щодо виконання міжнародних зобов'язань України у галузі охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів.

Останній пункт стратегічних основ розвитку національної системи моніторингу довкілля передбачає забезпечення поступового входження Державної системи моніторингу довкілля України (ДСМД) до Європейської системи, в першу чергу шляхом адаптації національних стандартів і нормативів до Європейських стандартів і нормативів моніторингу довкілля.

Удосконалення і розвиток ДСМД України в світлі зазначених стратегічних напрямів і недоліків потребує розв'язання і вирішення наступних проблем:

- значне підвищення ефективності державного регулювання у сфері моніторингу довкілля;
- подолання відсутності системного підходу при визначенні пріоритетів у плануванні дій суб'єктів ДСМД щодо розвитку окремих напрямів моніторингу;
- підвищення ефективності функціонування і технічного переоснащення ДСМД;
- здійснення забезпечення всебічного інформування населення про стан навколишнього середовища, виховання у населення екологічної культури та підвищення екологічних знань.

Україна є Стороною в понад 70 міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угодах та конвенціях, виконання яких потребує використання інформації щодо стану довкілля та прогнозування його стану. У зв'язку з цим розбудова ДСМД має здійснюватись з врахуванням загальноєвропейських вимог.

Існуюча державна система моніторингу довкілля базується на виконанні розподілених функцій її суб'єктів і складається з відомчих підсистем. За функціональними задачами відомчі підсистеми, зазвичай, складаються з трьох блоків: отримання й збереження первинних даних; обробки, збереження й надання інформації; оцінки, контролю та планування відомчих заходів щодо поліпшення стану окремих об'єктів довкілля. Кожен із цих блоків на рівні окремих суб'єктів моніторингу має свою структурно-організаційну, науково-методичну та технічну бази.

Удосконалення ведення моніторингу навколишнього середовища потребує інтеграції зусиль усіх суб'єктів ДСМД, які спрямовані на виключення дублювання та включення нових функцій моніторингу, оптимізацію існуючих мереж та програм спостережень, підвищення рівня, уніфікацію та постійне вдосконалення технічного, методичного, метрологічного, наукового забезпечення функціонування мереж спостережень.

Головну складову інформаційної основи моніторингу складають дані спостережень. Тому оптимізація складу мереж спостережень є найпершою важливою задачею удосконалення ДСМД.

*Загальний стан мережі спостережень ДСМД.* Нині спостереження за навколишнім природним середовищем та джерелами його забруднення у відомчих мережах суб'єктів ДСМД проводяться за:

- забрудненням атмосферного повітря в 74 населених пунктах на 270 постах спостережень (враховуючі маршрутні та підфакельні);
- забрудненням атмосферних опадів на 94 постах спостережень;
- станом континентальних поверхневих вод в 1496 точках спостережень;
- станом морських вод в 96 пунктах спостережень;
- станом підземних вод в 5907 точках спостережень;
- станом питної води в 20425 точках систем та джерел водопостачання;
- забрудненням ґрунтів на 865 ділянках;
- станом лісів на 946 ділянках;
- іонізуючим випромінюванням на 215 станціях спостережень;
- екзогенними геологічними процесами на 188 ділянках;
- біотичними комплексами на території 23 біосферних та природних заповідників і 43 національних парків;
- джерелами забруднення поверхневих вод в 1187 точках спостережень;
- осередками забруднення підземних вод в 296 зонах спостережень;
- джерелами викидів в атмосферу на 364 підприємствах.

Відомчі мережі та програми, до яких включені спостереження з моніторингу довкілля, не узгоджені між собою і тому в деяких випадках спостереження дублюються, а на окремих напрямках є недостатніми.

Існуючі мережі спостережень побудовані без врахування рекомендацій комісії ЄЕК ООН щодо створення Європейської мережі спостережень та інформації про стан навколишнього природного середовища, у тому числі мереж *EUROWATERNET*, *EUROSOMNET*, *ICP FORESTS* та інших. Існуючі програми спостережень також доцільно переглянути з метою оптимізації пріоритетних показників забруднення, що спостерігаються, частоти і термінів відбору проб. Такий стан організації спостережень не задовольняє в повній мірі інформаційні потреби ДСМД, виникає необхідність створення оптимізованої просторово та за програмами спостережень єдиної мережі ДСМД.

В існуючих мережах спостереження нині проводяться за різними методами, а визначення показників забруднення часто виконуються по застарілих методиках на обладнанні, що не відповідає сучасним технічним і метрологічним вимогам. У лабораторіях, що виконують спостереження в мережах ДСМД, близько 85 відсотків засобів вимірювальної техніки експлуатуються понад 10 років, технічно застарілі і мають майже повну фізичну зношеність. Відсутність сучасної вимірювальної техніки для виконання спостережень, автоматизації вимірів та первинної обробки результатів визначень знижує їх якість і достовірність. У зв'язку з цим виникає необхід-

ність започаткування системного підходу щодо питань технічного переоснащення та методичного забезпечення мереж спостережень ДСМД.

За роки проведення спостережень суб'єктами ДСМД накопичено певний досвід і великі обсяги інформації щодо стану об'єктів довкілля та джерел їх забруднення. Але, в основному, ця інформація розміщена у відомчих базах даних, не структурованих для використання в ДСМД. Ретроспективна інформація накопичена на паперових носіях. Такий стан не дає можливості в повному обсязі використовувати масиви даних для комплексної оцінки екологічного стану територій, екосистем та окремих складових навколишнього природного середовища, прогнозування його змін. Підходи та методи оцінки окремих складових об'єктів довкілля не узгоджені між собою. Неможливість співставлення даних, в свою чергу, ускладнює прогнозування та підготовку науково обґрунтованих рекомендацій щодо створення моделей та прийняття оптимальних управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища та раціонального природокористування.

Мережі спостережень за рівневим принципом поділяються на *загальнодержавну, регіональні, відомчі, спеціального призначення, а також мережі суб'єктів – природокористувачів*. У рамках цих мереж вони можуть поділятися за функціональним принципом, тобто на блоки мережі, що забезпечують спостереження за станом окремих об'єктів довкілля та впливом факторів зміни їх стану.

*Мережа спостережень ДСМД загальнодержавного рівня* охоплює всю територію України і включає об'єкти, зони та пункти спостережень, які віднесені до пріоритетних, що в сукупності відображають загальний стан навколишнього природного середовища України, а також вплив найбільш важливих факторів зміни його стану. До мережі спостережень загальнодержавного рівня, як обов'язкові складові, входять спеціальні мережі транскордонного моніторингу.

*Мережа спостережень ДСМД регіонального рівня* охоплює територію певного регіону і включає об'єкти, зони та пункти спостережень, що віднесені до пріоритетних і відображають стан навколишнього природного середовища певного регіону та вплив факторів забруднення на нього. Ці мережі обов'язково включають об'єкти, зони та пункти, що увійшли до мережі спостережень загальнодержавного рівня. В рамках мереж спостережень ДСМД регіонального рівня можуть бути виділені, як окремі складові, *мережі локального рівня*, що включають об'єкти, зони та пункти спостережень певних територій з підвищеним антропогенним навантаженням.

Об'єкти, зони та пункти, що включаються до мережі спостережень ДСМД, мають відповідати загальноєвропейським вимогам щодо можливості отримання репрезентативних результатів за довгостроковими спостереженнями.

*Відомча мережа спостережень суб'єкта ДСМД* включає об'єкти, зони та пункти, що увійшли до загальнодержавної та регіональних мереж спостережень ДСМД і функції спостережень за якими делеговані цьому відомству.

*Мережі спостережень спеціального призначення* за навколишнім природним середовищем та факторами впливу на нього включають об'єкти, зони та пункти спостереження, які відповідають інформаційним потребам, що визначені. Такі мережі спостережень можуть входити, як окремі складові, до мереж спостережень ДСМД. Спостереження в цих мережах можуть виконуватись як суб'єктами ДСМД, так і науковими установами й організаціями, суб'єктами – природокористувачами та іншими.

*Мережі спостережень суб'єктів – природокористувачів* включають об'єкти, зони та пункти, що знаходяться на території цих суб'єктів або зазнають антропогенного впливу за результатами їх господарської діяльності. До таких мереж можуть входити об'єкти, зони та пункти, що включені до мереж спостережень ДСМД.

Здійснення спостережень у мережах виконується за програмами. Програми спостережень за станом об'єктів навколишнього природного середовища та факторів впливу на нього є складові програм моніторингу і включають: визначення організацій, що відповідають за виконання спостережень, перелік об'єктів, зон та пунктів, що увійшли до відповідної мережі спостережень, перелік показників, що спостерігаються, вказівки щодо періодичності та термінів виконання спостережень, означення методів та методик, за якими виконуються спостереження, строки та форми надання даних до центрів збору, обробки та аналізу інформації, інше.

Періодичність виконання спостережень, перелік показників, що спостерігаються, їх пріоритетність визначаються по кожному об'єкту, зоні або пункту, що включені до програми спостережень на основі визначення інформаційних потреб.

Розробка програм спостережень в мережах ДСМД виконується за участю суб'єктів ДСМД, до участі в розробці таких програм можуть бути залучені наукові установи й організації.

Методичне забезпечення виконання спостережень має бути уніфікованим для усіх суб'єктів ДСМД. Базовою основою такого забезпечення повинні бути європейські або національні стандарти, що розроблені з урахуванням загальноєвропейських вимог. Методи та методики, що використовуються в системах спостережень ДСМД у перспективі повинні забезпечувати необхідну чутливість визначень та рівень достовірності результатів спостережень, що відповідає вимогам до інформаційного забезпечення користувачів.

Технічне забезпечення визначає загальний рівень здійснення спостережень, тому необхідне створення системного підходу щодо постійного його вдосконалення. Цьому сприятиме впровадження системи аналізу технічного забезпечення і стану засобів вимірювальної техніки, що вико-

ристовуються у мережах спостережень ДСМД, та розробка рекомендацій щодо його вдосконалення.

Основні напрями вдосконалення технічного забезпечення: послідовне оновлення засобів вимірювальної техніки та обладнання лабораторій у відповідності з сучасними вимогами загальноєвропейського рівня, впровадження багатофункціональних приладів, уніфікація засобів вимірювальної техніки, впровадження автоматизованих постів спостережень, впровадження засобів дистанційного зондування.

Метрологічне забезпечення виконання спостережень включає застосування метрологічних норм і правил при відборі проб, польових та лабораторних визначеннях, засобів вимірювальної техніки, статистичної обробки результатів спостережень.

Основна мета дій у сфері метрологічного забезпечення виконання спостережень полягає у досягненні єдності, необхідної точності та вірогідності результатів спостережень. Шляхи досягнення мети:

- ретельний вибір методів та методик їх стандартизація і уніфікація для використання суб'єктами ДСМД;
- розробка нових методичних підходів для забезпечення спостережень за сучасними вимогами;
- використання сучасних засобів вимірювальної техніки, що мають метрологічні характеристики необхідного рівня;
- забезпечення нормативними та методичними документами;
- застосування постійного внутрішнього та зовнішнього контролю за якістю результатів спостережень;
- підвищення рівня кваліфікації щодо вимог із метрології для спеціалістів, які виконують спостереження.

Для цього необхідне поєднання зусиль відомчих метрологічних служб суб'єктів ДСМД, а також забезпечення постійного контролю за дотриманням вимог Держспоживстандарту України і міжнародних вимог, у тому числі щодо акредитації функціональних підрозділів, які здійснюють спостереження, перевірки засобів вимірювальної техніки, перевірки відповідності застосування методик та якості аналітичного процесу (рис. 11.19).

Регламентом ЄС №1210/0 7 травня 1990 р. Було засновано Європейську агенцію з охорони навколишнього середовища (ЄАНС), а також Європейську мережу спостереження й інформації про стан навколишнього середовища (EIONET). Завдання ЄАНС – збір та аналіз інформації з питань навколишнього середовища в Європі. Регламент 1210/90, по суті, запровадив загальну для Співтовариства систему моніторингу навколишнього середовища й інформаційний інструмент екологічної політики ЄС.

Головне завдання ЄАНС – збір, аналіз і надання об'єктивної, надійної і порівняльної інформації, використання якої дає змогу країнам-членам Європейського союзу і широкій громадськості вживати адекватних захо-

дів щодо охорони довкілля, оцінювати ефективність реалізованої політики і потребу її подальшого доопрацювання і корегування.

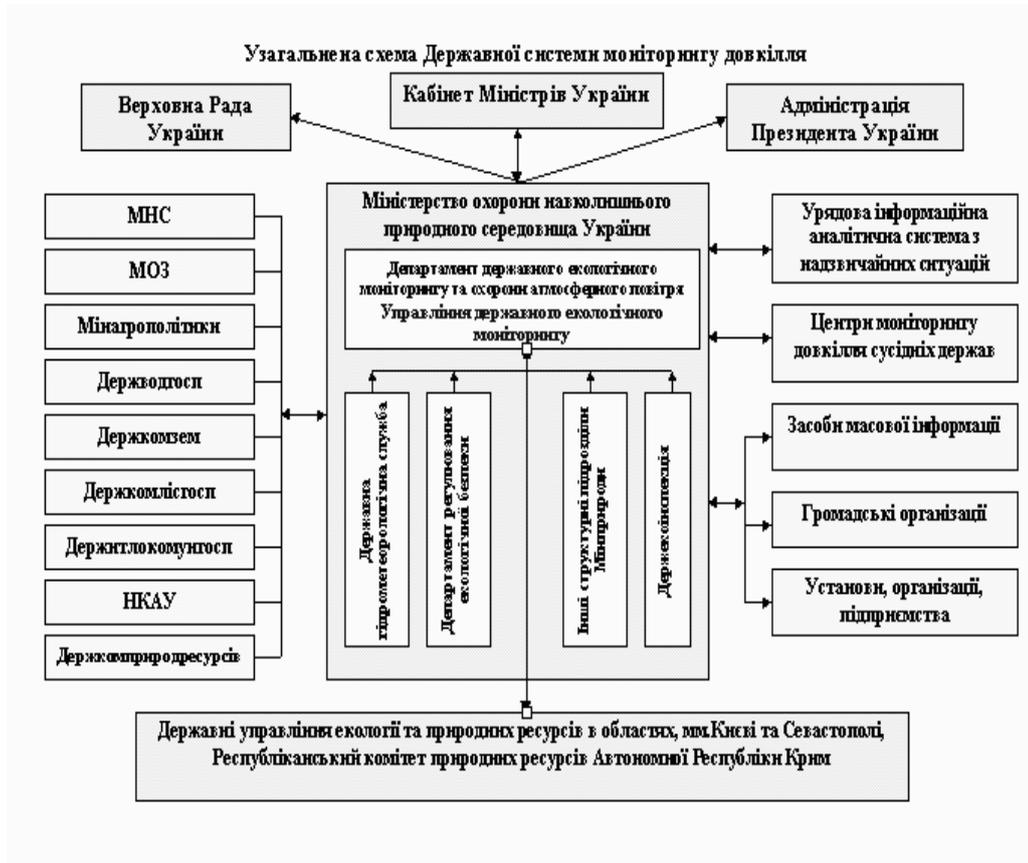


Рис.

11.19. Структура Державної системи моніторингу довкілля України

ЄАНС не регулює і не контролює впровадження екологічної політики в Європі. Як ЄАНС, так і EIONET було створено для підтримки, розробки і реалізації європейської політики завдяки взаємодії між результатами моніторингу і наданню його даних для різних потреб. У цій системі ЄАНС виступає довідковим центром з екологічної інформації. В основу діяльності ЄАНС покладено ланцюг MDIAR, ланки якого включають такі етапи: моніторинг–дані–інформація–оцінка–звітність.

Забезпечення якості результатів спостережень є необхідним елементом якості моніторингової інформації у цілому і має бути передбачено в системі заходів як Державної програми, так і регіональних програм моніторингу довкілля.

Основою звітності ЄАНС є система DPSIR і, відповідно, інформація й показники про рушійні (*Driving*) сили, що призводять до тиску (*Pressue*) на навколишнє середовище, який впливає на його стан (*State*) і потенційно



спричиняє вплив (*Impact*). Реагування (*Responses*) може включати заходи й програми щодо зменшення тиску і, отже, поліпшення стану і зниження впливу. Розроблені за таким підходом індикатори мають просту й зрозумілу типологію: А – описові, В – прогресу, С – ефективності, та D – загального добробуту.

У рамках виділених Регламентом (фактично Статутом ЄАНС) пріоритетних сфер роботи – якість повітря й викиди в атмосферу; якість води, забруднювальні речовини й водні ресурси; стан ґрунту, флори й фауни та біотопів. Відповідні тематичні центри ЄАНС розпочали роботу та впровадження певних складових мережі EIONET. Детальніше з цими питаннями можна ознайомитись на сторінках посібника «Впровадження європейських стандартів і нормативів у Державну систему моніторингу довкілля України», 2006 р.

### 11.8. Екологічні ризики

Останнім часом все популярнішим в екології, як і у інших галузях, стає оцінка і розрахунок різних ризиків. Причому поняття екологічного ризику не просто стає дедалі популярнішим в царині екобезпеки, екології, та й в усіх інших сферах, а поступово стає необхідною складовою будь-яких екологічних оцінок та прогнозів. Все частіше екологи, фахівці в галузі охорони довкілля і екобезпеки використовують цей термін. Проте різні фахівці по-різному розуміють суть екологічних ризиків. Тому, на нашу думку, необхідно навести загальноприйняті у ЄС та адаптовані до нашого читача терміни, що стосуються цього питання [44].

*Ризик* – можливість несприятливої події;

*Екологічний ризик* – можливість виникнення змін екосистеми, що призводять до її деградації, зникнення, чи переходу до стану, що загрожує здоров'ю населення і (чи) втраті її господарського значення;

*Оцінка ризику* – науково обґрунтоване судження відносно можливості несприятливої події і розмірів її несприятливих наслідків;

*Оцінка екологічного ризику* – науково обґрунтоване судження відносно можливості і розмірів несприятливих змін екосистеми чи її компонентів при певних антропогенних навантаженнях на неї;

*Ймовірність екологічного ризику* – ймовірність здійснення події, яка класифікується як небажана для екосистеми і приносить їй збитки;

*Розмір екологічного ризику* – оцінка розмірів збитків, яких зазнає екосистема у випадку здійснення ризику;

*Рецептор* – складова речовинна частина екосистеми, яка може зазнати небажаних змін за антропогенного навантаження;

*Індикатори ризику* – характеристики екосистеми і її складових, за значеннями яких виносяться твердження про виникнення і розміри ризику;

*Екологічний стан* – визначення якості структури і функціонування екосистем;

«Гаряча точка» – джерело забруднення/зараження, що викликає комплекс загроз біологічному різноманіттю, окремим компонентам біоти, функціонуванню біотичного угруповання і є загрозою природному розвитку природних комплексів;

*Біологічна оцінка* – систематичне використання біологічних відгуків з метою контролю і оцінки змін якості оточуючого середовища чи стану екосистеми;

*Біологічна індикація якості середовища* – оцінка якості середовища на точці спостереження, яка ґрунтується на вивченні сукупності організмів (чи її частини), що населяють дану екосистему в даній точці;

Удалено:

У загальному випадку **екологічний ризик** – це ймовірність **небажаної події в екосистемі**.

В екології, в залежності від рівня систем, що досліджуються особливої уваги варті такі ризики.

На екосистемному рівні – екосистемні – ймовірність того чи іншого явища, здатного призвести до вірогідного зниження функції благополуччя екосистеми; На біоценотичному – те ж на рівні біоценозу чи біотичного угруповання; На популяційному – аналогічно для популяції чи геміпопуляції. На організмовому – те ж для організму і т. д.

При розгляді питань радіоекології ми вже згадували, як розраховують ймовірність того чи іншого захворювання, викликаного іонізуючою радіацією (з урахуванням коефіцієнтів чутливості окремих органів і тканин). Аналогічно можна розрахувати і ризик будь-якого небажаного сценарію.

### *Контрольні запитання до розділу*

1. Що таке «якість» середовища?
2. Дайте характеристику нормального та патологічного стану екосистеми. Де проходить межа між ними?
3. У чому відмінність між біоіндикацією та біотестуванням?
4. Як кількісно оцінити шкодочинність будь-якого чинника?
5. Які існують кількісні підходи до оцінки рівня забруднення екосистем та в чому їхні особливості?
6. Як змінюється ентропія в біо- і екосистемах при зростанні рівня забруднення системи?
7. Як змінюються продукційні показники біосистем при різних рівнях забруднення ?
8. За якими ознаками можна діагностувати підпорогові рівні забруднення екосистем?
9. Які показники найінформативніші для оцінки стану екосистем?
10. Охарактеризуйте Державну систему моніторингу довкілля України.
11. Які загальноєвропейські організації опікуються проблемами довкілля та моніторингом його стану?

## Розділ 12. СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

Коли мова заходить про екологічні проблеми, то, по суті, зазвичай мають на увазі проблеми не екології як науки, а переважно проблеми стану довкілля. Тому варто виокремити принаймні дві групи екологічних проблем: суто наукові, над вирішенням яких працюють вчені-екологи, та величезний масив проблем, пов'язаних із катастрофічним станом природних екосистем і нашого довкілля.

Щодо першої групи проблем, то наразі актуальними є:

- подальший розвиток теорії функціонування екосистем в умовах різного ступеня антропогенного навантаження;
- з'ясування механізмів функціонування екосистем, спряженості речовинно-енергетичних та інформаційних процесів;
- прогнозування стану екосистем, діагностика нормального та патологічного стану і напрямків їх змін;
- дослідження інформаційної структури екосистем та можливості впливу на них у бажаному напрямку;
- управління біологічною продуктивністю екосистем в умовах різного рівня антропогенного навантаження;
- визначення ємності екосистем до різних типів забруднення та розробка заходів щодо поліпшення їхнього стану;
- збереження видового та екосистемного різноманіття;
- визначення стійкості екосистем до впливу окремих чинників та їхнього комплексу в цілому;
- розрахунок екологічних ризиків тощо.

Вирішення цих проблем необхідне для розробки та реалізації стратегії ефективного природокористування, управління станом екосистем, визначення максимально припустимого навантаження на конкретні екосистеми тощо. На цих знаннях мають ґрунтуватися всі форми природоохоронної діяльності та заходи щодо відновлення антропогенно трансформованих екосистем.

Щодо практичних аспектів екологічних проблем, то варті особивої уваги:

- проблеми ресурсів;
- проблеми, пов'язані з антропогенним впливом: забрудненням екосистем, їх трансформацією під впливом різних форм діяльності людини тощо;
- проблеми оптимізації природокористування (оптимізаційні проблеми);
- екологічна експертиза, екологічний аудит тощо.

При обговоренні сучасних екологічних проблем доводиться знову звернути увагу на термінологію. Всі говорять про екологічну кризу, водночас, маючи на увазі жахливий стан довкілля. Це те ж саме, що говорити

про філологічну кризу, слухаючи виступи депутатів чи інших осіб, які вкрай кепсько володіють будь-якою мовою. Або ж обговорювати ботанічну кризу з огляду на знищення зелених насаджень. Тому пересічний вираз «у нас погана екологія» справедливий лише у деяких випадках, зокрема, після захисту бездарної дисертації зі спеціальності «екологія», чи після ознайомлення з черговим «шедевром» – горе-підручником з екології тощо.

Наразі щонайширше застосовують абсолютно безглуздий вираз «екологічно чисті продукти», який вже сам по собі є філологічним сміттям і водночас інформаційним полютантом (принагідно варто підкреслити, що з усіх форм забруднення найбільш шкодочинним є саме інформаційне, небезпеку якого наразі недооцінюють). Адже що мають на увазі ті, хто його використовує ?

Якщо дотримуватися хоч якоїсь логіки, то екологічно-чистими (коректно – чистими для довкілля) є ті продукти, які його не забруднюють, не накопичуються, швидко розкладаються та органічно вливаються до певних біогеохімічних колообігів, не спричиняючи ніякого негативного впливу на довкілля і екосистеми. Якщо ж мова йде, скажімо, про сільгосппродукти, отримані в умовах «чистого» (від хімікалій, пестицидів тощо) довкілля, то це вже будуть товари, «отримані в умовах чистого довкілля», а не «екологічно чисті» товари. Тому коректне використання екологічної термінології лишається вельми актуальною проблемою.

Проблеми екологічної безпеки та поліпшення стану довкілля на сучасному етапі надзвичайно актуальні на глобальному, міждержавному, національному та регіональному рівнях. Проголошення території України зоною екологічного лиха свідчить як про ступінь забруднення довкілля та руйнації природних екосистем, так і про високий рівень реальної загрози національній безпеці. Серед першочергових проблем забезпечення екологічної безпеки особливої уваги варті: вибір оптимальних природоохоронних стратегій, ресурсо- та енергозберігаючих технологій, систем землекористування, обґрунтування шляхів «екологізації» виробничих відносин у ринкових умовах.

У сучасних умовах для вирішення завдань охорони природного середовища, узгоджених і оперативних дій України з країнами ЄС особливого значення набуває адаптація і гармонізація національних природоохоронних стандартів і нормативів з міжнародними.

Найбільш представницька серед міжнародних організацій, які займаються стандартизацією – ISO (*International Standard Organization* – Міжнародна організація стандартів). Сфера її діяльності охоплює майже всі галузі економіки. Головне завдання ISO – розробка і публікація міжнародних стандартів, що сприяють поліпшенню міжнародного товарообороту і розширенню співпраці у сфері інтелектуальної, наукової, технічної й економічної діяльності.

Розробка міжнародних стандартів у галузі охорони навколишнього середовища належить до пріоритетних напрямків діяльності ISO. Розробля-

ючи їх, фахівці керуються Директивами ISO, згідно з якими виклад змісту документів має бути чітким і не повинен допускати різного тлумачення. Стандарти ISO складають у такій формі, що їх легко можна прийняти як національні стандарти без додаткової переробки або застосовувати безпосередньо.

Важливість узгодження національних і міжнародних стандартів в умовах глобалізації економіки й ведення господарської діяльності пов'язана з тим, що стандарти, зокрема ISO, забезпечують узгодженість вимог до охорони природного середовища, організації моніторингу як складової частини управління довкіллям та інформування громадськості. А це, в свою чергу, уможливує створення спільних баз даних про стан навколишнього середовища, розробку стратегії його поліпшення, моделювання глобальних процесів, прогнозування кризових ситуацій та розробку спільних дій щодо збереження природних ресурсів, створення оптимальних умов для життєдіяльності людини та отримання безпечних продуктів харчування.

Важливість вирішення цих питань зумовлена вступом України до СОТ та наміром приєднатися до ЄС. Згідно з кодексом стандартів ГАТТ, національні стандарти слід гармонізувати з міжнародними, зокрема й у сфері природоохоронної діяльності.

### 12.1. Організація охорони навколишнього середовища в ЄС

*Політика ЄС у сфері охорони навколишнього середовища спрямована на вирішення чотирьох основних завдань: підтримки і поліпшення якості навколишнього середовища, охорони здоров'я населення, ощадливого й раціонального використання природних ресурсів, сприяння заходам на міжнародному рівні, спрямованим на розв'язання регіональних і глобальних проблем довкілля.*

Головна мета політики ЄС у цій сфері полягає в досягненні високого ступеня охорони навколишнього середовища. Основні органи ЄС, які беруть участь у розробці й реалізації екологічної політики, такі:

- Екологічна рада, яку іноді називають Радою міністрів навколишнього середовища, що діє в рамках Ради ЄС;
- Генеральний директорат з питань навколишнього середовища, очолюваний одним із членів Європейської Комісії;
- Комітет з питань навколишнього середовища й захисту споживача Європейського Парламенту.

Політику і принципи у сфері охорони навколишнього середовища розробляють також інші органи.

Спеціалізованою установою ЄС у сфері охорони навколишнього середовища є *Європейська агенція з охорони навколишнього середовища*, основна функція якої – збір, аналіз і поширення інформації для сприяння в розробці й реалізації політики ЄС у сфері охорони довкілля.

Європейська агенція з охорони навколишнього середовища (ЄАНС) створена в 1990 р. як координаційний центр Європейської мережі обміну інформацією й спостереженнями у сфері охорони навколишнього середовища (EIONET), що поєднує 600 екологічних організацій Європи. В Агенції 24 учасники: 19 країн ЄС, а також Ісландія, Норвегія, Ліхтенштейн, Кіпр, Мальта. Очікують, що інші країни – кандидати до вступу в ЄС найближчим часом також стануть членами ЄАНС.

У своїй роботі ЄАНС спирається на три ключові інструменти: моніторинг і звітність, обмін у мережі EIONET, а також роботу інформаційного центру.

Місія ЄАНС полягає у підтримці сталого розвитку та сприянні досягненню значного реального поліпшення навколишнього середовища Європи за допомогою надання своєчасної, цілеспрямованої, адекватної і надійної інформації організаціям, що приймають рішення, і широкій громадськості. ЄАНС збирає та аналізує інформацію, що надходить від учасників мережі EIONET, та поширює результати своїх досліджень серед представників Європейського екологічного співтовариства.

У рамках EIONET діють дев'ять європейських тематичних центрів: спостереження за викидами в атмосферу, якістю повітря, внутрішніми водними об'єктами, земельними ресурсами, морським і береговим навколишнім середовищем, ґрунтами і водними ресурсами, охороною природи, а також реєстрації джерел інформації.

ЄАНС тісно співпрацює з іншими організаціями як усередині, так і за межами ЄС, зокрема, з Організацією ООН з питань навколишнього середовища (ЮНЕП) і організацією економічної співпраці і розвитку (ОЕСР). Детальніше про все коло проблем щодо впровадження в Україні європейських стандартів і нормативів можна ознайомитись у посібнику «Впровадження європейських стандартів і нормативів...» (2006) [45].

Специфіка ситуації в Україні полягає в тому, що у процесі формування ринкової економіки належить вирішувати не тільки складні питання входження у всесвітній економічний простір, але й питання виходу з кризового стану, спрямувавши при цьому суспільний розвиток у русло світових тенденцій та норм міжнародного співіснування. Йдеться, насамперед, про ідею забезпечення екологічно сталого розвитку, за якого усуваються суперечності між соціально-економічним зростанням і збереженням довкілля (Екологічна безпека..., 2004) [10].

Нижче розглянуто низку окремих важливих екологічних проблем.

## 12.2. Джерела кризового стану довкілля і екосистем в Україні

*Глибоке порушення природної екологічної рівноваги та напружений стан взаємин між людиною і Природою, що пов'язано з невідповідністю виробничих сил та виробничих відносин у людському суспільстві ресурсним можливостям біосфери, називають екологічною кризою.*

Розрізняють дві категорії регіональних несприятливих екологічних ситуацій: **екологічна катастрофа**, в результаті якої гине велика кількість живих організмів і веде до економічних збитків, та **екологічна небезпека**, при якій з'являються ознаки несприятливих змін, що ставлять під загрозу здоров'я людини, стан виробничих об'єктів та господарську діяльність.

Кризи, катаклізми та інші порушення не були рідкістю впродовж історії цивілізації. Одна із перших екологічних криз була тоді, коли в результаті інтенсивного полювання були виснажені запаси основної дичини – мамонтів, носорогів, гігантських оленів, степових зубрів. Поступово люди перейшли від полювання як основного способу отримання їжі до землеробства та скотарства.

При значному спустошенні земель в минулі століття – люди просто змінювали центр господарювання. Але сьогодні екологічна криза має якісно іншу природу, яка стала основою загальної деградації природного середовища. Тут значну роль відіграють технолого-виробничі причини, а також складний соціальний фон з розколом людського суспільства на конкуруючі блоки, які намагаються випередити один другого, нарощуючи виробництво, послуги, торгівлю. Прагнення досягти більш високого рівня за будь-яку ціну ведуть до ігнорування глобальних екологічних проблем.

Як елементи тиску цивілізації на природне середовище виступають технології, що застосовуються в промисловості та сільському господарстві, автомобільний транспорт та урбанізація, атомні електростанції і військово-промислові комплекси розвинених країн світу, які є найбільшими споживачами ресурсів та енергії.

Техногенний тип розвитку цивілізації в умовах швидкого росту населення вимагає залучення до виробничих процесів все більшої кількості природних ресурсів, що значно змінює ландшафт величезних територій.

У світі зареєстровано більше 9 млн. видів штучно отриманих хімічних речовин – *ксенобіотиків* (від грецького. "*xenos*" – чужий, "*bios*" – життя, тобто речовини, чужорідні живій матерії), які смертельні для живих організмів. Широкомасштабне споживання ресурсів та матеріалів веде до зростання кількості відходів в промисловості і сільському господарстві.

Екологічна криза кінця 20 ст. виявилася наслідком спільної дії багатьох факторів, які разом тягнуть суспільство в безодню.

В Україні головним фактором екологічної кризи є економічний фактор. У держави і підприємств немає коштів для розбудови промисловості, сільського господарства, транспорту та інших сфер людської діяльності. А про екологічні проблеми, здійснення природоохоронних заходів та контролю за забрудненням приділяється вкрай мала увага.

Сучасне виробництво – це, перш за все, гігантський споживач, після діяльності якого розрізняють такі види і джерела забруднення навколишнього середовища:

1. Хімічне, що призводить до надходження до навколишнього середовища різноманітних отруйних речовин.
2. Фізичне, до якого відносять знищення територій, шумові перешкоди та електромагнітне випромінювання.
3. Термічне, яке спостерігається при скидах у водойми нагрітої води з промислових підприємств, ТЕЦ і АЕС.
4. Радіоактивне, що пов'язане з надходженням у природне середовище радіоактивних ізотопів.
5. Засмічення, що проявляється в надходженні до навколишнього середовища різноманітних твердих відходів.
6. Біологічне, при якому в екосистемах з'являються не властиві їй організми.

Одним із видів такого виду забруднення є мікробіологічне, пов'язане з розвитком у навколишньому середовищі патогенної мікрофлори.

За природними ресурсами Україна належить до найбагатших держав світу (особливо за запасами марганцю і чорних металів). Але структурна деформація економіки з орієнтацією на продаж сировини за кордон, ресурсоємність промисловості та майже знищене сільське господарство при низькій екологічній культурі виробництва призвело природне середовище України до деградаційних процесів.

В Україні річний обсяг видобутку мінеральної сировини становить 1 млрд. т, а гірської маси – близько 3 млрд. т, з них лише 5–8% компонентів мінеральної сировини використовується для виробництва продукції, а решта йде у відходи.

Застосування недосконалих технологій, зокрема спалювання нафти, вугілля і природного газу, призвело до того, що у 1990 році в атмосферу було викинуто 6 млрд. т вуглекислого газу промислового походження. Вміст вуглекислого газу в повітрі щорічно зростає на 0,5%, а за останні 150 років він зріс на 25%, причому на 12% – за останні 30 років.

Найбільшої шкоди завдають теплові електростанції, які працюють на вугіллі. Вони становлять 75% усіх ТЕЦ і на їх частку припадає третина всіх викидів вуглекислого газу. У пило-газових викидах міститься понад 1400 шкідливих для людей і тварин речовин. Крім цього, викиди дають металургійні підприємства (33%), енергетика (30%), вугільна промисловість (10%), хімічна промисловість (7%) та інші галузі і підприємства (20%). Значний тиск на навколишнє середовище спричиняють великі промислові центри України.

Визначено головні підприємства-забруднювачі на Україні.

Уперше в Україні в 1992 році Міністерством охорони навколишнього природного середовища за участю спеціалістів, науковців, громадських активістів складено список 100 підприємств, які завдають найбільшої шкоди довкіллю та здоров'ю населення. Мета даної роботи – посилити природоохоронну діяльність у першу чергу на найбільш екологічно небезпечних підприємствах, привернути до них увагу міністерств і відомств, місцевих



державних адміністрацій, народних депутатів, правоохоронних органів, трудових колективів, громадських об'єднань. Мінприроди України посилить вимогливість до тих, хто нехтує державною, всенародною справою екологічного оздоровлення України і в межах своєї компетенції готове надати необхідну допомогу цим підприємствам у вирішенні непростих проблем природокористування. Нижче наведено деякі відомості з цього питання.

#### **Вінницька область**

*Вінницьке виробниче об'єднання "Хімпром"*. Викиди становлять 30% від загальноміських. Основний забруднювач повітряного басейну аміаком, фтористими сполуками, середньодобові їх концентрації перевищують чинні нормативи у 2,5 - 4 рази. У санітарно-захисній зоні проживає 7 тис. населення, розташовані школа №30 і дитячий садок.

#### **Волинська область**

*Луцьке виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства*. Очисні споруди працюють неефективно. У ріку Стир щороку скидаються 4,3 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків, а з ними 166 т органіки, 306 т завислих речовин, 11983 т солей.

*Нововолинське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства*. У р. Західний Буг разом із забрудненими стоками в 5 млн. м<sup>3</sup> скидається: органіки - 190 т, завислих речовин - 214 т, азоту амонійного - 28 т.

#### **Дніпропетровська область**

*Дніпропетровське виробниче об'єднання "Азот"*. Один з головних забруднювачів повітря міста, у т. ч. фосгеном, аміаком, хлористим воднем. Рівні забруднення досягли по аміаку 10, хлористому водню - 7 ГДК. Лише 41% джерел викидів обладнано газоочисними установками. У санітарній зоні проживає 620 сімей.

*Дніпропетровське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства*. Очисні споруди працюють неефективно. Щороку скидаються 188 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків. З ними у Дніпро надходить 7,8 тис. т органіки, 417 т нафтопродуктів.

*Металургійний комбінат "Криворіжсталь"*. Основні фонди зношені на 75%. Викидає в атмосферу 26% забруднюючих речовин, у т. ч. оксидів азоту - 46, сірчистого ангідриду - 37%. Рівні забруднення міста по оксидах азоту досягають 10, сірководню - 8, оксиду вуглецю - 3 ГДК. Газоочисними установками обладнано 39% джерел викидів. Щороку комбінат скидає в р. Інгулець 83 тис. м<sup>3</sup> забруднених стоків.

*Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського*. Викидає в атмосферу 15% викидів по місту, зокрема по оксиду вуглецю - 39%, сірководню - 73%. Рівень забруднення по сірководню у місті досягає 9,9 ГДК. Обладнано очисними установками 59% джерел викидів. Завод не має нормативної санітарно-захисної зони. Скидає щорічно у Дніпро 132 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків.

*Дніпровський металургійний завод ім. Дзержинського.* Питома частка у всіх викидах по Дніпродзержинську – 62%, по оксидах азоту – 30%. Рівні забруднення повітря досягають по пилу, оксиду вуглецю – 4, діоксиду азоту – 10, сірководню – 9 ГДК. Очисними установками обладнано 64% джерел викидів. Скидає щороку 180 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків.

*Баглійський коксохімічний завод.* Забруднювач повітря бензапіреном, фенолом, ціанідами. Рівні забруднення досягають за фенолом 5, бензапіреном – 9 ГДК. Оснащено установками пилогазоочистки – 35% джерел викидів. У санітарно-захисній зоні проживає 115 сімей.

*Нікопольський Південнотрубний завод.* Очисні споруди працюють неефективно. У Каховське водосховище щороку потрапляє 364 т органіки, 2 т нафтопродуктів, 3 т заліза.

*Дніпропетровський коксохімічний завод.* Оснащення установками очистки – 33%, забруднює повітря фенолом, бензапіреном, ціанідами. У зоні проживає близько 400 чоловік.

*Дніпровська ДРЕС.* Її доля загальноміських забруднень м. Дніпропетровська складає 60%, у т. ч. по діоксиду сірки – 91%, оксидах азоту – 70%. Споруди біологічної очистки працюють неефективно.

*Криворізький коксохімічний завод.* Забруднення аналогічне іншим коксохімічним заводам. Несправні чи неефективно працюють лише 14% установок. Тут проживає 800 чоловік.

*Дніпропетровське виробниче об'єднання “Дніпрошина”.* Обсяг забруднених стоків 11 млн. м<sup>3</sup> на рік. У р. Мокра Сура скидається 152 т органіки, 195 – завислих речовин. Повністю відсутні водоочисні споруди.

*Дніпродзержинське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства.* Очисні споруди перевантажені. 27 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків щороку скидається в р. Суху Суру. Нові очисні споруди не введені.

*Управління водопровідно-каналізаційного господарства виробничого об'єднання “Павлоградвугілля”.* Неефективно працюють очисні споруди. В р. Самару щороку скидається 15 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків, з якими потрапляє 445 т органічних речовин, 29 т нафтопродуктів, 665 т – завислих речовин, 181 т – азоту амонійного.

*Криворізька ДРЕС.* Дає 23% викидів по Дніпропетровській області. Викидає 270 тис. т сірчистого ангідриду або 64% по області, 55 тис. т оксидів азоту. Із стоками скидає щорічно 2 тис. т солей та багато інших шкідливих речовин.

### **Донецька область**

*Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча.* Маріуполь посідає друге місце в Україні за кількістю промислових викидів у атмосферу – близько 600 тис. т. З них 68% – це викиди комбінату. Щороку скидає 50,3 млн. м<sup>3</sup> забруднених стоків. Із 57 заводів очисні споруди діють лише на 33 і то незадовільно.

*Маріупольський металургійний комбінат “Азовсталь”.* Викидає 28% забруднень, у санітарній зоні проживає 35 тис. чоловік. Щороку скидає 220 млн. м<sup>3</sup> стоків.

Мабуть зайво перераховувати усі інші області України і їх підприємства, підприємства Донецької, Харківської, Запорізької, Луганської, Львівської, Одеської областей. В Криму також має місце велике навантаження на природне середовище з боку діяльності людини. Загальне забруднення від усіх разом взятих підприємств складає астрономічну цифру.

Забруднення природного середовища в Україні знаходиться під контролем, але відсутність оборотних коштів відчутно заважає здійснювати природоохоронні заходи. Бурхлива автомобілізація у великих містах України спричиняє 60% шкідливих викидів у атмосферу. Внаслідок низької якості автомобілів і палива в повітря викидається у 6 разів більше забруднюючих речовин, ніж у країнах Європи.

Економічна криза в Україні спричиняє інтенсивне вирубування лісів, що порушує баланс у природі. Дуже складна ситуація в Україні з прісною водою. Близько 800 сіл користуються привозною водою, 90% сіл не мають водогону, кількість невеликих річок зменшилася на три тисячі. Спостерігається зниження якості поверхневих та підземних вод, що пов'язано зі скиданням сильно забруднених стічних вод. Основний стік (до 48%) неочищеної води дає комунальне господарство України. Це зумовлено недоскональністю очисних споруд і відсутністю коштів на їх будівництво та ремонт. Води річок Дніпра та Дністра у багатьох випадках перевищують ГДК за вмістом нітратів – у 14 разів, нафтопродуктів – у 11, фенолу – у 10 разів. Ці річки протікають у районах інтенсивного сільськогосподарського та промислового використання. Дністер виявився найбільш забрудненою рікою України. У 1991–1992 роках, коли була впроваджена досконала система пропуску води в системі Дністровського водосховища, санітарний стан цієї річки став поліпшуватися. Забруднення річок та підземних вод призводить до істотного забруднення Азовського та Чорного морів. Щорічно в Азовське море скидається 1,1 млрд. м<sup>3</sup> неочищених стоків, а в Чорне море – 2 млрд. м<sup>3</sup>. Майже усі підземні води, як показують аналізи, містять надлишок пестицидів, мінеральних добрив та інших шкідливих речовин.

Не в кращому стані знаходяться Київське, Каховське, Кременчуцьке, Дністровське та низка інших водосховищ країни. Весь Азово-Чорноморський басейн, що складає південний кордон України, знаходиться ще в гіршому стані. Азовське море за ступенем забруднення в розрахунку на 1 м<sup>3</sup> води знаходиться на першому місці в світі.

Внаслідок непродуманих заходів з міліорації земель в Україні знищено 1 млн. га найродючіших у світі ґрунтів. *За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я близько 80% усіх випадків захворювань пов'язані із споживанням неякісної води.*

*За кількістю інсультів та інфарктів у розрахунку на 1000 мешканців сьогодні Україна, як свідчить статистика, займає перше місце в світі.*

В Україні за останні 20 років кількість ріллі на одну людину скоротилася майже вдвічі, кількість забруднених земель зростає з 13 млн. до 18 млн. га. Крім того, 2 млн. га настільки «за хімізовані», що їх рекультивация і відновлення економічно нерентабельні.

Надмірне використання пестицидів та мінеральних добрив, висока загазованість повітря призводить до отруєння людей і тварин. Такий стан речей призвів до того, що в кістках сучасної людини вміст свинцю у 50 разів вищий, ніж у наших давніх предків. Широке застосування продуктів хімічної промисловості призводить до швидкого зростання серцево-судинних та онкологічних захворювань. Матеріали обстеження ґрунтів України показують, що їхнє забруднення небезпечно зростає, має місце техногенне забруднення с/г ґрунтів викидами промислових підприємств. Особливо велике воно в Донецькій, Луганській, Дніпропетровській, Запоріжській та Харківській областях. Якість ґрунтів у цілому по країні погіршується, що призводить до зниження їх родючості.

### 12.3. Шляхи поліпшення стану довкілля в світі та в Україні

Екологія на порозі III тисячоліття поставила перед політиками усіх держав світу такі гострі проблеми, як регулювання чисельності населення, екологічну конверсію виробництва, екологічну безпеку населення. Природа екологічних проблем єдина для всіх країн, тому їх неможливо вирішити окремо в тій чи іншій державі. Сьогодні виникло нове поняття в розвитку цивілізації – *екологічна політика*.

У сучасному суспільстві екологічна політика стала самостійною сферою в політичній діяльності держав, формування якої почалося з 70-х років минулого століття. Саме тоді, коли проявилася швидка деградація природного середовища в різних країнах світу.

Сьогодні в більш ніж 100 країнах світу створені міністерства або відомства, які опікуються охороною навколишнього середовища.

Україна, як європейська держава, приєдналася до процесу державного та правового регулювання збереження природного середовища. У 1991 році було створене Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. За його ініціативою в 1991 році був прийнятий Закон про охорону навколишнього середовища та розпочата розробка пакету законів та законодавчих актів з екологічних проблем, включаючи охорону атмосфери, води, рослинного та тваринного світу.

Суверенна Україна, як учасниця Конференції 1992 року в Ріо-де-Жанейро, внесла пропозицію про екологічну конверсію виробництв, прийняла на себе зобов'язання забезпечувати екологізацію економіки та розв'язання екологічних проблем як першочергове завдання господарської та державної політики. Україна бере участь в роботі програм ООН з навколишнього середовища.

Об'єктивна необхідність міжнародного співробітництва в галузі охорони природи на міждержавному рівні випливає з глобального характеру екологічної кризи. Сьогодні розпочався процес формування нової системи цінностей соціального, економічного та етичного характеру, що включає в себе екологічний імператив. Сьогоднішня ознаменувалася усвідомленням взаємної відповідальності держав за стан навколишнього середовища. Стали нормою міжнародного спілкування співробітництво в галузі вирішення екологічних проблем, взаємні консультації та обмін інформацією. При цьому головною метою є вироблення системи світової екологічної безпеки.

З 1991 року в Україні запроваджена плата за забруднення навколишнього середовища. Заходи спрямовані на реалізацію головного принципу: не максимізація прибутків підприємців або держави, а досягнення *стійкого розвитку* шляхом *збалансованого природокористування* так, щоб розвиток матеріального виробництва в будь-якому регіоні забезпечував стійкість екосистем.

Економічне забезпечення збереження здорового природного середовища різноманітне та включає в себе:

- 1) державне фінансування заходів з охорони природи;
- 2) ліцензування;
- 3) нормування;
- 4) створення екологічних фондів;
- 5) систему плати за користування природними ресурсами та додатково за ресурси, що вилучаються;
- 6) економічні санкції (платежі та штрафи) за забруднення природного середовища;
- 7) економічне стимулювання зниження забруднення, пільгові кредити для реалізації екологічних робіт та впровадження екологічно чистих технологій;
- 8) пільгове оподаткування підприємств, що впроваджують безвідходні технології та отримують чисту продукцію, в тому числі й сільськогосподарську;
- 9) право на продаж екологічно чистої продукції за підвищеними цінами. Сьогоднішній рівень розвитку суспільства на перший план висуває систему екологічних показників.

Тринадцять країн Європи, США та Канади ввели споживчу плату – це плата за те, що за дорученням державних органів певні підприємства збирають, зберігають та знешкоджують відходи тих виробництв, які не упорядкували цієї системи самі. Відомо три основних підходи до економічної компенсації екологічних збитків: рентний, витратний і оптимізаційний.

У багатьох країнах світу прийнятий саме витратний принцип екологічних платежів, відповідно розміри плати за забруднення виводяться з розмірів витрат, що необхідні для уникнення забруднення або ліквідації його наслідків.

Поки що в світі відсутній цілісний механізм вирішення екологічних проблем. Це пов'язано з неготовністю урядів та населення до прийняття ідеї колективної відповідальності людства за збереження біосфери.

Україна сьогодні знаходиться в скрутному економічному становищі, але намагається запровадити в життя соціально-правові важелі охорони природи:

- 1) введення екологічних норм та стандартів, що є обов'язковими як для підприємств, так і для окремих осіб;
- 2) проведення обов'язкових екологічних експертиз;
- 3) створення юридичних можливостей для кооперування підприємств з метою виконання екологічних програм на взаємно договірній основі;
- 4) розповсюдження безвідходних і чистих технологій через систему виставок та ярмарків;
- 5) адміністративні обмеження на види робіт та технологій, що шкодять природному середовищу.

Дуже важливим елементом концепції екологічної безпеки в Україні й інших країнах світу є її правове забезпечення та визначення поняття *екологічного злочину*. У міжнародному праві під екологічним злочином розуміють соціально небезпечні дії, спрямовані на знищення життя людей чи навколишнього середовища і дуже жорстко караються, іноді навіть до довічного ув'язнення.

Норми екологічного права є обов'язковими, якщо вони закріплені законодавчо і підкріплюються заходами державного примусу для тих суб'єктів, які їх ігнорують.

Провідною державою у світі в сфері державного регулювання проблем довкілля і системи соціального захисту населення є Німеччина. Майже за 30 неповних років тут було прийнято більш як 600 різноманітних законодавчих актів у галузі охорони навколишнього середовища.

У міжнародному екологічному праві провідне місце займає *принцип запобігання*, відповідно якому основною метою цивільних дій є попередження порушень щодо природного середовища, а не ліквідація наслідків таких порушень.

Ця вся система ще недосконала у тому аспекті, що економічно розвинені країни використовують низку слаборозвинених країн як країни "економічного гною", розташовуючи на їхній території небезпечні для довкілля підприємства, а збитки не відшкодовують – вважаючи, що екологічні витрати повинні нести країни, де розташовані ці підприємства.

Державна охорона природних об'єктів здійснюється за категоріями об'єктів та територій, розроблених у *Законі України про природно-заповідний фонд*. Її мета – розширити території заповідників, зберегти ландшафти, рідкісні види тварин і рослин. Спостерігається тиск на заповідники з боку корумпованих чиновників, які дозволяють здійснювати забудови на територіях заповідників. Але громадські організації, мисливські та єгерські товариства в Україні чинять значний опір цьому явищу. Однією з найбільш

важливих задач охорони природи є збереження біологічного різноманіття. Конвенція про біологічне різноманіття була схвалена на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку в 1992 році.

Справді резонансною подією в Україні стала стаття відомого американського вченого Девіда Рудмена про сучасні екологічні проблеми, що стоять перед людством, з коротким викладом якої можна ознайомитися у Додатку (с. 371). В основу публікації покладено виступ Д. Рудмена, провідного спеціаліста Інституту всесвітнього спостереження (США), на семінарі "Сталий розвиток і Україна. Екологічна політика нового тисячоліття" (22 жовтня 2000 р.).

#### 12.4. Проблеми екобезпеки

Удалено: логічної

*«Загальне визначення терміну «безпека» у традиційному розумінні, з огляду на політичні та воєнні загрози національному суверенітету, має бути розширеним, враховуючи вплив навколишнього середовища на місцевому, національному, регіональному та глобальному рівнях»*

***Світова комісія з питань довкілля та розвитку***

Безпека традиційно визначалась як індивідуальна або колективна захищеність, що досягається шляхом захисту територіальної цілісності, політичного суверенітету та національних інтересів. Однак розуміння терміну «безпека» поступово зазнавало змін, зокрема було зазначено, що чинники навколишнього середовища впливають на масштаби конфліктів та стабільність.

Навіть якщо причини конфлікту та небезпеки часто є складними, можна довести, що погіршення стану навколишнього середовища та вичерпання ресурсів є джерелом напруженості у багатьох регіонах світу. Погіршення стану земель, зміни клімату, зниження якості та кількості водних ресурсів, а також процесу управління та розподілу природних ресурсів (нафти, мінералів, лісів тощо) є чинниками, що можуть безпосередньо стосуватися причин виникнення конфлікту або призвести до загострення інших чинників, таких як бідність, міграція, інфекційні захворювання, низька якість управління та зниження темпів розвитку економіки.

Стурбованість щодо стану навколишнього середовища зростає, тому необхідно поєднання діяльності у сфері захисту довкілля із заходами безпеки була та залишається пріоритетною. Внаслідок зростання антропогенного навантаження на природне середовище відбувається глобальна деградація біосфери. Виходячи зі складної екологічної ситуації міжнародна спільнота приділяє велику увагу проблемам контролю забруднення довкілля, впровадженню запобіжних природоохоронних заходів, ефективному використанню природних ресурсів. Зосередження зусиль світового співтовариства на цих проблемах, як складової стійкого розвитку, знайшла своє відо-

браження у прийнятих Деклараціях (Ріо-де-Жанейро, 1992, Йоганнесбург, 2002 та ін.).

Обмеженість ресурсів, що відновлюються, а також транснаціональний характер екологічних проблем стали поштовхом до активізації ролі міжнародної спільноти у галузі започаткування проєктів з питань навколишнього середовища.

Реалізація стратегії стійкого розвитку в Україні потребує створення системи управління природоохоронною діяльністю й екологічною безпекою на рівні світових екологічних стандартів (серії ISO 900, 14000, 14001 тощо), чинного екологічного законодавства, екологічної політики та планування, аудиту існуючих державних стандартів, нормативів та норм щодо вмісту шкідливих речовин тощо. Детальніше про ці проблеми можна дізнатися з підручника «Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища» [10].

У системі екологічної безпеки чільне місце займає біологічна безпека. Це і проблеми збереження видового та екосистемного різноманіття, проблеми розповсюдження і використання генетично модифікованих організмів та низка інших.

Чільне місце в низці проблем антропогенно трансформованих екосистем, їх відновлення та подальшого раціонального використання посідають проблеми, пов'язані з військовим сектором.

### **12.5. Проблеми довкілля, пов'язані з військовим сектором**

*Україна була найбільш розвинутою республікою колишнього Радянського Союзу. Займаючи 2,7% його площі, вона формувала 23% загального валового продукту, в тому числі оборонного, який базувався на випереджаючому розвитку енергетики, металургійної, ядерної, хімічної та нафтохімічної промисловості.*

На території України збудовано 5 атомних електростанцій. Рівень техногенного навантаження на біосферу в Україні в 7 разів перевищує рівень техногенного навантаження в США. Ці проблеми значно ускладнила Чорнобильська катастрофа 26 квітня 1986 року, яка призвела до радіоактивного забруднення більш ніж 4,6 млн. га земель.

“Військові території” займають 18% всієї України. Це в чотири рази більше заповідних та трохи більше, ніж лісів. Сказати, що вони згубно впливають на оточуюче середовище – не сказати нічого. Тільки нафтою забруднено 155 місць, на багатьох полігонах чорніють цілі нафтові озера. Зі 150 військових містечок лише третина має очищувальні споруди. Але, нажаль, повної статистики ніхто навести не може.

Загальна площа земель, відчужених для повсякденної діяльності військ, у країнах НАТО становить 1-3% їх земельного фонду, а в Україні – близько 7% загальної території країни. Понад чверть виробленого у світі бензину й дизельного палива використовується для забезпечення військо-



вих формувань: у США – 27%, у Росії – 34%, у Німеччині – 50%, в інших країнах – значно менше через нижчу чисельність військ. Для України, яка переживає період переходу до ринкової економіки, актуальним протягом останніх років стало виділення енергетичних ресурсів для Збройних Сил (Ситник, Гнилицький, 2003).

На території України існує значна кількість об'єктів військової діяльності, незадовільний екологічний стан яких створює загрозу життєдіяльності населення і довкіллю. З них особливо небезпечними є могильники радіоактивних і токсичних відходів, залишені шахтно-пускові установки, склади пально-мастильних матеріалів та компонентів ракетного палива, військові полігони, арсенали, бази і склади озброєння та боєприпасів, бази Військово-Повітряних Сил Збройних Сил України та Військово-Морських Сил Збройних Сил України, залишені військові містечка та інші об'єкти.

Однією з проблем, що стоять перед Збройними Силами України щодо забезпечення екологічної безпеки, є рекультивація земель, порушених унаслідок повсякденної діяльності військ. Уперше з нею зіткнулися під час виведення радянських військ з території країн колишнього Варшавського Договору. За екологічний збиток Угорщина зажадала безоплатно залишити їй 165 військових містечок з розвиненою інфраструктурою, а Чехословаччина оцінила вартість очищення земель, що були передані для військових об'єктів радянських військ, у 300 млн. доларів. Ці суми відповідають прийнятним міжнародним нормам. *Наприклад, у США на очищення й відновлення 1 км<sup>2</sup> землі, що використовується як полігон для стрільби та бомбометання, в середньому витрачається близько 250 млн. доларів. Витрати на очищення військових баз від токсичних хімічних відходів на початку 90-х років у США становили 30-40 млрд. доларів за рік. В Україні фінансування програми реабілітації територій, забруднених унаслідок військової діяльності, зовсім незначне, але й воно не забезпечується державним бюджетом у визначених обсягах.*

Не залежно від причини забруднення діє принцип відшкодування збитків тими, хто спричинив забруднення, при цьому період часу, протягом якого забруднювач несе відповідальність, не обмежується. Перш за все відповідальність несе суб'єкт діяльності. Відповідальність поширюється як на первісно забруднену територію, так і на території, на які могло поширитись забруднення.

На Колегії Міністерства оборони України у 2000 році було визначено, що першочерговими заходами у галузі поліпшення стану екологічної безпеки Збройних Сил України слід вважати:

- реалізацію державної екологічної політики та дотримання екологічного законодавства у Збройних Силах України;
- виконання прийнятих на державному рівні програми живучості та вибухопожежонебезпеки, програм щодо утилізації боєприпасів, компонентів ракетного палива та інших;

- створення екологічно безпечних умов на арсеналах, базах і складах, де зберігаються ракети і боєприпаси, компоненти ракетного палива, паливно-мастильні матеріали та інші небезпечні речовини;
- фінансування природовідновлювальних робіт з ліквідації забруднення природного середовища на об'єктах Збройних Сил України та заходів екологічної безпеки;
- організація та проведення природовідновлювальних робіт забруднених територій залишених військових об'єктів;
- дообладнання кораблів та суден природоохоронним обладнанням та укомплектування Військово-Морських Сил України нафтосміттезбірниками для очищення акваторій в місцях базування;
- утилізацію непридатних джерел іонізуючого випромінювання та іншого небезпечного військового майна;
- укомплектування військових частин приладами контролю за токсичністю відпрацьованих газів автотранспорту;
- передачу до державного підприємства «Радон» могильників радіоактивних відходів;
- реконструкцію, ремонт та будівництво об'єктів водовідведення та очищення каналізаційних стоків, тампонування артезіанських свердловин та обладнання котелень пристроями для очищення повітря;
- отримання дозволів на природокористування.
- Після проведення Колегії вийшов Наказ Міністра оборони України від 05.12.2000 р. №455 «Про виконання рішення колегії Міністерства оборони України про стан екологічної безпеки у Збройних Силах України та заходи щодо його поліпшення»
- Згідно з рішенням Колегії було вжито таких заходів:
  1. Розроблено Програму реабілітації територій, забруднених унаслідок військової діяльності на 2002–2015 роки, яка схвалена постановою Кабінету Міністрів України №916 від 26.07.2001.
  2. Визначено порядок допуску та виконання усіх видів робіт з відновлення довкілля, які ведуться вітчизняними та іноземними організаціями всіх форм власності на території об'єктів, що знаходяться у сфері управління Міністерства оборони України, а також укладання договорів з вищезгаданими організаціями в галузі відновлення довкілля.

У Міністерстві оборони України створено групу експертів-консультантів з провідних учених, яких залучили на громадських засадах для надання офіційних експертних висновків у разі виникнення надзвичайних екологічних подій, що стосуються Збройних Сил України.

За оцінками експертів Збройні Сили роблять значний внесок у погіршення екологічної ситуації в країні (6-10% від загального об'єму забруднення навколишнього середовища припадає на військову діяльність).

Виходом з існуючої ситуації, який не потребує значних фінансових витрат на впровадження і характеризується високою ефективністю підви-

щення рівня екологічної безпеки та поліпшення стану навколишнього середовища у Збройних Силах України, є впровадження системи екологічного управління на основі стандартів серії ISO 14000. Для побудови інформаційно-аналітичної системи підтримки роботи системи управління станом навколишнього середовища, як однієї з компонент екологічного контролю та управління в Збройних Силах України, необхідно визначитися з завданнями, які стоять перед цією системою:

- формування інформаційної бази даних екологічного стану навколишнього середовища у військових частинах;
- одержання необхідної і достатньої за критеріями повноти, точності й вірогідності інформації про техногенні впливи і навколишнє середовище у військовій частині;
- виявлення випадків негативних впливів на окремі компоненти чи на навколишнє середовище в цілому;
- своєчасне попередження понаднормативного екологічного ризику та еколого-економічного збитку від військової діяльності.

Екологічний контроль за станом навколишнього середовища за показниками, що не вимагають застосування спеціального контрольно-вимірювального і лабораторно-аналітичного устаткування, директивно покладений на відділ екологічної безпеки. До завдань цієї структури входить визначення якісних характеристик екологічних змін і порушень, оперативне виявлення винуватців, а в особливих випадках – направлення інспекторів-екологів та спеціалістів Міністерства оборони для інструментальних вимірів і кількісної оцінки збитку з призначенням відповідних санкцій.

Вимоги екологічної безпеки, встановлені для розміщення, проектування, будівництва, реконструкції, приведення в дію та експлуатації об'єктів у відношенні обмеження негативного впливу на природне середовище хімічних, фізичних та біологічних факторів, а також інші вимоги, передбачені чинним Законом та іншим законодавством України, у повній мірі розповсюджуються на військові та оборонні об'єкти, а також об'єкти органів внутрішніх справ і державної безпеки. Вимоги екологічної безпеки повинні бути витримані також при дислокації військових частин, проведення військових навчань, маневрів, переміщення військ та військової техніки, крім випадків особливих ситуацій, що проголошуються у відповідності із законодавством України.

Державний контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки відносно військових об'єктів та військової діяльності на території України здійснюється у відповідності з цим Законом та іншим законодавством України.

У відповідності із наказом Міністра оборони України 1995 року №171 “Про міри по організації екологічного забезпечення Збройних Сил України” для реалізації державної політики в сфері охорони природного середовища і забезпечення раціонального використання природних ресурсів у Збройних Силах України на війська радіаційного, хімічного та біологічно-

го (РХБ) захисту покладена відповідальність за планування заходів екологічного забезпечення, організацію і контроль їх виконання.

Забезпечення проведення вимірювань і збору даних екологічної ситуації, проведення аналізу та екологічної експертизи в службі екологічної безпеки покладено на Центральну військово-екологічну лабораторію Міністерства оборони України. Екологічне забезпечення здійснюється силами і коштами самих військ.

Здійснення контролю за дотриманням військами природоохоронного законодавства України, наказів та директив Міністра оборони України, начальника Генерального штабу Збройних Сил здійснюється службою екологічної безпеки ЗС України.

Виходячи із загальної мети та основних положень і стратегічних завдань, які сформульовано в проекті Стратегії сталого розвитку України, можна визначити головні цілі щодо стану довкілля у оборонному секторі:

- Сприяння переходу всіх компонентів навколишнього природного середовища країни та окремих регіонів до гармонійного екологічного стану;

- Раціональне, економічно та екологічно обґрунтоване використання невідновлюваних та ефективно відтворення відновлюваних ресурсів;

- Розвиток екологічної мережі, збереження, відновлення та відтворення біорізноманіття;

- Удосконалення ринкових механізмів регулювання в природоресурсній сфері;

- Попередження та припинення всіх видів негативного використання природних ресурсів та їх незаконного обігу.

***Екологічні проблеми морських операцій – планування, забезпечення, здійснення при гарантуванні екологічної безпеки:***

- Екологічний моніторинг баз базування ВМФ України і Росії, оцінка впливу на прилеглі акваторії;

- Оцінка екологічних наслідків військово-морських навчань;

- Розробка методології обліку впливу військово-морських навчань на оточуюче середовище з метою мінімізації негативних наслідків.

Однією з центральних установ, покликаних вирішувати екологічні проблеми військово-морського флоту, є Державний океанаріум (м. Севастополь). Він має подвійне підпорядкування – з однієї сторони – Національній Академії наук України, з іншої – Міністерству Оборони України.

У його розпорядженні є: морські водолазні судна «Почаїв» та «Кам'янка», гідролокатор бічного огляду СМ-800, малогабаритний телекерований самохідний підводний апарат «Агент-1» (до 800 м занурення), морський телекерований комплекс-200 (занурення до 550 м, максимальна швидкість ходу – 0,5 вузла), буксирувана спостережна камера «Тетіс» (до 300 м занурення), автономні багатоцільові населені підводні апарати «Риф» і «Північ-2» (маса 36 тон, занурення – до 2000 м, 6 членів екіпажу).

Встановлено, що від Одеси до Керчі головне джерело забруднення – боєприпаси, що затонули в часи війни. Значні дослідження проведені у бухті Козацька. Точність гідролокатора становить 10 см. Чільне місце посідає пошук, підйом та утилізація боєприпасів. (лише в 2000 році здано державі більше однієї тони високоякісного срібла). В Козацькій бухті лише на одному із потоплених транспортів знаходиться понад 6 тисяч тон боєприпасів.

*Головними проблемами тут залишаються:*

- Законодавством не врегульовано питання забруднення водного середовища;
- Не розроблена система екологічного моніторингу акваторій бухт базування ВМФ і прилеглих акваторій. Необхідно створення екологічного комплексу – мобільної лабораторії та її спорядження;
- Відсутня паспортизація суден, кораблів, берегових об'єктів, паспортизація затонулих об'єктів.

Варто пам'ятати, що Міноборони усю інформацію довгий час тримало закритою. З одного боку, військові усе засекречували, з іншого – відсутня документація про стан військових об'єктів: значну їх частину після розпаду Союзу вивезли до Москви. Отримати її неможливо.

Значний інформаційний вакуум існує щодо стану довкілля у Севастополі, зокрема, пов'язаного з базуванням ВМФ України і Росії. Рівень забруднення бухт міста у 4-5 разів перевищує відповідний рівень найбільш забруднених бухт у США. Щороку кораблі виробляють 10 тисяч кубометрів відходів. Більшу їх частину нишком скидають у море: затоплені різні об'єкти, у тому числі й боєприпаси. Ця проблема також вимагає невідкладного вирішення.

Вельми актуальною є проблеми довкілля, пов'язані з військовими навчаннями, особливо з міжнародною участю. Безумовно, це конче необхідно як для підтримання боєздатності на належному рівні, обміну досвідом і для відпрацювання взаємодії з іншими країнами в умовах проведення міжнародних операцій. Проте Україна вкрай здешевлює із відшкодуванням нанесених в ході міжнародних навчань збитків довкіллю.

А як можна підрахувати такий збиток, як перелякані птахи? Адже навчання найчастіше проходять у період гніздування. А є ж такі види птахів, котрі ніколи назад і не повернуться або через переляк не зможуть відкласти яйця і виростити пташенят навіть в іншому місці. Як вирахувати збиток від того, що під снарядами в повітря здіймається гумусний шар землі з рідкісними рослинами? Потрібно кілька років, щоб вони відновилися. Але про введення спеціальних заходів з відновлення місць проведення навчань або про адекватні розрахунки збитків та їх відшкодування поки й мова не йде, в той час, як у країнах НАТО це питання давно вирішене.

Проте є й позитивні зрушення у цій сфері. Ставлення людей в погонах до природи поступово змінюється. Вже кілька років в Міністерстві оборони України працює управління з екологічних питань. Військові на-

віть почали запрошувати громадські організації на розгляд проектів. Проте хоча вони й почали відкривати деякі таємниці, введення системи постійного моніторингу – проблема з проблем. Адже без дослідження полігонів та аналізу загрози здоров'ю людей, яка може виходити звідси, неможливо визначити, як же ж надалі використовувати ці території. В світі ж їх найчастіше відводять під заповідні.

Як би військові не демократизувались, все ж брати на себе повну відповідальність ніхто не поспішає. А ціна занадто велика: зменшення біологічного різноманіття, радіаційне та хімічне отруєння ґрунтів, повітря, води, деградація екосистем. За умов сьогоdnішнього фінансування військової галузі природоохоронні та природовідновлюючі заходи Міноборони не по кишені.

Корисним для України є міжнародний досвід з відновлення раніше засекречених територій. Проте там і ситуація дещо інша, адже розвинені країни набагато раніше звернули увагу на проблеми довкілля. Та й масштаби проблем досить різні. Наприклад, у Данії всього два військові полігони, причому піклуються про їх природу там надзвичайно ретельно.

Наразі актуальним є прийняття закону про громадський контроль над діяльністю військових. Адже це відомство, як і багато інших, – земельних, лісових, – саме використовує ресурси і саме ж себе контролює. Необхідно збільшити фінансування екологічних наукових досліджень спеціалізованих об'єктів, а не лише військової галузі взагалі. І, головне, щоб збройні сили не тільки реабілітували постраждале внаслідок своєї діяльності оточуюче середовище, а здійснювали б екологічно безпечну діяльність.

*Для докорінного поліпшення всієї системи природоохоронної діяльності у військовому секторі України, забезпечення екологічної безпеки військових об'єктів, поліпшення військових об'єктів і військових та прилеглих до них територій і гарантування здоров'я військового персоналу і населенню оточуючих населених пунктів вкрай необхідно:*

– Істотне поліпшення фінансування природоохоронних та природовідновлюючих заходів, сприяння відділу екологічної безпеки Міністерства оборони України та РХБ ГШ ЗСУ у вирішенні екологічних проблем, залучаючи до цього провідних спеціалістів екобезпеки України та країн-членів Євросоюзу і НАТО, посилення цивільного контролю над діяльністю військових;

– Розширення співробітництва з Євросоюзом і НАТО у сфері екобезпеки, поглиблення контактів фахівців з різних галузей екобезпеки, сприяння імплементації стандартів НАТО в галузі екобезпеки оборонного сектора, включаючи приведення у відповідність зі стандартами НАТО освітніх програм у галузі екобезпеки і РХБ захисту;

– Розробка і здійснення спільних проектів у галузі екобезпеки з країнами-членами НАТО і РФ, включаючи обмін відповідною інформацією та проведення тематичних екологічних конференцій за участю країн-членів

НАТО, об'єднання і координація зусиль вчених різних галузей у вирішенні проблем екобезпеки, пов'язаних з військовим сектором;

– Підготовка військових екологів із офіцерів запасу ЗСУ згідно чинних стандартів НАТО та потреб удосконалення служб екобезпеки ЗС України).

Варто відзначити, що попри всіх негараздів та фінансово-економічних проблем, ситуація зі збереженням та відновленням стану довкілля у оборонному секторі України все ж таки почала останнім часом поліпшуватися. І в цьому знаходить прояв як загальна тенденція до зростання уваги держави до екологічних проблем, так і роль нового керівництва Відділу екологічної безпеки Міністерства оборони України та інших відповідних структур МО та Генерального Штабу України.

Детальніше про окремі екологічні проблеми військового сектору можна ознайомитися у посібнику «Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності і Збройних Силах України», 2006 [73].

## 12.6. Євроатлантична інтеграція і екобезпека

На сьогодні взаємозв'язок проблем захисту довкілля та безпеки є безумовною складовою сталого розвитку нашої держави. Такий взаємозв'язок обумовлює необхідність співпраці організацій, що опікуються проблемами безпеки, з усіма країнами Європи та світу. В цьому контексті Україна, чітко визначивши свій курс на європейську та євроатлантичну інтеграцію, активно співпрацює з НАТО.

У березні 1992 р. Україна стала членом Ради Північноатлантичного співробітництва (РПАС). У 1997 р. Україна стає співзасновницею та учасником наступниці РПАС – Ради євроатлантичного партнерства (РСАП), яка на сьогодні налічує 26 держав-членів НАТО та 20 країн-партнерів.

Україна пройшла шлях від **Хартії про особливе партнерство**, підписаної 09.07.1997 р. в Мадриді, через **План дій**, схвалений 22.11.2002 р. у Празі, в рамках якого реалізується щорічний **Цільовий план Україна – НАТО**, до **Інтенсифікованого діалогу з НАТО з питань набуття членства та відповідних реформ**, який було започатковано 21.04.2005 р. у Вільнюсі. Процес Інтенсифікованого діалогу, започаткований на виконання рішень Мадридського самміту НАТО 1997 р., пропонується країнам, що висловили зацікавленість стати членами Альянсу, і є першим етапом офіційного процесу підготовки країн-аспірантів до членства в НАТО.

На цей час забезпечено реалізацію вже п'яти Цільових планів (2003-2007 рр.). Цільовий план-2007 (затверджений Указом Президента України № 535 від 18.06.07) містив 278 заходів. У цілому із 278 заходів Цільового плану-2007 виконано повністю – 204, виконано частково – 57, не виконано – 12 заходів. Термін виконання 5 заходів перенесено на поточний рік. Таким чином, за звітний період виконано повністю 73,3% заходів Цільового плану-2007.

З урахуванням досвіду, отриманого в минулому та попередніх роках, Уряд України спрямовував зусилля виконавчої влади у 2008 році на забезпечення належного виконання заходів Цільового плану-2008 та на більш тісну співпрацю з Організацією Північноатлантичного договору з метою реалізації євроатлантичних прагнень нашої держави.

З квітня 1999 р., згідно з положеннями Хартії, формат відносин переведено у площину спільного форуму – **Комісії Україна-НАТО (КУН)**. Поряд з цим консультативним механізмом співробітництва, Україна використовує також й такі механізми, як **спільні робочі групи** Україна-НАТО з питань воєнної реформи, озброєння, економічної безпеки, планування на випадок надзвичайних ситуацій, **з питань науки і захисту довкілля**, а також регулярні засідання Україна-НАТО на рівні політичного, політико-військового керівного, військового, економічного та спеціального комітетів.

Мінприроди співпрацює з Міністерством освіти та науки України у рамках **Спільної робочої групи Україна - НАТО з питань науки та довкілля**.

VIII засідання Спільної робочої групи Україна – НАТО з питань науки та довкілля відбулось 24 жовтня 2008 р. в приміщенні МОН України.

Міністерство охорони навколишнього природного середовища України бере участь в реалізації заходів, передбачених Цільовим планом Україна – НАТО на 2008 рік в рамках Плану дій Україна – НАТО. На сьогодні Мінприроди погоджено проект Цільового плану Україна – НАТО на 2009 рік.

Крім того, співробітництво України з Північноатлантичним Альянсом відбувається в рамках **Індивідуальної програми партнерства між Україною та НАТО (ІПП)**. Дана програма складається із заходів міжнародного співробітництва, запропонованих державами-членами та країнами-партнерами Альянсу в форматі Робочого плану євроатлантичного партнерства.

Робочий план євроатлантичного партнерства містить широкий перелік навчальних курсів, семінарів, конференцій, симпозіумів, робочих зустрічей, засідань комітетів НАТО.

Мінприроди в межах компетенції бере активну участь у співробітництві з НАТО в рамках ІПП.

Іншим виміром співробітництва Міністерства охорони навколишнього природного середовища України та НАТО є участь України в **Ініціативі „Навколишнє середовище та безпека” (ENVSEC)**, яка була створена на основі Меморандуму про взаєморозуміння між ЮНЕП, ПРООН та ОБСЄ від 14 листопада 2003 року. У 2006 році членами ENVSEC також стали ЄЕК ООН та Регіональний центр з питань довкілля для Центральної та Східної Європи. НАТО є асоційованим членом Ініціативи з 2004 року.

Головною метою ініціативи є допомога країнам у визначенні та розв'язанні проблем стабільності та безпеки, які виникають у зв'язку з пи-



таннями навколишнього середовища. Іншою метою є поліпшення загального взаєморозуміння шляхом зміцнення діалогу і співробітництва з екологічних питань.

26 лютого 2008 року у Мінприроди пройшов семінар «Довкілля України: проблеми, політика, дії», на якому офіційно презентували звіт «Довкілля та безпека. Перетворення ризику у співробітництво Білорусь – Молдова – Україна». У заході взяли участь керівники обласних управлінь охорони навколишнього природного середовища, представники Європейської Економічної Комісії Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН), Програми з навколишнього середовища Організації Об'єднаних Націй (ЮНЕП), Організації з безпеки та співробітництва у Європі (ОБСЄ), Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН), інших міжнародних організацій та неурядових організацій.

У звіті Ініціативи з питань довкілля та безпеки (ENVSEC) підкреслено важливість використання взаємозв'язків між проблемами довкілля та безпеки як для охорони довкілля, так і для посилення стабільності та добросусідських відносин. Оцінка ENVSEC включає систематичний аналіз проблем взаємозв'язків між довкіллям та безпекою у Білорусі, Молдові та Україні, містить огляд викликів у сфері управління транскордонними водами та екосистемами, у сфері поводження з небезпечними відходами та мінімізації наслідків військової діяльності у минулому, у сфері використання енергетичних ресурсів та затяжного конфлікту у Придністров'ї. У звіті також окреслені заходи, запропоновані країнами та партнерами ENVSEC для подальшого аналізу та зниження ризику. Реалізація певних заходів вже розпочалася. Звіт був підготовлений за тісної співпраці між експертами та установами України, Молдови, Білорусі із залученням допомоги партнерів ENVSEC.

## 12.7. Екологічні проблеми, породжені зарегулюванням Дніпра

Одним з широкомасштабних форм антропогенної трансформації екосистем є зарегулювання рівнинних річок. Безглуздість і абсурдність цього явища очевидна навіть далеким від екології людям. Проте нестримна жадоба „вдосконалення” природи зробила цю чорну справу, породивши безліч проблем, на вирішення яких були кинуті колосальні фінансові ресурси.

Водосховища Дніпровського каскаду були створені у 30-70-х роках для забезпечення умов їх комплексного використання і пов'язаних з ними енергетичних, мінеральних і біоресурсів. У результаті утворилося 130 тис. га мілководь. Так, на Київському водосховищі мілководдя (ділянки з глибиною до 2 м при НПП) становлять 34% загальної площі водойми, на Канівському – 24%, на Кременчуцькому – 18%.

Київське водосховище місткість при НПП=103 м становить 3,73 км<sup>3</sup>, спрацювання до позначки 101,5 м визначає робочий об'єм 1,17 км<sup>3</sup>.

Канівське водосховище з позначкою НПР=91,5 м, об'єм 2,6 км<sup>3</sup>. Не передбачено планового спрацювання водосховища – воно припустиме тільки в аварійних випадках взимку не більш як 0,5 м.

Кременчуцьке є основним регулятором дніпровського стоку. З позначкою НПР = 81м та РМО=75,75м робочий об'єм 9,07 км<sup>3</sup>, що становить 18,6% середнього річного притоку річки.

Дніпродзержинське за позначки НПР=64 м має місткість 2,45 км<sup>3</sup>.

Дніпровське має місткість близько 1 км<sup>3</sup>.

Каховське є другим за значенням після Кременчуцького. Робочий об'єм 6,8 км<sup>3</sup>.

Водні об'єкти України забруднені, переважно, сполуками азоту, нафтопродуктами, важкими металами. Більшість річок України можна вважати забрудненими і дуже забрудненими. Винятком є гірські річки Криму і Карпат, які знаходяться в задовільному стані. У притоках Західного Бугу концентрація шестивалентного хрому часом перевищує ГПК від 10 до 50 разів. Басейн річки Південний Буг біля міст Хмельницький і Первомайськ забруднений сполуками міді, цинку, марганцю і шестивалентного хрому. Середні їх концентрації, як правило, сягають 10 ГПК. Дніпро і його притоки в межах України забруднені сполуками важких металів і фенолами. В окремих випадках вміст шестивалентного хрому сягав 18 ГПК, цинку – 24 ГПК. Найбільш високий рівень забруднення важкими металами спостерігався на річках Горинь, Устя, Тетерів, Унава, Десна, Рось, Самара, Інгулець, Уж, Гнилоп'ять, де в окремих випадках концентрація важких металів у воді досягла 100 ГПК. Всього у 1998 році на притоках Дніпра спостерігалось 210 випадків високого забруднення. З них 193 випадки – забруднення важкими металами. Всього по каскаду дніпровських водосховищ у 1998 році відмічено 192 випадки високого забруднення (понад 10 ГПК), із них 189 випадків – по важким металам (Колесник, 2000).

Широкомасштабні гідробіологічні дослідження поверхневих вод України розгорнулися наприкінці 60-х – початку 70-х років ХХ століття. Гідробіологічні спостереження на мережі Гідрометкому України проводяться з метою вивчення стану гідробіоценозів і екосистем поверхневих вод та їх змін унаслідок антропогенного впливу. Важливим завданням гідробіологічних спостережень є також одержання об'єктивних даних, накопичення яких необхідно для з'ясування довгострокових змін у водних екосистемах. Призначення гідробіологічної служби полягає в забезпеченні відповідних державних органів систематичною інформацією про якість води і стан біоценозів, оцінці ефективності заходів по охороні від забруднення водного середовища (Косовець, Онанко, 2000).

Офіційною підставою для створення законодавчої та нормативно-інструктивної бази в галузі охорони водних екосистем і раціонального використання їх водних та біологічних ресурсів є, головним чином, Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” (1991 р.) та «Водний кодекс України» (1995 р.). Ці та деякі інші законодавчі акти

дали відчутний імпульс для розробки національної і водночас сучасної, на світовому рівні, нормативно-інструктивної документації суто екологічного змісту. В 1998 році набув чинності міжвідомчий керівний нормативний документ “Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями”. В основу цієї методики покладена система екологічних класифікацій якості поверхневих вод. Спеціалізовані екологічні класифікації в складі цієї системи поділяються на три групи (блоки):

- блок показників сольового складу;
- блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;
- блок показників вмісту речовин токсичної та радіаційної дії та рівня токсичності (за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії (Жукинський та ін., 2000).

Сучасність методики полягає в дотриманні екосистемної парадигми, тобто панівної ідеї про захист і відновлення цілісності водних екосистем. “Водна політика і водогосподарська діяльність повинні базуватися на екосистемному підході” – така рекомендація урядам країн Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН була прийнята старшими радниками урядів ЄЕК з проблем довкілля і водних ресурсів ще в березні 1992 р. і підтверджена в грудні 1996 р. в проекті «Основної (рамкової) Директиви ЄС по воді (4.12.96) (Жукинський та ін., 2000).

Перед гідроекологами стоять ще й такі завдання, як: – розробка методики оцінки і використання значень “екологічної шкоди” та “екологічного ризику” стосовно якості поверхневих вод, котра вкрай необхідна для здійснення кризового моніторингу екологічного стану водних об’єктів України; – розробка універсальної класифікації водних екосистем, головних її складових компонентів, включаючи основні угруповання біоти, з метою об’єктивної оцінки та управління задля поліпшення чи відновлення стану (Жукинський та ін., 2000).

### **12.8. Проблема радіоактивного забруднення екосистем на прикладі Канівського водосховища**

Викид радіонуклідів у атмосферу в результаті аварії на Чорнобильській АЕС обумовив значне радіоактивне забруднення екосистеми Канівського водосховища вже в травні 1986 року. В перші тижні після аварії радіоактивність абіотичних компонентів і гідробіонтів цієї водойми зросла в десятки-сотні тисяч разів у порівнянні з доаварійними значеннями. Радіоактивне забруднення формувалося за рахунок переважно короткоживучих радіонуклідів (лантана-140, йоду-131, барію-140, церію-141, ніобію-95, рутенію-103, родію-103, цирконію-96), внесок яких у загальну радіоактивність складав усередньому близько 90%. Загальна радіоактивність водних мас в цей період досягала 10000 Бк/л.

З плином часу роль різних радіонуклідів у формуванні радіоактивного забруднення рослин змінилася. Вже в липні-серпні 1986 р. їх спектр скоро-

тився за рахунок розпаду короткоживучих елементів. Загальний середній вміст радіонуклідів у рослинах водосховища склав 17761 Бк/л.

Загалом аналіз радіоактивного забруднення екосистеми Канівського водосховища показав, що вміст і склад радіонуклідів у вищих водяних рослинах у 1986 році були на рівні відповідних показників Київського водосховища. В травні 1986 року радіоактивність рослин перевищувала дозаварійні значення майже в 10 000 разів і досягала 95033 Бк/кг.

В 1995 році радіоактивне забруднення рослинності Канівського водосховища перевищувало за цезієм-137 дозаварійні значення майже в 50 разів (Иванова, Паньков, Широкая и др., 2000).

Таким чином, наріжним каменем вирішення екологічних проблем України є перехід на рейки стійкого збалансованого розвитку, докорінне поліпшення всієї системи фінансування природоохоронної діяльності, боротьба з корупцією, подальша демократизація всіх сфер життя суспільства, суттєве удосконалення природоохоронного законодавства та приведення його у відповідність до загальноєвропейських норм, істотне поліпшення системи контролю за його дотриманням, суттєве зростання ролі громадських організацій у природоохоронній діяльності, докорінне поліпшення всієї системи екологічної освіти і виховання.

## 12.9. Екологічний менеджмент

*Екологічний менеджмент* (від англ. *manage* – керувати) – система відносин (сфера діяльності), а також сукупність методів, спрямованих на забезпечення управління у сфері природокористування, охорону та збалансоване використання природних екосистем. Виділяють кілька видів М.е.: *Стратегічний менеджмент* – система заходів, спрямованих на здобуття фірмою чи підприємством конкурентних переваг на ринку завдяки ефективнішому розв’язанню екологічних (ресурсних) проблем: відповідність міжнародним стандартам якості та впливу на довкілля (ISO 9000, ISO 14000 та ін.); зменшення собівартості та збільшення прибутковості за рахунок зменшення штрафних санкцій шляхом запровадження відповідної екологічної політики тощо. *Корпоративний М.е.* – система управління діяльністю підприємства (організації) у тих її формах, напрямках, сторонах тощо, яка базується на партнерстві між урядом, суспільством і підприємством та безпосередньо чи опосередковано стосується взаємовідносин з природним середовищем. Здійснюють шляхом встановлення екологічних цілей і завдань, розподілу обов’язків, відповідальності й повноважень, організації відповідних стосунків між підрозділами економічного процесу, а також постійного моніторингу й оцінювання ефективності застосування заходів, методів, процедур і процесів щодо впливу на природне середовище. Опирається на забезпечення корпоративної екологічної відповідальності зазначених партнерів процесу, принципи якої визначені Хартією Міжнародної торгової палати щодо стійкого розвитку. *Галузевий М.е.* –

система управління екологічною діяльністю певної галузі виробництва, яку визначають галузеві нормативні документи. Найвідомішим є Державні будівельні Норми України (ДБНУ), що мають статус державного стандарту. Сукупність видів М.е. класифікують також відповідно до ключових впливів на ресурси і довкілля: менеджмент природних ресурсів, промислових відходів, емісій тощо. Усі види М.е. можна здійснювати на різних рівнях – від підприємства або муніципалітету до національної і глобальної економіки. Залежно від рівня ієрархії М.е. має різні цілі й можливості. На нижчому рівні (підприємство, компанія) за його допомогою виявляють можливості економії витрат (зокрема, внаслідок повнішого використання можливостей, наданих природоохоронним законодавством і уникнення штрафних санкцій); це збільшує конкурентоспроможність цих інституцій і сприяє освоєнню нових економічних ринків (зокрема, «чиста» продукція, продаж відходів). На регіональному (національному) рівні впровадження екологічного менеджменту дає можливість сприяти поліпшенню стану довкілля та зменшенню міжнародних санкцій за транскордонне забруднення середовища, вплив на озоновий шар і парниковий ефект.

### 12.9. Екологічний аудит

**Екологічний аудит** (від англ. *audit* – перевірка, ревізія) – системний незалежний документально оформлений процес оцінювання об'єктів екологічного аудиту, що включає збирання й об'єктивне оцінювання доказів для встановлення відповідності визначених видів діяльності, заходів, умов, системи управління навколишнім природним середовищем та інформації з цих питань вимогам законодавства України про охорону навколишнього природного середовища та іншим критеріям екологічного аудиту (Закон України «Про екологічний аудит», 2004 (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2004, №45, та Закон України Про внесення змін до деяких законів України щодо створення систем управління якістю, систем екологічного управління та інших систем управління) від 15.01.2009).

Поняття «аудит екологічний» запроваджено в промислово розвинених країнах у 70-х роках 20 ст. До середини 80-х років А.е. сформувався як функція або напрям внутрішнього (корпоративного) управління для посилення контролю за діяльністю та екологічною відповідальністю підприємств і був запроваджений Міжнародною торговою палатою з доповненням щодо оцінки відповідальності стратегії діяльності компанії (корпорації) нормам екологічного законодавства. Рада ЄС визначила Аудит екологічний як засіб управління, який дає систематичну, періодичну, об'єктивну й документовану оцінку системи управління та процесів, встановлених для охорони навколишнього середовища з метою підвищення ефективності й полегшення контролю практичної діяльності, що впливає на навколишнє середовище, та оцінки узгодженості діяльності компаній з екологічною політикою. Згодом А.е. перетворився з інструмента контролю за додержанням

закону на еколого-правовий механізм стимулювання природоохоронної діяльності підприємств. Екологічна ефективність управління оцінюється за критеріями відповідності вимогам екологічного законодавства, екологічним нормам і стандартам, екологічній політиці, прогресивній практиці, а також вимогам поліпшення екологічних характеристик виробництва, господарювання та результативності екологічних витрат. Характерними особливостями А.е. є його незалежність, конфіденційність, об'єктивність, науковість, системність, компетентність, ліцензійність та відповідність цілям, які визначаються замовником при укладанні договору на проведення аудиту. Всі ці особливості стандартизуються на міжнародних (ISO 14000) і державних (ДСТУ ISO 14000-97) рівнях. Еколого-аудиторська діяльність може здійснюватися на рівні установ, галузі, території, підприємства. Розрізняють А.е. обов'язковий, що визначається відповідними правовими документами, та ініціативний (добровільний), що проводиться за рішенням замовника з проблем і цілей, які він сам визначає. На сучасному етапі реформування економіки України А.е. є ефективним інструментом переходу від екологічно небезпечного до екологічно безпечного виробництва, захисту прав людини на екологічно безпечне життя.

### *Контрольні запитання до розділу*

1. Що таке екологічний ризик?
2. Які головні проблеми стоять перед екологією?
3. Назвіть головні проблеми, пов'язані зі станом довкілля в Україні?
4. Які основні проблеми довкілля пов'язані з військовим сектором?
5. Які екологічні проблеми породжені зарегулюванням стоку Дніпра?
6. Проілюструйте проблему радіоактивного забруднення України на прикладі будь-якої екосистеми.
7. Які існують шляхи вирішення екологічних проблем?
8. Як впливає розвиток міжнародного співробітництва на вирішення екологічних проблем України?
9. Що являє собою екологічний менеджмент і екологічний аудит?
10. Які головні чинники погіршення екологічного стану Чорного і Азовського морів?

### Розділ 13.

## ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЕКОБЕЗПЕКИ І ПРИРОДООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Перші спроби екологічного підходу до природоохоронної справи в Україні відомі ще з часів Ярослава Мудрого. В його «Руській правді» – правничому кодексі Київської Русі (початок XI ст.) – вже існувала чітка система правової оцінки використання ресурсів і передбачувалася кара за збитки, заподіяні довкіллю. За шкоду, заподіяну диким звірам і птахам, каралося так же, як і негідні вчинки щодо людини. Тому було багато в княжих лісах і степах дикого звіра, птахів та інших тварин.

За часів Гетьманщини (XVI–XVIII ст.) ці природоохоронні традиції зберігалися і розширювалися. Як і в княжі часи, регламентуються охорона лісів і байраків, полювання, рибальство, бджолярство та садівництво.

У зібранні Малоросійських прав (1807 р.) дослівно сказано: «Хто соколине гніздо пошкодить, підрубає чи навмисно його скине, чи з собою молодих соколів забере ... і за лебедине гніздо, якщо б його хтось розкидав, чи яйця забрав, повинен заплатити...». А ось як оберігалася екологічна ніша бобра: «Якби князівські, панські і шляхетські гони боброві давні спадкові були в іншого сусіда в маєтку, то цей власник, у чийй землі вони будуть, не повинен сам і люди його старовинного поля доорювати до лігва так далеко, наскільки палицею можна кинути, так само сіножаті підкошувати і лози прочищати ... Чи хтось силою бобра поб'є, чи злодійськи забере, той за наругу, і скільки б їх забив, має платити. За чорного бобра чотири копи, а за карого дві копи просить».

Кримінальним Кодексом України (2001) передбачено *Злочин проти довкілля* – суспільно небезпечне діяння (дія або бездіяльність), вчинене фізичною особою, або таке, що реально загрожує заподіяння екологічної шкоди. Згідно з цим Кодексом до 3 п.п. віднесено: порушення правил екологічної безпеки, невжиття заходів щодо ліквідації наслідків екологічного забруднення, приховування або перекручування відомостей про екологічний стан або захворюваність населення, порушення правил охорони надр, забруднення атмосферного повітря, порушення правил охорони вод, забруднення моря, порушення законодавства про континентальний шельф України, знищення або пошкодження лісових масивів, незаконна порубка лісу, незаконне заняття рибним, звіриним або іншим промислом, проведення вибухових робіт з порушенням правил охорони рибних запасів або диких водних тварин, порушення ветеринарних правил, умисне знищення або пошкодження об'єктів природно-заповідного фонду та інших територій, взятих під охорону держави, проектування чи експлуатація споруд без систем захисту довкілля; безгосподарне використання земель. У Кодексі передбачено кримінальну відповідальність за вчинення цих злочинів та різні види покарань відповідно до їх суспільної небезпеки і негативних наслідків. (Детальніше з цим питанням можна ознайомитися: Матвійчук В.К.

Кримінально-правова охорона навколишнього природного середовища (кримінально-правове та кримінологічне дослідження): Монографія. – К., 2005).

Нижче наведені окремі найважливіші закони і нормативні акти, які стосуються даної проблеми та наведена інформація щодо системи управління станом середовища, використання природних ресурсів і екологічної безпеки.

### 13.1. Конституція України

Конституція України (прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 року) проголосила – **забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, збереження генофонду українського народу є обов'язком держави.**

Згідно з Конституцією України «земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності Українського народу. Від імені Українського народу права власника здійснюють органи державної влади та органи місцевого самоврядування в межах, визначених цією Конституцією.

Кожний громадянин має право користуватися природними об'єктами права власності народу відповідно до закону.

Власність зобов'язує. Власність не повинна використовуватися на шкоду людині і суспільству.

Держава забезпечує захист прав усіх суб'єктів права власності і господарювання, соціальну спрямованість економіки. Усі суб'єкти права власності рівні перед законом» (Стаття 13).

«Земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави.

Право власності на землю гарантується. Це право набувається і реалізується громадянами, юридичними особами та державою винятково відповідно до закону» (Стаття 14).

«Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи – катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави» (Стаття 16).

«Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди.

Кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право



на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена» (Стаття 50).

«Ніхто не зобов'язаний виконувати явно злочинні розпорядження чи накази.

За віддання і виконання явно злочинного розпорядження чи наказу настає юридична відповідальність» (Стаття 60).

«Кожен зобов'язаний не заподіювати шкоду природі, культурній спадщині, відшкодувати завдані ним збитки» (Стаття 66).

### 13.2. Закон України «Про основи національної безпеки України»

Цей Закон, прийнятий Верховною Радою України 2003 р., відповідно до пункту 17 частини першої статті 92 Конституції України визначає основні засади державної політики, спрямованої на захист національних інтересів і гарантування в Україні безпеки особи, суспільства і держави від зовнішніх і внутрішніх загроз в усіх сферах життєдіяльності.

**Стаття 1. Визначення термінів.** Наведені в цьому Законі терміни вживаються в такому значенні:

*національна безпека* – захищеність життєво важливих інтересів людини і громадянина, суспільства і держави, за якої забезпечуються сталий розвиток суспільства, своєчасне виявлення, запобігання і нейтралізація реальних та потенційних загроз національним інтересам;

*національні інтереси* – життєво важливі матеріальні, інтелектуальні і духовні цінності Українського народу як носія суверенітету і єдиного джерела влади в Україні, визначальні потреби суспільства і держави, реалізація яких гарантує державний суверенітет України та її прогресивний розвиток;

*загрози національній безпеці* – наявні та потенційно можливі явища і чинники, що створюють небезпеку життєво важливим національним інтересам України;

**Стаття 2. Правова основа національної безпеки.** Правову основу у сфері національної безпеки України становлять Конституція, цей та інші закони України, міжнародні договори, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, а також видані на виконання законів інші нормативно-правові акти.

Відповідно до цього Закону розробляються і затверджуються Президентом України Стратегія національної безпеки України і Воєнна доктрина країни, доктрини, концепції, стратегії і програми, якими визначаються цільові настанови та керівні принципи воєнного будівництва, а також напрями діяльності органів державної влади в конкретній обстановці з метою

своєчасного виявлення, відвернення і нейтралізації реальних і потенційних загроз національним інтересам України. Стратегія національної безпеки України і Воєнна доктрина України є документами, обов'язковими для виконання, і основою для розробки конкретних програм за складовими державної політики національної безпеки.

**Стаття 3. Об'єкти національної безпеки.** Об'єктами національної безпеки є: людина і громадянин – їхні конституційні права і свободи; суспільство – його духовні, морально-етичні, культурні, історичні, інтелектуальні та матеріальні цінності, інформаційне і **навколишнє природне середовище і природні ресурси**; держава – її конституційний лад, суверенітет, територіальна цілісність і недоторканність.

**Стаття 5. Принципи забезпечення національної безпеки.** Основними принципами забезпечення національної безпеки є: Національна безпека України забезпечується шляхом проведення виваженої державної політики відповідно до прийнятих в установленому порядку доктрин, концепцій, стратегій і програм у політичній, економічній, соціальній, військовій, **екологічній**, науково-технологічній, інформаційній та інших сферах. Вибір конкретних засобів і шляхів забезпечення національної безпеки України обумовлюється необхідністю своєчасного вжиття заходів, адекватних характеру і масштабам загроз національним інтересам.

**Стаття 6. Пріоритети національних інтересів.** Пріоритетами національних інтересів України є: ...забезпечення екологічно та техногенно безпечних умов життєдіяльності громадян і суспільства, збереження навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів;

**Стаття 7. Загрози національним інтересам і національній безпеці України. В екологічній сфері:** значне антропогенне порушення і техногенна перевантаженість території України, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характерів; нераціональне, виснажливе використання мінерально-сировинних природних ресурсів як невідновлюваних, так і відновлюваних; неподоланність негативних соціально-екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи; погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень та зниження якості води; загострення техногенного стану гідротехнічних споруд каскаду водосховищ на р. Дніпро; неконтрольоване ввезення в Україну екологічно небезпечних технологій, речовин, матеріалів і трансгенних рослин, збудників хвороб, небезпечних для людей, тварин, рослин і організмів, екологічно необґрунтоване використання генетично змінених рослин, організмів, речовин та похідних продуктів; неефективність заходів щодо подолання негативних наслідків військової та іншої

екологічно небезпечної діяльності; небезпека техногенного, у тому числі ядерного та біологічного, тероризму; посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у популяціях живих організмів, зокрема генетично змінених організмів, та біотехнологій; застарілість та недостатня ефективність комплексів з утилізації токсичних і екологічно небезпечних відходів.

**Стаття 8. Основні напрями державної політики з питань національної безпеки.** З урахуванням геополітичної і внутрішньої обстановки в Україні діяльність усіх державних органів має бути зосереджена на прогнозуванні, своєчасному виявленні, попередженні і нейтралізації зовнішніх і внутрішніх загроз національній безпеці, захисті суверенітету і територіальної цілісності України, безпеки її прикордонного простору, піднесенні економіки країни, забезпеченні особистої безпеки, конституційних прав і свобод людини і громадянина, викоріненні злочинності, вдосконаленні системи державної влади, зміцненні законності і правопорядку та збереженні соціально-політичної стабільності суспільства, зміцненні позицій України у світі, підтриманні на належному рівні її оборонного потенціалу і обороноздатності, радикальному поліпшенні екологічної ситуації.

**В екологічній сфері:** здійснення комплексу заходів, які гарантують екологічну безпеку ядерних об'єктів і надійний радіаційний захист населення та довкілля, зведення до мінімуму впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС; впровадження у виробництво сучасних, екологічно безпечних, ресурсо- та енергозберігаючих технологій, підвищення ефективності використання природних ресурсів, розвиток технологій переробки та утилізації відходів; поліпшення екологічного стану річок України, насамперед басейну р. Дніпро, та якості питної води; запобігання забрудненню Чорного та Азовського морів та поліпшення їх екологічного стану; стабілізація та поліпшення екологічного стану в містах і промислових центрах Донецько-Придніпровського регіону; недопущення неконтрольованого ввезення в Україну екологічно небезпечних технологій, речовин і матеріалів, збудників хвороб, небезпечних для людей, тварин, рослин, організмів; реалізація заходів щодо зменшення негативного впливу глобальних екологічних проблем на стан екологічної безпеки України, розширення її участі у міжнародному співробітництві з цих питань;

**Стаття 9. Повноваження суб'єктів забезпечення національної безпеки.** Відповідно до Конституції і законів України: Рада національної безпеки і оборони України координує та контролює діяльність органів виконавчої влади у сферах національної безпеки і оборони; з урахуванням змін у геополітичній обстановці вносить Президенту України пропозиції щодо уточнення Стратегії національної безпеки України та Военної доктрини України;

**Стаття 11. Контроль за здійсненням заходів щодо забезпечення національної безпеки.** Контроль за реалізацією заходів у сфері національної безпеки здійснюється відповідно Президентом України, Верховною Радою України, Кабінетом Міністрів України, Радою національної безпеки і оборони України в межах їх повноважень, визначених Конституцією і законами України. У сфері національної безпеки прийнято розглядати триаду її основних елементів – «інтереси – загрози (небезпеки) – захист».

Відповідно до Закону України «Про основи національної безпеки України» національні інтереси – життєво важливі матеріальні, інтелектуальні і духовні цінності Українського народу як носія суверенітету та єдиного джерела влади в Україні, визначальні потреби суспільства і держави, реалізація яких гарантує державний суверенітет України та її прогресивний розвиток.

### 13.3. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”

Основним законом, який регулює **екологічні** відносини в Україні, є Закон «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятий Верховною Радою 25 червня 1991 року. Закон закріплює екологічні права та обов’язки громадян України та визначає повноваження Верховної та місцевих рад, органів управління в галузі охорони довкілля.

Основні принципи охорони навколишнього природного середовища, визначені у цьому законі такі:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов’язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності
- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров’я людей
- запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища
- екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого використання новітніх технологій
- збереження просторового та видового різноманіття і цілісності природних об’єктів і комплексів
- науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища
- обов’язковість екологічної експертизи

- гласність і демократизація при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду
- науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище
- безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності
- стягнення збору за забруднення навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів, компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища
- вирішення питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну обстановку
- поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища
- вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва.

## **Розділ V. Спостереження, прогнозування, облік та інформування в галузі навколишнього природного середовища**

### **Стаття 22. Моніторинг навколишнього природного середовища**

З метою забезпечення збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень в Україні створюється система державного моніторингу навколишнього природного середовища. Спостереження за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення здійснюється спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів, іншими спеціально уповноваженими державними органами, а також підприємствами, установами та організаціями, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища.

Зазначені підприємства, установи та організації зобов'язані безоплатно передавати відповідним державним органам аналітичні матеріали своїх спостережень. Порядок здійснення державного моніторингу навколишнього природного середовища визначається Кабінетом Міністрів України.

Спеціально уповноважені державні органи разом з відповідними науковими установами забезпечують організацію короткострокового і довгострокового прогнозування змін навколишнього природного середовища, які повинні враховуватися при розробці і виконанні програм та заходів щодо економічного та соціального розвитку республіки, в тому числі що-

до охорони навколишнього природного середовища, використання і відтворення природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки.

**Стаття 25. Інформація про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація)** Інформація про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) - це будь-яка інформація в письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій матеріальній формі про:

стан навколишнього природного середовища чи його об'єктів - землі, вод, надр, атмосферного повітря, рослинного і тваринного світу та рівні їх забруднення; біологічне різноманіття і його компоненти, включаючи генетично видозмінені організми та їх взаємодію із об'єктами навколишнього природного середовища; джерела, фактори, матеріали, речовини, продукцію, енергію, фізичні фактори (шум, вібрацію, електромагнітне випромінювання, радіацію), які впливають або можуть вплинути на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей; загрозу виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій, результати ліквідації цих явищ, рекомендації щодо заходів, спрямованих на зменшення їх негативного впливу на природні об'єкти та здоров'я людей; екологічні прогнози, плани і програми, заходи, в тому числі адміністративні, державну екологічну політику, законодавство про охорону навколишнього природного середовища; витрати, пов'язані із здійсненням природоохоронних заходів за рахунок фондів охорони навколишнього природного середовища, інших джерел фінансування, економічний аналіз, проведений у процесі прийняття рішень з питань, що стосуються довкілля.

Основними джерелами такої інформації є дані моніторингу довкілля, кадастрів природних ресурсів, реєстри, автоматизовані бази даних, архіви, а також довідки, що видаються уповноваженими на те органами державної влади, органами місцевого самоврядування, громадськими організаціями, окремими посадовими особами.

**Стаття 25-1. Екологічне інформаційне забезпечення** Спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів, його органи на місцях, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи та організації, діяльність яких може негативно вплинути або впливає на стан навколишнього природного середовища, життя і здоров'я людей, зобов'язані забезпечувати вільний доступ населення до інформації про стан навколишнього природного середовища.

Екологічне інформаційне забезпечення здійснюється органами державної влади та органами місцевого самоврядування в межах їх повноважень шляхом:

а) підготовки спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів і подання на розгляд Верховної Ради України щорічної Національної доповіді про стан навко-

лишнього природного середовища в Україні, а після її розгляду Верховною Радою України - опублікування окремих виданням та розміщення в системі Інтернет; б) щорічного інформування Радою міністрів Автономної Республіки Крим, обласними державними адміністраціями, Київською та Севастопольською міськими державними адміністраціями відповідних рад та населення про стан навколишнього природного середовища відповідних територій; в) систематичного інформування населення через засоби масової інформації про стан навколишнього природного середовища, динаміку його змін, джерела забруднення, розміщення відходів чи іншої зміни навколишнього природного середовища і характер впливу екологічних факторів на здоров'я людей; г) негайного інформування про надзвичайні екологічні ситуації; г) передачі інформації, отриманої в результаті проведення моніторингу довкілля, каналами інформаційних зв'язків органам, уповноваженим приймати рішення щодо отриманої інформації; д) забезпечення вільного доступу до екологічної інформації, яка не становить державної таємниці і міститься у списках, реєстрах, архівах та інших джерелах.

*Розподіл за відомствами параметрів, за якими ведеться спостереження в системі екологічного моніторингу в Україні*

№ з/п	Назва Міністерства (Державного комітету)	Перелік параметрів, які можна отримати в системі відомчого екологічного моніторингу
1.	Міністерство екології та природних ресурсів України	1. Концентрація забруднюючих речовин у скидах у водні об'єкти, в тому числі на об'єктах, що мають радіаційно-небезпечні технології. 2. Залишкова кількість пестицидів і важких металів на сільськогосподарських угіддях. 3. Стан поверхневих вод. 4. Стан наземних і морських екосистем.
2.	Національне космічне агентство України	1. Вміст озону в атмосфері. 2. Забрудненість атмосфери. 3. Стан поверхневих вод та їх забрудненість. 4. Забрудненість ґрунтів, у тому числі сільськогосподарських угідь. 5. Стан сільськогосподарських посівів (рівень забруднення сільськогосподарських культур промисловими токсикантами, пестицидами тощо). 6. Стан лісів. 7. Танення снігового покриву. 8. Радіаційний фон.
3.	Міністерство охорони здоров'я України	1. Рівень забруднення атмосферного повітря в місцях проживання населення. 2. Стан забруднення поверхневих вод в місцях використання їх населенням. 3. Стан морських вод у рекреаційних зонах. 4. Хімічне та біологічне забруднення ґрунтів на території населених пунктів і господарсько-побутові відходи. 5. Інтенсивність фізичних факторів впливу (шум, електро-

		магнітні поля, радіація, вібрація тощо). 6. Стан здоров'я населення. 7. Вплив забруднення навколишнього природного середовища на здоров'я населення.
4.	Міністерство аграрної політики України	1. Дані радіологічного, агрохімічного й токсикологічного спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання. 2. Дані токсикологічного й радіологічного спостереження за сільськогосподарськими рослинами та продуктами з них. 3. Дані зоотехнічного, токсикологічного і радіологічного спостереження за сільськогосподарськими тваринами і харчовими продуктами, що виготовляються з них.
5.	Державний комітет лісового господарства України	1. Стан лісів. 2. Ступінь пошкодження насаджень (токсичними викидами, рекреацією, зміною гідрологічного режиму, ентомошкідниками та фітозахворюваннями). 3. Концентрація радіонуклідів, токсичних речовин у ґрунті та в різних ярусах лісових насаджень. 4. Стан мисливської фауни у лісах.
6.	Держкомгидромет	1. Дані гідрологічних, метеорологічних і агрометеорологічних вимірів. 2. Дані про стан озонового шару у верхній частині атмосфери. 3. Дані про концентрацію шкідливих речовин (у тому числі радіоактивних) в атмосферному повітрі, водних об'єктах і в ґрунті. 4. Дані про залишкову кількість пестицидів і важких металів у ґрунтах.
7.	Державний комітет водного господарства України	1. Концентрація радіоактивних речовин у річках, водосховищах, каналах, зрошувальних системах і водоймах у зонах атомних електростанцій. 2. Концентрація забруднюючих речовин у поверхневих водах у місцях їх інтенсивного використання для народногосподарських потреб. 3. Об'єми води, які використовують підприємства, установи й організації для своїх потреб. 4. Меліоративний стан зрошуваних та осушуваних земель (глибина залягання та мінералізація ґрунтоливих вод, ступінь засоленості та солонцюватості ґрунтів, обсяги заходів щодо поліпшення меліоративного стану). 5. Підтоплення сільських населених пунктів. 6. Переформування берегів і гідрогеологічний стан (підтоплення території) в прибережних зонах водосховищ.
8.	Держкомгеології	1. Стан підземних вод. 2. Спостереження за ендегенними та екзогенними процесами. 3. Дані про геофізичні поля. 4. Дані про геохімічний стан ландшафтів.
9.	Державний комітет по земельних ресурсах	1. Структура землекористування в регіоні за видами угідь та їх господарське використання. 2. Трансформація земель цільового призначення.



		<p>3. Стан і якість ґрунтів (рівні забруднення, прояви ерозійних та інших екзогенних процесів) та стан рослинного покриву земель.</p> <p>4. Стан поверхневих і підземних вод (вибірково).</p> <p>5. Стан берегових ліній річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток, гідротехнічних споруд.</p> <p>6. Рекультивація порушених земель.</p> <p>7. Стан зрошуваних, осушених земель, а також земель, що мають ознаки вторинного підтоплення і засолення.</p> <p>8. Стан і рівні забруднення земель викидами і скидами промислових підприємств та об'єктами сільськогосподарського виробництва.</p>
10.	Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України	<p>1. Концентрація забруднюючих речовин у питній воді централізованих систем водопостачання міст і селищ міського типу.</p> <p>2. Концентрація забруднюючих речовин у стічних водах підприємств, які скидаються до міської каналізаційної мережі.</p> <p>3. Концентрація забруднюючих речовин у стічних водах після очисних споруд міст і селищ міського типу.</p> <p>4. Ступінь пошкодження насаджень у містах і селищах міського типу (ентомошкідниками, фітозахворюваннями тощо).</p> <p>5. Підтоплення міст і селищ міського типу.</p>
11.	Міністерство надзвичайних ситуацій	1. Пожежі.

#### 13.4. Державна система управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екобезпеки

Ядром системи екологічної безпеки є **система державного управління**, яка має забезпечувати задовільний стан довкілля у звичайному режимі та його ефективний моніторинг. Її метою, з одного боку, є попередження негативного впливу на довкілля господарської діяльності відомств, підприємств, військових частин, окремих юридичних і фізичних осіб, а з другого – моніторинг за негативними тенденціями природних та техногенних змін довкілля та розвитком екологічних ситуацій. Крім того, суттєвим у такій системі є відпрацьовані і закріплені на законодавчому рівні фінансово-економічні механізми накопичення коштів як для забезпечення її функціонування, так і, насамперед, на попередження виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф та ліквідацію їх наслідків і екологічну реабілітацію територій.

Зважаючи на різні рівні негативних змін довкілля та екологічних катастроф, збалансована система державного управління у сфері екологічної безпеки повинна мати такі головні складові частини:

- регулювання природокористування і охорони довкілля, еколого-економічне нормування господарської діяльності;
- контроль за використанням природних ресурсів та додержанням екологічних вимог, нормативів і стандартів;
- моніторинг стану довкілля та прогноз розвитку його негативних змін;
- прогнозування, попередження та ліквідація надзвичайних ситуацій і катастроф;
- екологічна реабілітація ушкоджених територій.

Головним механізмом їх взаємозв'язку є економічний (через платежі за користування природними ресурсами, за їх імпорт і експорт (мити), штрафи, систему екологічного страхування тощо), за рахунок якого формуються відповідні статті держбюджету, місцевих бюджетів, позабюджетні і страхові екологічні фонди для цільового спрямування коштів на заходи і програми щодо попередження надзвичайних ситуацій і катастроф та реабілітації довкілля.

*Загальнодержавне управління та контроль при забезпеченні охорони довкілля, раціонального природокористування та екологічної безпеки мають здійснювати уповноважені органи виконавчої влади, за якими законодавчо закріплене державне управління у цій сфері – Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінприроди України) та Міністерство з питань надзвичайних ситуацій та ліквідації наслідків чорнобильської катастрофи.*

**Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінприроди України)** – спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади в галузі охорони навколишнього природного середовища. З часу проголошення незалежності України назва міністерства кілька разів змінювалася: 1991–1994 – Міністерство охорони навколишнього природного середовища України (Мінприроди), реорганізоване з Державного комітету УРСР з екології та раціонального природокористування; 1994–1999 – Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки (Мінекобезпеки); 1999–2003 – Міністерство екології та природних ресурсів (Мінекоресурсів); з вересня 2003 – Міністерство охорони навколишнього природного середовища України (Мінприроди), з 12.2010 – Міністерство екології та природних ресурсів. Першим Міністром був Ю.М. Щербак (1991-92), потім Ю.І. Костенко (1992-98), В.Я. Шевчук (1998-99 та 2002-03), І.О. Заєць (2000-01), С.І. Курикін (2001-02), С.В. Поляков (2003-05), П.М. Ігнатенко (2005-06), В.Г. Джарти (2006-07), Г.Г. Філіпчук (з 18 грудня 2007 року), М. В. Злочевський (з 07.2010) та Е.А. Ставицький (з 04.2012 року).

Положення про Мінприроди затверджене затверджено Указом Президента України від 13 квітня 2011 року № 452/2011.

Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінприроди України) є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України.

*Основні завдання Міністерства:* забезпечення реалізації державної політики, управління та регулювання діяльності у сфері охорони навколишнього природного середовища, невиснажливого використання, відтворення та охорони природних ресурсів (землі, надр, поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря, лісів, тваринного і рослинного світу) та природних ресурсів територіальних вод, континентального шельфу й виключної (морської) економічної зони України; поводження з відходами (крім поводження з радіоактивними відходами), небезпечними хімічними речовинами, пестицидами та агрохімікатами; екологічної та в межах своєї компетенції радіаційної безпеки; розвитку мінерально-сировинної бази, заповідної справи, формування, збереження та використання екомережі; геологічного вивчення надр, топографо-геодезичної та картографічної діяльності.

Міністерство здійснює державний контроль за додержанням вимог екологічного законодавства, державний геологічний контроль, державний геодезичний нагляд за топографо-геодезичною і картографічною діяльністю. Міністерство представлене системою територіальних органів в областях, містах Києві та Севастополі (держуправлінь), екологічними інспекціями, в тому числі морськими та на кордонах, держслужбами за окремими напрямками, інститутами, установами, підприємствами тощо, діяльність яких координується департаментами, управліннями, відділами центрального апарату Міністерства.

У системі Мінприроди організовано роботу колегій, науково-технічної ради та її секцій, тендерного комітету. Мінприроди забезпечує виконання управлінських, регулятивних, експертних, моніторингово-інформаційних та контрольних функцій, розвиток нормативно-правової бази, організацію міжнародної співпраці в сфері охорони навколишнього середовища. Базовим законом для цієї діяльності є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» 1991, політичними документами, які визначають орієнтири діяльності Міністерства – Конституція України та Основні напрями державної політики України у галузі довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки (1998).

Мінприроди розробило низку державних екологічних програм, організувало діяльність Державного фонду охорони навколишнього природного середовища, сформуло систему громадських рад (1996) та започаткувало створення Організації інформаційно-тренінгового центру (2004), провело п'яту Всеєвропейську конференцію міністрів навколишнього природного середовища «Довкілля для Європи» (Київ, 2003), ініціювало розроблення багатьох правових, нормативних та методичних документів.

Мінприроди відповідальне за виконання багатьох багато- та двосторонніх міжнародних правових документів, реалізацію програм дій уряду та нормативно-правових актів України в межах компетенції. Воно сприяє виходу в світ низки екологічних видань, відзначенню пам'ятних дат, проведенню освітніх і науково-практичних конференцій та заходів, співпрацює з відповідними міжнародними організаціями, комітетами ВР України, громадськими екологічними організаціями. У 2007 були затверджені Політичні пріоритети, стратегічні напрями і завдання Міністерства щодо реалізації державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, екологічної безпеки, топографо-геодезичної та картографічної діяльності. Зокрема, політичні пріоритети включають такі положення: утвердження екологічної політики як інтегрованого чинника соціально-економічного розвитку держави з метою переходу до екологічно збалансованого розвитку; формування і впровадження екологічно збалансованої системи природокористування, зміни нераціональних моделей виробництва і споживання, еколого-інноваційної модернізації економіки України; поліпшення екологічного стану річок, зокрема басейну Дніпра, та якості питної води; стабілізація і поліпшення екологічної ситуації в містах і промислових центрах Донецько-Придніпровського регіону; охорона і сталий розвиток Карпат; запобігання забрудненню Чорного та Азовського морів, поліпшення їх екологічного стану; збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, розвиток природно-заповідної справи; розширення і зміцнення мінерально-сировинного потенціалу держави, комплексного використання природних ресурсів; удосконалення системи задоволення потреб економіки, науки, освіти та оборони країни у геопросторовій інформації та картографічній продукції; реалізація заходів щодо зменшення негативного впливу глобальних екологічних проблем на стан екологічної безпеки країни, розширення участі України у міжнародному співробітництві; формування інформаційного простору щодо питань збереження довкілля, екополітики та сталого розвитку, сприяння впровадженню системи безперервної екологічної освіти, активне залучення громадськості до вирішення екологічних проблем.

*Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи* є постійно діючим органом, який координує діяльність цих двох міністерств та інших центральних і місцевих органів виконавчої влади, що пов'язана з безпекою та захистом населення і територій, реагуванням на надзвичайні ситуації природного і техногенного походження.

*Рада національної безпеки і оборони України* здійснює комплексну оцінку та прогноз потенційних і реальних загроз державі в економічному, суспільному, оборонному, інформаційному, ядерному, екологічному та

інших аспектах безпеки України. Вона, відповідно до покладених на неї завдань, координує і контролює діяльність *Комісії з питань ядерної політики та екологічної безпеки при Президентові України*. Остання є консультативно-дорадчим органом у сфері ядерної політики та екологічної безпеки.

Крім того, існує *Національна комісія з радіаційного захисту населення України* – постійно діючий вищий незалежний колегіальний науково-експертний дорадчо-консультативний орган з питань протирадіаційного захисту та радіаційної безпеки населення України, створений Верховною Радою України. Головною метою роботи є визначення загальних принципів протирадіаційного захисту життя і здоров'я людини від негативного впливу іонізуючих випромінювань.

Державне управління в галузі екологічної безпеки забезпечується перш за все діяльністю Мінприроди України, створення якого було першим кроком адміністративної реформи в цій сфері державного управління.

Певні функції державного регулювання мають обласні і міські державні адміністрації, ради народних депутатів всіх рівнів та інші органи державного управління.

Відповідно до існуючого процедурного досвіду основні нормативно-правові акти можна класифікувати відповідно до галузі застосування для природного, соціального та техногенного середовища. В зв'язку з цим вся існуюча нормативно-правова база може бути розподілена за цими напрямками.

### 13.5. Природні території та об'єкти, що підлягають особливій охороні

Природно-заповідний фонд України охороняється як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду рослинного і тваринного світу, підтримання загального екологічного балансу. За роки незалежності площа природно-заповідного фонду України зросла більш ніж удвічі. Сьогодні до його складу входять понад **7607** територій та об'єктів загальною площею **3,3 млн га**, що становить **5,4%** території держави. Це, зокрема, **19** природних та **4** біосферних заповідника, **38** національних природних парків, **55** регіональних ландшафтних парків, **3203** пам'яток природи, **2853** заказників, **635** ботанічних, зоологічних садів, дендропарків та парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, **800** заповідних урочищ.

Незважаючи на це, площа природно-заповідного фонду в Україні є недостатньою і залишається значно меншою, ніж у більшості країн Європи, де середній відсоток заповідності становить **15%**.

Значна різниця між фінансовими потребами ПТ та наявними коштами проявляється у виникненні постійних загроз для біорозмаїття глобального значення, яке знаходиться в українських ПТ. Насамперед, мова йде про руйнування і деградацію ареалів існування, а також надмірне проріджування видів. З метою зміцнення фінансової стійкості та інституційного потенціалу системи ПТ України впроваджується проект Проект Програми розвитку ООН в Україні та Глобального Екологічного Фонду «Зміцнення управління та фінансової стійкості національної системи природоохоронних територій в Україні».

З метою збереження унікальних і цінних типових природних комплексів, сприятливого навколишнього природного середовища, попередження та стабілізації негативних процесів і явищ в Україні прийнято програмні та правові акти щодо охорони природних територій та об'єктів. До них належать: Програма перспективного розвитку заповідної справи в Україні, затверджена Верховною Радою України 22 вересня 1994 року, Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки, затверджена Верховною Радою України 21 вересня 2001 року, Земельний кодекс України, Водний кодекс України, Лісовий кодекс України, закони України «про охорону навколишнього природного середовища», «Про природно-заповідний фонд», «Про курорти» тощо.

**Природно-заповідний фонд України** – сукупність ділянок суходолу і водного простору, виділених з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, тваринного і рослинного світу, підтримання загально-го екологічного балансу. Його функціонування регулюється Законом України «Про природно-заповідний фонд України». Включає території та об'єкти таких категорій: природний заповідник, біосферний заповідник, національний природний парк, регіональний ландшафтний парк, заказник, пам'ятка природи, заповідне урочище, ботанічний сад, дендрологічний парк, зоологічний парк, парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва.

**Природні заповідники** – вища категорія природоохоронних ділянок, де законом зберігається в незайманому стані весь природний комплекс, досліджується природний хід процесів та явищ, що відбуваються в них та розробляються наукові основи охорони природи.

**Біосферні заповідники** – екологічно репрезентативна ділянка, виділена з метою збереження різноманітності природно-територіальних комплексів та генетичних ресурсів рослинного і тваринного світу, проведення досліджень, моніторингу навколишнього середовища, природоохоронної освіти та підготовки кадрів. Концепція біосферних заповідників розроблена в рамках Програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» з метою формування міжнародної мережі територій, що підлягають особливій охороні, обміну інформацією щодо охорони природи та раціонального використання

екосистем, а також для забезпечення проведення моніторингу та можливості порівняння результатів досліджень аналогічних проблем і природних комплексів у різних регіонах світу. В Україні – це Карпатський, Чорноморський, Дунайський та Асканія-Нова. Біосферні заповідники є природоохоронними, науково-дослідними установами міжнародного значення, що створюються з метою збереження в природному стані найбільш типових природних комплексів біосфери, здійснення фонового екологічного моніторингу, вивчення навколишнього природного середовища, його змін під дією антропогенних факторів.

Біосферні заповідники створюються на базі природних заповідників, національних природних парків з включенням до їх складу територій та об'єктів природно-заповідного фонду інших категорій та інших земель і включаються в установленому порядку до Всесвітньої мережі біосферних резерватів у рамках програми ЮНЕСКО "Людина і біосфера".

Для біосферних заповідників установлюється диференційований режим охорони, відтворення та використання природних комплексів згідно з функціональним зонуванням:

заповідна зона - включає території, призначені для збереження і відновлення найбільш цінних природних та мінімально порушених антропогенними факторами природних комплексів, генофонду рослинного і тваринного світу; її режим визначається відповідно до вимог, встановлених для природних заповідників;

буферна зона - включає території, виділені з метою запобігання негативного впливу на заповідну зону господарської діяльності на прилеглих територіях; її режим визначається відповідно до вимог, встановлених для охоронних зон природних заповідників;

зона антропогенних ландшафтів - включає території традиційного землекористування, лісокористування, водокористування, місць поселення, рекреації та інших видів господарської діяльності, в ній забороняється мисливство.

У межах території біосферних заповідників можуть виділятися зони регульованого заповідного режиму, до складу яких включаються регіональні ландшафтні парки, заказники, заповідні урочища з додержанням вимог щодо їх охорони, встановлених цим Законом.

Зонування території біосферних заповідників проводиться відповідно до проекту організації території біосферного заповідника та охорони його природних комплексів.

Проекти організації території біосферних заповідників та охорони їх природних комплексів розробляються спеціалізованими проектними організаціями і затверджуються центральним органом виконавчої влади в галузі охорони навколишнього природного середовища.

Наукові дослідження, спостереження за станом навколишнього природного середовища та інша діяльність біосферних заповідників здійснюються з урахуванням міжнародних програм.

**Національні парки (національні природні парки)** – достатньо великі території, де охорона природи поєднується з рекреацією. Перший у світі національний парк – Єллоустонський – був створений у 1872 р. за рішенням конгресу США.

Територія національних парків складається з однієї або кількох екологічних систем чи природних ландшафтів високої естетичної цінності, мало або зовсім не змінених діяльністю людини, де охороняються рослини, тварини і ландшафти. Головне завдання національних парків – створення та підтримування природних екологічних, геоморфологічних і естетичних цінностей даної території. Рекреаційні заходи підпорядковані цій головній меті.

В Україні є дев'ять НПП.: Карпатський, Шацький, Азово-Сиваський, Вінницький, «Синевір», «Подільські Товтри», «Святі гори», Деснянсько-Старогутський, Яворівський.

**Регіональні ландшафтні парки** – природоохоронні, рекреаційні установи місцевого чи регіонального значення, що створюються з метою збереження в природному стані типових або унікальних природних комплексів та об'єктів, а також забезпечення умов для організованого відпочинку населення, зокрема РЛП «Гранітно-степове Побужжя» є одним з найбільш мальовничих куточків нашої країни

**Заказники** – ділянка, в межах якої (постійно чи тимчасово) заборонені окремі види і форми господарської діяльності з метою забезпечення охорони одного чи багатьох видів тварин, рослин, екосистем, одного чи кількох екологічних компонентів або загального характеру місцевості. Як правило, заказник не є основним землекористувачем охоронної території.

**Резервати** – природоохоронна територія або пам'ятник природи із заповідним або заказниковим режимом, де основним об'єктом охорони є один з елементів природоохоронного комплексу. Як правило, це невеликі урочища (гаї, озера, ділянки долини тощо) та окремі об'єкти (водоспади, печери, унікальні інші утвори тощо), запаси мисливсько-промислових птахів, звірів або риб, рідкісні види тварин, рослин тощо.

**Пам'ятки природи** – об'єкт природи, у т. ч. нерідко пов'язаний з певними історичними подіями чи особами, що виділяється як природна (особливо) охоронна територія невеликого розміру (геологічне оголення, дуже старе дерево, екзотична група рослин, джерело, скеля тощо) з їхнім безпосереднім оточенням.

**Заповідні урочища** – лісові, степові, болотні та інші відокремлені цілісні ландшафти, що мають важливе наукове, природоохоронне і естетичне значення з метою збереження їх у природному стані.



**Штучно створені об'єкти**, такі як:

**Ботанічні сади** – науково-дослідні природоохоронні установи, що створюються з метою збереження, вивчення, акліматизації, розмноження в спеціально створених умовах та ефективного господарського використання рідкісних і типових видів місцевої та світової флори шляхом створення, поповнення та збереження ботанічних колекцій, ведення наукової, навчальної та освітньої роботи.

**Дендрологічні парки** – науково-дослідні природоохоронні установи, що створюються з метою збереження і вивчення у спеціально створених умовах різноманітних видів дерев і чагарників та їх композицій для найбільш ефективного наукового, культурного, рекреаційного та іншого використання.

**Зоологічні парки** – природоохоронні культурно-освітні та науково-дослідні установи, що створюються з метою організації екологічної освітньо-виховної роботи, створення експозицій рідкісних, екзотичних та місцевих видів тварин, збереження їх генофонду. Вивчення дикої фауни і розробки наукових основ їх розведення у неволі.

**Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва** – природоохоронні рекреаційні установи, що створюються з метою охорони і використання найбільш визначних та цінних зразків паркового будівництва в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях.

Порядок організації, використання і охорони територій та об'єктів природно-заповідного фонду, додаткові їх категорії визначаються законодавством України та Автономної Республіки Крим.

**Курортні та лікувально-оздоровчі зони** – території, які мають виражені природні лікувальні фактори: мінеральні джерела, кліматичні та інші умови, сприятливі для лікування і оздоровлення людей. З метою захисту цих зон встановлюються округи їх санітарної охорони.

У межах курортних і лікувально-оздоровчих зон забороняється діяльність, яка суперечить їх цільовому призначенню або може негативно впливати на лікувальні якості та санітарний стан території, що підлягає особливій охороні.

**Рекреаційні зони** – ділянки суходолу та водного простору, призначені для організованого масового відпочинку населення і туризму. Такі зони повинні використовуватися лише за цільовим призначенням, тому на їх території забороняються:

Господарська та інша діяльність, що негативно впливає на навколишнє природне середовище або може перешкодити використанню їх за цільовим призначенням,

Зміни природного ландшафту та проведення інших дій, що суперечать використанню цих зон за прямим призначенням.

### 13.6. Роль Національної академії наук України в системі екобезпеки та у вирішенні екологічних проблем

Чільне місце в науково обґрунтованих заходах щодо гарантування екобезпеки та вирішення всього комплексу екологічних проблем належить НАН України. Зокрема в коло обов'язків Академіка-секретаря Відділення загальної біології НАН України входять: – Загальне керівництво в НАН України міждисциплінарними дослідженнями з сучасних напрямів біології, еко- та біобезпеки; – Координація діяльності установ НАН України з проблем наукового забезпечення діяльності аграрного сектору економіки України, а також охорони навколишнього середовища; – Відповідальність за організацію та координацію робіт у галузі заповідної справи, розширення та розвиток заповідних територій, збереження біорізноманіття в умовах сучасних екосистем і еколандшафтів; – Співробітництво установ відділення: з Міністерством аграрної політики України; з МОНмолодьспорту України; з Міністерством екології та природних ресурсів України; з Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи; з Державним комітетом лісового господарства України; з Державним комітетом природних ресурсів України; з Українською академією аграрних наук (УААН).

– Забезпечення організації виконання спільних робіт НАН України з названими міністерствами, комітетами та УААН.

#### *Контрольні запитання до розділу*

1. Які статті Конституції України торкаються проблем екобезпеки та збереження довкілля у належному стані?
2. Які основні функції покладено на Міністерство охорони навколишнього природного середовища України?
3. Як Національна Академія Наук України взаємодіє з Мінприроди та іншими структурами, відповідальними за збереження довкілля у належному стані?
4. Які установи здійснюють екологічний моніторинг в Україні?
5. Назвіть основні положення Закону України Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів.
6. Які Ви знаєте Міжнародні конвенції та угоди про природне, соціальне та техногенне середовище?
7. Які головні джерела кризового стану довкілля і екосистем в Україні?
8. Назвіть основні положення Закону України «Про екологічну мережу України» (див. «Додатки», с. 330-339).
9. "Загальнодержавні програми формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки".
10. Які види заносять до «Червоної книги»?
11. Чим відрізняються заповідники від заказників?

## КАЛЕНДАР ЕКОЛОГІЧНИХ ДАТ

(від лат. *calendae* – назва першого дня кожного місяця у Стародавньому Римі) – система лічення (в даному випадку) дат, які визначаються ООН, ЮНЕСКО, ЮНЕП та Україною і пов’язані з охороною навколишнього середовища, флори і фауни, безпекою життєдіяльності людини, захистом екологічних і соціальних прав людей тощо.

<b>Січень</b>	Всеукраїнська екологічна акція «Наша допомога птахам»
<b>Лютий-травень</b>	Щорічна Всеукраїнська екологічна акція з охорони ранньоквітучих рослин – «Первоцвіт»
<b>2 лютого</b>	Всесвітній День водно-болотних угідь
<b>19 лютого</b>	Всесвітній День захисту морських ссавців
<b>18 березня</b>	Початок декади ООН «Освіта для сталого розвитку»
<b>Протягом року</b>	Щорічна Всеукраїнська акція зі збереження природних водних джерел і річок – «До чистих джерел»
<b>23 березня</b>	Всесвітній Метеорологічний день
<b>Квітень</b>	Щорічна Всеукраїнська акція «Посади своє дерево»
<b>1 квітня</b>	Міжнародний День птахів
<b>7 квітня</b>	Всесвітній День здоров’я
<b>Третя субота квітня</b>	Всеукраїнський День довкілля
<b>18-22 квітня</b>	Дні заповідників та національних природних парків
<b>22 квітня</b>	Всесвітній День Землі
<b>26 квітня</b>	День пам’яті про Чорнобильську АЕС
<b>Травень</b>	Щорічна Всеукраїнська екологічна акція з охорони атмосфери від забруднення автотранспортом «Чисте повітря»
<b>3 травня</b>	День Сонця
<b>15 травня</b>	Міжнародний День клімату
<b>22 травня</b>	Міжнародний День біологічного різноманіття
<b>24 травня</b>	Європейський День парків
<b>5 червня</b>	Всесвітній День охорони навколишнього середовища
<b>8 червня</b>	Всесвітній День океанів
<b>17 червня</b>	Всесвітній День боротьби з опустелюванням і посухами
<b>6 серпня</b>	День дій проти ядерної зброї
<b>Вересень</b>	Всеукраїнська просвітницька акція «Урок екологічних знань»
<b>Вересень</b>	Всесвітня екологічна акція «Приберемо планету від сміття»
<b>15 вересня</b>	День Миру
<b>16 вересня</b>	Міжнародний День охорони озонного шару
<b>27 вересня</b>	Всесвітній День туризму, День туризму (Україна)
<b>29 вересня</b>	Всесвітній День моря
<b>4 жовтня</b>	Міжнародний День захисту тварин
<b>6 жовтня</b>	Всесвітній День охорони середовища існування
<b>12 жовтня</b>	Міжнародний День захисту від стихійних лих
<b>31 жовтня</b>	Міжнародний День Чорного моря
<b>29 грудня</b>	День біологічного різноманіття
<b>1–31 грудня</b>	Щорічна Всеукраїнська акція зі збереження хвойних дерев від незаконного вирубування «Збережи ялинку», «Замість ялинки – зимовий букет»

## ПЕРСОНАЛІЇ

**Аболін Роберт Іванович** (18.05.1886, Ліфляндська губернія, Ризький повіт – 27.01.1939, Ленінград) – відомий геоботанік, болотознавець. Працював у Середньоазійському державному університеті, Всесоюзному інституті рослинництва, Грунтовому інституті АН СРСР, Ленінградському інституті геоботаніки. Дослідник Якутії і Середньої Азії, Дагестану, Забайкалля тощо. Вважав, що поверхнева оболонка Землі, названа ним “епігеомою” (що відповідає сучасному поняттю “екосфера”) складається з окремих ділянок, які він назвав “епіморфами” (відповідають поняттю “біогеоценоз”). Одним з перших (1914) теоретично обґрунтував необхідність дослідження малих природно-територіальних комплексів. Запропонував свою таксономічну систему географічних одиниць. На прикладі Середньої Азії досліджував питання природно-географічного районування і освоєння пустель, досліджував висотну поясність. 18 грудня 1937 року заарештований, 17 січня 1938 року Комісією НКВС і Прокуратури СРСР за статтями 17–58–8, 58–7–11 КК РРФСР засуджений до вищої міри покарання. 27 січня 1938 року розстріляний в Ленінграді. **Головні праці:** *«Опыт эпигеологической классификации болот»* (1914); *«Геоботаническое и почвенное описание Лено-Виллойской равнины»* (1929); *«От пустынных степей Прибалхашья до снежных вершин Хантенгри»* (ч. 1, 1930).

**Беклемішев Володимир Миколайович** (Владимир Николаевич Бек-



лемишев, 22.09 (4.10).1890- 4.09.1962, Москва) народився в м. Гродно у родині лікаря. В 1913 р. закінчив Імператорський Санкт-Петербурзький університет, спеціалізувався по зоології безхребетних під керівництвом професорів В.Т. Шевякова, В.А. Догеля, В.М. Шимкевича. Після закінчення університету був залишений «для підготовки до професорського звання». З 1918 р. працював у Пермському університеті, в 1932 переїхав до Москви, де протягом 30 років був завідувачем відділу Інституту медичної паразитології і тропічної медицини ім. Є.І. Марциновського. З 1934 р. був професором кафедри зоології і порівняльної анатомії Московського державного університету, де читав курс порівняльної анатомії безхребетних. Академік АМН СРСР (1945) і Польської АН (1949). Провів класичні дослідження біології марярійного комаря та інших кровосисних членистоногих. Під його керівництвом розроблена система заходів, в результаті яких в СРСР була практично повністю ліквідована малярія. Він створив низку оригінальних концепцій в біоценології та загальній паразитології. В.М. Беклемішев був людиною високої культури, в оригіналі читав античних авторів і поетів відродження, був глибоко обізнаним в образотворчому мистецтві, архітектурі, історії й філософії. В

часи «справи лікарів» в 1953 р. був одним з небагатьох діячів АМН, хто надавав моральну і матеріальну підтримку сім'ям безвинно заарештованих.  
**Основні праці:** Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. 1-е изд.: 1944, 2-е изд.: 1950, 3-е изд. (в 2-х т.): 1964; Медицинская энтомология. 1949; Биогеоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука. 1976. 502 с.; Методология систематики. М.: КМК Scientific Press Ltd. 1994. 250 с.; Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1960. Вып. 6. С. 752-753.



**Бекон Френсіс** (*Francis Bacon*, 22.01.1561– 09.04.1626) – англійський філософ, історик, політичний діяч, фундатор емпіризму. В 1584 р. його було обрано до парламенту. З 1617 р. – лорд-хранитель печатки, потім – лорд-канцлер; барон Веруламський і віконт Сент-Олбанський. В 1591р. його притягли до суду за звинуваченням у хабарництві, засуджений і звільнений з усіх посад. У подальшому його було помилувано королем, проте він вже не повернувся на державну службу і решту життя присвятив науковій та літературній діяльності. Його праці заклали основу індуктивної методології наукового дослідження, у подальшому названої *методом Бекона*. Свій підхід до проблем науки Бекон виклав у трактаті «Новий органон» (1620). У цьому трактаті він проголосив метою науки збільшення влади людини над природою. Індукція отримує знання з оточуючого світу через експеримент, спостереження і перевірку гіпотез. У контексті свого часу такі методи використовувалися алхіміками. В цілому велике досягнення науки Ф. Бекон вважав очевидним і виразив його у своєму знаменитому афоризмі «Знання – сила». Водночас Бекон вказував на плачевний стан науки. В своїй теорії пізнання Бекон послідовно дотримувався думки про те, що істинне знання випливає з досвіду. Бекон був не лише основоположником, але й самим послідовним емпіриком. Йому ж належить вислів: «Повелівати природою можна лише покорючись її законам».



**Берталанфі Карл Людвіг фон** (англ. *Ludwig von Bertalanffy*; 19.09.1901, Ацгерсдорф –12.06.1972, Нью-Йорк) австрійський біолог. В 1934–48 доцент, потім професор Віденського університету, в 1949–61 працював у різних університетах США і Канади, з 1961 – професор теоретичної біології університету Альберта (Канада). Першозасновник узагальної системної концепції «Загальна теорія систем». Дослідник ізоморфізму в різних галузях науки. Сам фон Берталанфі описує походження загальної теорії систем як результат конфлікту між механіцизмом і віталізмом. Обидві точки зору були для нього несприйнятливими. «За цих умов я був вимушений стати за-

хисником так званої організмичної точки зору. Суть цієї концепції можна виразити наступним чином: організми суть організовані явища і ми, біологи, мусимо проаналізувати їх у цьому аспекті. ...Одним із результатів, отриманих мною, виявилась так звана теорія відкритих систем і станів рухливої рівноваги, яка по суті є розширенням звичайної фізичної хімії, кінетики і термодинаміки. Виявилось, однак, що я не зміг зупинитися на раз обраному шляху і був змушений прийти до ще більшої генералізації, яку я назвав загальною теорією систем. Ця ідея зводиться до досить давнього часу – я висунув її уперше в 1937 році на семінарі з філософії, що проходив у Чиказькому університеті. Проте в той час теоретичне знання як таке користувалося поганою репутацією в біології і я боявся того, що математик Гаусс одного разу називав «крикливістю». Тому я сховав свої записи в шухляді столу і лише після війни уперше з'явилися мої публікації з цієї теми». Берталанфі – один з організаторів «Товариства з досліджень в галузі загальної теорії систем» (1954) і його щорічника «*General Systems*». Публ.: *Theoretische Biologie, Bd 1-2, B., 1932-42*; *Das biologische Weltbild, Bern, 1949*; *Problems of life, L., 1952*; 1962. L. von Bertalanffy, *General System Theory – A Critical Review, «General Systems», vol. VII, 1962, p. 1–20.*

**Браун Карл Фердинанд** (*Karl Ferdinand Braun*, 6.06.1850, Фульда –



20.04.1918, Нью-Йорк) німецький фізик, лауреат Нобелівської премії з фізики в 1909 р. (разом з Гуїлельмо Марконі «за видатний внесок у розвиток бездротової телеграфії»). Винахідник кінескопа. Народився в сім'ї гессенського чиновника. Відвідував гімназію в м. Фульда. В 1868 р. вступив до Марбурзького університету, де вивчав фізику, хімію і математику. В 1877 р. Браун стає професором теоретичної фізики Марбурзького університету. В 1880 р. він переїздить до Стасбургу і стає професором фізики в університеті Карлсруе. В 1887 р. він переїздить до

університету ім. Ебернарда Карла в Тюбінгені, де бере активну участь в заснуванні і будівництві фізичного інституту. В 1895 р. він стає директором інституту і професором Страсбурського університету. В 1887 р. незалежно від Ле Шательє сформулював принцип динамічної рівноваги, який наразі носить ім'я принципу Ле Шательє–Брауна. Помер внаслідок нещасного випадку.

**Вармінг Йоханнес Еугеніус (Юджин)** (*Johannes Eugenius Bülow Warming*, 3.11.1841–2.04.1924) – данський ботанік, еколог, альголог, міколог і мікробіолог, і фундатор наукової дисципліни екології. Написав перший підручник з екології рослин (1895), читав перший університетський курс з екології, розробив її концепцію. Написав кілька підручників з бота-

ніки, географії рослин і екології, які були перекладені на низку мов і мали значний вплив як. Вважав, що об'єктами ботаніко-екологічного дослідження мають бути життєві форми, угруповання і класи угруповань. Угруповання – основний підрозділ, що характеризується трьома рисами: певною фізіономією, певною екологією і певним набором життєвих форм. Написав багато праць з ботаніки, біогеографії, екології, морфології, історії розвитку і систематики рослин. В 1859 р. почав вивчати природознавство в Копенгагенському університеті, проте залишив його на три з половиною роки (1863–1866), щоб працювати помічником данського палеонтолога і зоолога Петера Вільгельма Лунда, який жив у тропічних лісах Бразилії.

Після повернення в Європу рік вивчав ботаніку в Мюнхенському університеті, а в 1871 р. – мікробіологію в Бонському університеті. В тому ж році захистив докторську дисертацію в Копенгагені. З цього часу стає доцентом ботаніки в університеті, а також в політехнічному і фармацевтичному коледжі (1873–1882). З 1882 по 1886 Вармінг – професор ботаніки Стокгольмської вищої школи (згодом перейменованої на Стокгольмський університет). Брав участь у багатьох експедиціях. З 1885 р. – професор ботаніки Копенгагенського університету і директор ботанічного саду в Копенгагені (до 1911). З 1878 – член Данської Королівської Академії наук. Був президентом Міжнародної асоціації ботаніків (1913); лицарем данського Ордену Даннеброга I ступеня, англійського Королівського Ордену Вікторії і бразильського Імперського Ордену Троянди.



**Вернадський Володимир Іванович** (28.02.1863–06.01.1945) – відомий російський геохімік, фундатор вчення про біосферу та ноосферу.



Народився 28 лютого 1863 року в сім'ї професора економіки й історії Київського і Московського університетів, видавця журналу «Экономический указатель»; мати – дочка генерала. В 1905 р. учасник установчого з'їзду Конституційно-демократичної партії, на якому був обраний членом ЦК і в подальшому працював у різних її комісіях. 3 травня 1918 року працював у Києві над створенням Всеукраїнської Академії наук та в галузі освіти. 27 жовтня цього ж року на першому засіданні Української Академії наук обраний її президентом. У березні 1921 року переїздить до Москви, однак вже у квітні повертається до Петрограду в свою квартиру. В 1926 р. у монографії «*Биосфера*» викладено вчення про біосферу, встановлено функції живої речовини, її геохімічну роль та значення у формуванні сучасного вигляду нашої планети. Створив нову науку – біогеохімію. В кінці 1944 р.

стався крововилив у головний мозок, і 6 січня 1945 р. він помер. Похований на Новодев'ячьем цвинтарі в Москві.

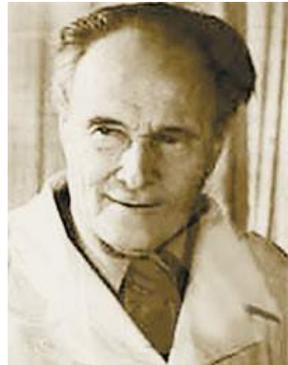
**Віттекер Роберт Хардінг** (*Robert Harding Whittaker*, 1920–1981), професор університету в Ітаці (США) – один із визначних екологів нашого часу. Загальновідомі його праці з класифікації рослинності й екосистем (1962, 1967, 1973), концепції клімаксу та динаміки екосистем (1951, 1953, 1974), з алелохімічних взаємодій (1970, 1971), про співвідношення екологічних ніш, екотопу і місць мешкання (1973), оцінці первинної продукції біосфери (1973), популяційній демографії (1979), проблемам видового різноманіття (1977) тощо. Індекс цитованості (SCI) Р. Віттекера найвищий серед фітоценологів (Розенберг, 1989) і один з найвищих серед екологів у цілому. Узагальнююча його наукові уявлення монографія “*Угруповання і екосистеми*”, яка вийшла 2-им виданням у 1975 р. (рос. перекл. 1980 р.).

**Вольтерра Віто** (*Volterra Vito*) (1860–1940) – італійський математик, автор загальновідомої класичної математичної моделі конкуренції та хижацтва («*Математична теорія боротьби за існування*», 1926).



Обраний членом-кореспондентом Петербурзької Академії наук з 1909 р., а з 1926 р. – почесним членом АН СРСР. Він був наймолодшим сенатором Італійського королівства, борцем з фашизмом та єдиним із сенаторів, хто голосував проти передачі всієї повноти влади Муссоліні.

**Гаузе Георгій Францевич** (1910–1986) – його праці, присвячені боротьбі за існування, є одними з найпопулярніших екологічних праць у світі. Автор закону конкурентного виключення (1934). В 1931 р. блискуче закінчив Московський університет, і був залишений в ньому для роботи. Через професора МДУ В.В. Алпатова, який певний час працював в Балтіморі (США) разом з А. Лоткою, Г.Ф. Гаузе дізнається про теоретичні моделі конкуренції останнього і робить спробу перевірити результати моделювання в експериментах на культурах найпростіших, бактеріях і дріжджах.



Отримані результати не були легкими для інтерпретації, проте Г.Ф. Гаузе доходить висновку, що теоретичні побудови В. Вольтерра і А. Лотки можуть “претендувати” на роль фундаментального екологічного принципу (Гиляров, 1998). В 1932 р. Г.Ф. Гаузе опубліковує результати своїх досліджень в журналі «*Quart. Rev. Biol.*», а в 1934 р. видає в Балтіморі невелику (160 стор.) монографію “*Боротьба за існування*” і



публікує статтю в журналі «*Science*». Ці праці відразу зробили його одним з найвідоміших екологів світу. Щоправда, універсальність його закону неодноразово ставилася під сумнів. Зокрема, Ю. Одум (1975) відмічає, що "...правило Гаузе (два види не можуть одночасно займати одну й ту ж нішу), ймовірно, справедливе як для лабораторних, так і для природних популяцій, хоч основні докази останнього і були отримані лише при випадкових спостереженнях. У природі близькоспоріднені види, чи види, які мають схожі потреби, зазвичай або мешкають в різних географічних зонах, або уникають конкуренції одне з одним якимось іншим чином, наприклад, завдяки відмінностям у добовій чи сезонній активності чи відмінностям у їжі".

З 1940 р. Г.Ф. Гаузе працює, а потім очолює Інститут з розробки нових антибіотиків АМН СРСР. В 1942 р. разом зі своєю дружиною М.Г. Бражніковою він отримує з особливого штаму ґрунтових бактерій (*Bac. brevis var G.-B.*) антибіотик граміцидин «С»; за цю роботу йому присуджується Сталінська премія 1946 р., він обирається академіком АМН СРСР... і вже ніколи не повертається до екологічних проблем, назавжди вписавши своє ім'я в історію екологічної науки.

**Геккель Ернст** (*Ernst Heinrich Philipp August Haeckel*, 16.02.1834, Потсдам – 9.08.1919, Єна) всесвітньо відомий німецький біолог, запровадив у науку термін "екологія" (у праці "Загальна морфологія організмів", 1866).



Молодий професор Єнського університету Ернст Геккель в 1860 р. познайомився з "Походженням видів" Ч. Дарвіна і ця книга, за словами самого Геккеля, відразу захопила його. А вже через шість років він видає найважливішу працю свого життя «Загальна морфологія організмів. Загальні основи науки про органічні форми». Саме в цій праці, присвяченій не стільки морфології, скільки проблемам загальної біології, Е. Геккель запровадив у науковий вжиток термін «екологія».

Пізніше він неодноразово звертався до нього – назвемо лише широко відому його актову промову "Про шляхи розвитку і задачі зоології", виголошену на філософському факультеті Єнського університету в 1869 р. (цитату з цієї праці див. в розд. 1; навіть Ю. Одум помиляється на три роки, вважаючи першу появу поняття «екологія» саме у цій праці Геккеля; Одум, 1986, т. 1), і монографію "Антропология" (1874), вважаючи цариною екології "...всі заплутані взаємовідносини тварин і рослин одне з одним і з середовищем... а особливо – цікаві явища паразитизму, сімейного життя, піклування про нащадків, суспільного життя тощо". Ще одна цитата дозволяє порівняти уявлення про екологію Е. Геккеля і К.Ф. Рулье: "...Що стосується природи умов існування, то вона для кожного окремого виду вкрай складна, в більшості випадків нам далека або абсолютно невідома. Вище, говорячи про

умови існування середовища, ми брали до уваги переважно неорганічні – вплив світла, тепла, вологи, неорганічної їжі тощо. Однак значно важливіше їх і більш впливові для виникнення і пристосування видів органічні фактори, тобто *взаємодія всіх організмів між собою*” (Haeckel, 1866).

Внесок Е. Геккеля в екологію не обмежується лише запровадженням самого поняття «екологія». Він одним із перших описав і впритул наблизився до важливих теоретичних узагальнень, зокрема до поняття екологічної ніші “...для кожного окремого виду в економії природи є певна кількість місць” (Haeckel, 1866) і консорції (1908), дав чудовий приклад трофічної піраміди (пальми–комахи–комахоїдні птахи–хижі птахи–кліщі–паразитичні гриби; Геккель, 1908), запровадив термін «бентос». Поняття «екологія» не відразу ввійшло в науковий лексикон, що обумовлено важким сприйняттям тексту «Загальної морфології організмів». Популярне викладення тих же ідей в книзі “Природна історія творення світу” (1868) було зустрінuto читачами з захопленням (Новиков, 1980).

**Гіляров Алексій Меркурєвсьч** – професор Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова, завідувач кафедри загальної екології (його батько – Меркурій Сергійович Гіляров – академік АН СРСР, видатний ентомолог, засновник ґрунтової зоології). Працює над з’ясуванням закономірностей динаміки чисельності прісноводних планктонних ракоподібних, розробляє теоретичні питання екології, головним чином, популяційної. Автор “*Популяционной экологии*», «*Динамики численности пресноводных планктонных ракообразных*» та ін.

**Грайм Дж. (Grime)** розробив класифікацію життєвих стратегій у рослин – конкуренти, стрес-толеранти, рудерали, яка дуже схожа на аналогічну систему Раменського, проте ця концепція набула широкого визнання саме після публікацій Дж. Грайма «*Стратегія рослин і процеси в рослинності*» (1979).

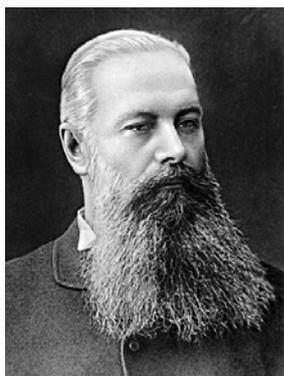
**Гумбольдт Александр Фрідріх Вільгельм фон (Humboldt A., 1769–**



1859) славетний німецький натураліст, фітогеограф, один з найвидатніших за всю історію учений-мандрівник. Під час мандрів А. Гумбольдт звернув увагу на ту обставину, що рослини мають тенденцію зустрічатися у складі певних угруповань. І якщо клімат, ґрунт і біологічні взаємодії схожі, виникають і схожі угруповання рослин. Він також відкрив взаємозв’язок між широтою і висотою над рівнем моря, показавши, що під’юм в гори в тропіках аналогічно мандрівці на північ (або на південь) від екватору. Одним з перших дійшов висновку про необ-

хідність синтезу наук при дослідженні природного комплексу, що включає живі й абіотичні елементи, пропагував ідею цілісного вивчення природи.

**Даль Карл Фрідріх Теодор** (*Dahl Karl Friedrich Theodor*, 1856–1929) – німецький зоолог, планктонолог і фахівець з хеліцерових, учень Карла Мьобіуса, асистент професора в Кільському університеті і куратор Зоологічного музею Берлінського університету. Автор однієї з кращих книг із зоогеографії (*Dahl*, 1921–1923). Сприяв уніфікації екологічної та біогеографічної термінології. Автор терміну «біотоп» (*Dahl*, 1908) як найменшого гомогенного ансамблю фізико-географічного середовища, субстату біоценозу.



**Докучаєв Василь Васильович** (1846–1903) Відомий російський природодослідник, фундатор наукового ґрунтознавства. Народився 1 березня 1846 р. в с. Мілюково Смоленської губернії, в сім'ї сільського священика. Як і заведено, пішов слідом свого батька – духовне училище, семінарія, академія; проте в перший рік навчання в Петербурзькій духовній академії він її кидає і вступає на фізико-математичний факультет природничого відділення Петербурзького університету. Слухає лекції Д.І. Менделєєва, А.М. Бутлерова, А.Н. Бекетова, П.Л. Чебишева та інших видатних російських вчених. Науковий інтерес В.В. Докучаєва зосередився на дослідженні ґрунтового покриву Європейської Росії, зокрема чорнозему. В 1883 р. виходить у світ монографія “*Російський чорнозем*”. В.В. Докучаєв вважає, що чорнозем “...для Росії дорожче за всяку нафту, всякого кам'яного вугілля, дорожче золотих і залізних руд; в ньому – віковичне, невичерпне російське багатство!” (Докучаєв, 1954). Воістину, “що маємо - не бережемо, втративши - плачемо”... У 1892 р. виходить ще одна важлива книга – “*Наши степи прежде и теперь*” (цікавий і підзаголовок – “Издание в пользу пострадавших от неурожая”). У цій праці “озвучено” дуже важливе теоретичне досягнення В.В. Докучаєва – “...розуміння ним ландшафту як динамічної системи природних тіл і процесів”. Експедиційними дослідженнями протягом всієї його активної наукової діяльності були охоплені північна границя чорноземної полоси, чорноземи України, Молдови, Центральної Росії, Заволж'я, Криму, північні схили Кавказу. В 1899 р. виходить ще одна невелика, проте етапна робота – “*К учению о почвенных зонах. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны*”. Фактично, це була його остання робота – в 1900 р. він хворим повертається з поїздки до Тифлісу (Тбілісі) і потрапляє в лікарню (останні три роки він перебуває у стані важкої психічної депресії). Його учень В.І. Вернадський писав: “Це був російський самородок, який йшов своїм шляхом, цілком склався в Росії” (1922).

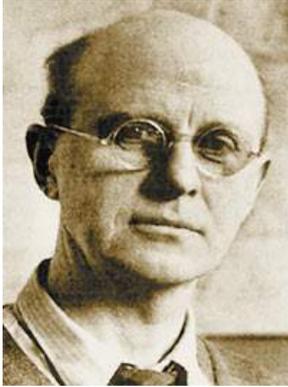
**Зюсс Едвард** (*Suess E.*) (20.08.1831, Лондон –26.04.1914, Відень) австрійський геолог.



У 1852 р. закінчив Віденський політехнікум, з 1857 по 1901 – професор геології Віденського університету. В 1898-1911 – президент Віденської АН. З 1873 був членом рейхстагу. Досліджував геологічну будову і тектоніку Альп, Ломбардської западини, Апеннін. У своїй праці “*Походження Альп*” (1875) запропонував поняття “біосфера”. В цій книзі розвивав погляди про утворення гір на основі контракційної гіпотези, яка пояснює тектонічні процеси і виникнення складчастості охолодженням і сти-

сканням Землі. Основна наукова праця – «Лик Землі» (Т.1-3, 1883-1909), в якій дано зведення всіх регіональних досліджень, проведених до початку 20 ст. в різних країнах, та узагальнені уявлення про будову і розвиток земної кори в її континентальних частинах на основі контракційної гіпотези. Ця праця спричинила великий вплив на розвиток різних галузей теоретичної геології.

**Елтон Чарльз Сазерленд** (*Elton Charles Sutherland*, 1900–1991) – відомий американський зоолог і еколог, одна з найвідоміших його праць – “*Екологія тварин*” (1927).



Ч.С. Елтон одним з перших надав ніші сенсу “функціонального статусу виду в угрупованні”, розвиваючи уявлення Ч. Дарвіна про спосіб життя виду, ролі, “професії” і його місці в економіці природи. Так, за Елтоном, під нішею тварини розуміють спосіб життя і зокрема спосіб харчування в тому ж розумінні, в якому говорять про професію в людському суспільстві. При цьому підкреслюється, що ідея ніші має суто екологічний, а не таксономічний характер.

**Клементс Фредерік Е.** (*Frederic E. Clements*, 1874–1945) – американський еколог, багато років був лідером не лише американської геоботаніки і екології, але й справляв величезний вплив на дослідження в Канаді, Англії, Австралії, Індії і Європі. Наріжним каменем теоретичних побудов Ф. Клементса було вчення про угруповання як організм: “Одиниця рослинності – клімакс-формація... Формація зароджується, росте, дозріває і вмирає як організм... Далі, кожна клімакс-формація здатна знову самозароджуватися, повторюючи точно в більш важливих рисах етапи свого розвитку... Клімакс-формація – дорослий організм... Сукцесія – процес репродукування формації...” (*Clements*, 1916). Ф. Кле-



ментс

ментс запровадив у екологію і фітоценологію сотні нових термінів, багато з яких виявилися корисними і впевнено увійшли в екологічну науку (серійне угруповання, біом).

**Лавуазьє Антуан Лоран** (*Antoine L. Lavoisier*, 26.08.1743–08.05.1794)



– один із фундаторів хімії і еколог. У 1792 р. А. Лавуазьє підготував доповідь Французькій Академії наук (дійсним членом якої він став у 1772 р.) працю під назвою “Колообіг елементів на поверхні земної кулі”. Це була суто екологічна праця. “Рослини отримують з оточуючого їх повітря, з води і з усієї неживої природи в цілому речовини, необхідні для їхнього організму. Тварини живляться або рослинами, або іншими тваринами, так що в решті решт речовини, з яких будується їхній організм, беруться з повітря або з мінерального царства. Нарешті, бро-

діння, гниття і згорання безперервно повертають до повітря атмосфери і в мінеральне царство ті вихідні речовини, які у них запозичили рослини чи тварини. Якими шляхами здійснює природа цей дивовижний колообіг речовин між трьома своїми царствами? “Оскільки згорання і гниття суть засоби, які природа використовує для того, щоб повернути в мінеральне царство ті матеріали, які вона з нього вилучила для створення рослин і тварин, то розвиток рослин і тварин має являти собою явища, зворотні згоранню і гниттю...”.

Через 70 років великий природодослідник Франції Луї Пастер (*L. Pasteur*) в Доповіді міністру освіти про успіхи хімічних і біологічних наук “Роль бродіння в природі” високо оцінив доповідь А. Лавуазьє, відзначив його пріоритет у розбитті “...на три складових елемента, до яких зводиться проблема безперервності життя на поверхні Землі (продуценти, консументи і редуценти)”. І хто знає, якби не гільйотина Великої французької революції (А. Лавуазьє за рішенням революційного трибуналу був гільйотований 8 травня 1794 р.), ми вели б відлік другого етапу розвитку екології з праць А. Лавуазьє, а не Е. Геккеля...

**Ламарк Жан Батіст П'єр Антуан де Моне Шевальє** (*Jean-Baptiste*



*Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck*; 1744–1829) – славетний французький природодослідник. Одна з найвідоміших його праць – “Філософія зоології” (1809), в якій викладено теорію еволюційного розвитку тваринного світу. Запровадив терміни “безхребетні”, “біологія”. Ж.Б. Ламарк у 1802 році у своїй книзі “Гідрогеологія” писав “Який вплив живих тіл на речовини, які знаходяться на поверхні земної кулі та які становлять її кору, й які загальні ре-

зультати цього впливу...” Всі мінерали зовнішньої кори Землі, і складені з них низовини, горби, долини і гори є виключно продуктами тварин і рослин, котрі існували на цих ділянках поверхні земної кулі”. Згодом В.І. Вернадський відмічав, що у розумінні Ламарка жива речовина є створювачем головних гірських порід нашої планети й тим самим французький учений “дав яскраве уявлення про значення біосфери в історії нашої планети”.

**Левенгук Антон Ван** (*Antoni van Leeuwenhoek*, 1632 – 1723) – голландський натураліст, який значно вдосконалив мікроскоп, основоположник наукової мікроскопії, член Лондонського Королівського суспільства (з 1680 року), вперше в історії за допомогою свого мікроскопу спостерігав мікроскопічну структуру різних форм живих організмів.



Зустрічаються різні варіанти написання імені ученого – *Антон*, *Антоні*, *Антоній* і *Антоніус*. Антоні ван Левенгук народився 24 жовтня 1632 року в Делфті, в сім'ї майстра-кошикаря Філіпса Тонісзона. Антоні узяв собі прізвище Левенгук по назві сусідніх з його будинком Левових воріт (*Leeuwenpoort*).

Сполучення «гук» в його псевдонимі означає «куточок» (*hoek*). Батько помер, коли Антону було шість років. Мати направила хлопчика вчитися в гімназію в передмісті Лейдену. Дядько майбутнього натураліста навчив його основам математики і фізики. У 1648 році Антон поїхав до Амстердама вчитися на бухгалтера, але замість навчання влаштувався на роботу в галантерейну лавку. У 1654 році він повернувся в рідний Делфт, де потім жив до самої смерті. Купивши лавку, він зайнявся торгівлею. За свідченням сучасників, Левенгук дружив з художником Вермером, а після його смерті став його душоприказником. Оволодівши ремеслом шліфувальника скла, Левенгук став відомим майстром і успішним виготівником лінз. Усього за своє життя він виготовив близько 250 лінз. Встановлюючи свої лінзи в металеві оправы, він створив мікроскоп, досягши 300-кратного збільшення, і з його допомогою проводив передові на ті часи дослідження. Серед іншого Левенгук першим відкрив кров'яні тільця, описав бактерії, найпростіші, сперматозоїди, будову очей комах і м'язових волокон, знайшов і описав багато інфузорій, гідр тощо. Левенгук помер 26 серпня 1723 року в Делфті. **Роботи Левенгука:** «*Sendbrieven ontleedingen en ontkellingen etc*» (1685-1718, нідерландською мовою); «*Opera omnia s. arcana naturae*» (1722, латинською мовою).

**Ле Шательє Анрі Луї** (*Le Chatelier*, 8.09.1850-17.09.1936) – французький фізик і хімік Анрі Луї Ле Шательє народився в Парижі. Його батько, гірський інженер, який брав участь у будівництві французьких залізниць, залізниць, з раннього віку прищеплював сину любов до наук. Ле Шательє навчався в коледжі Роллан у Парижі, Політехнічній школі і Вищій гірській

школі. Одночасно він працював у лабораторії А. Сент-Клер Девіля і слухав лекції в Колеж де Франс. Крім природничих наук Ле Шательє з захопленням займався питаннями релігії і древніми мовами.



Після закінчення вірської школи працював гірським інженером в Алжирі і Безансоні. З 1877 по 1919 р. Ле Шательє був професором Паризької Вищої гірської школи, де викладав загальну і технічну хімію. Він був також професором кафедри загальної хімії в Колеж де Франс (1898-1907), а з 1907 по 1925 р. – професором Паризького університету. В 1907 р. його було обрано членом Паризької академії наук. Більшість праць Ле

Шательє присвячі практичним проблемам. Він був одним із перших хіміків, які систематично проводили фундаментальні дослідження металургійних і хіміко-технологічних процесів. У 1884 р. Ле Шательє сформулював принцип динамічної рівноваги, який наразі носить його ім'я (незалежно від Ле Шательє цей принцип був сформульований в 1887 р. Карлом Фердинандом Брауном. Згідно з цим принципом, система, яка знаходиться у стані стійкої хімічної рівноваги, при зовнішньому впливі (зміні температури, тиску, концентрації реагентів тощо) прагне повернутися до стану рівноваги, компенсуючи спричинений вплив.

**Лібих Юстус Йоганн фон** (*Justus Liebig*, 12.05.1803–18.04.1873) – видатний німецький агрохімік, який започаткував



основи агрохімії і теорії мінерального живлення рослин. Одержав блискучу освіту в Бонському і Ерлангенському університетах, а також під керівництвом Ж.Л. Гей-Люссака в Сорбоні. З 1824 р. (у віці 21 рік) почав викладати в Гісенському, а потім і в Мюнхенському університетах. У 1825 р. у Гісені він організував одну з кращих у Європі аналітичну лабораторію, з 1830 р. він іноземний член-

кореспондент Петербурзької Академії наук. Коло наукових інтересів Ю. Лібиха надзвичайно широке, проте головним чином – це органічна хімія. Відкрив (1823) ізометрію, один з творців теорії радикалів, автор хімічної теорії бродіння і гниття. Він став одним з основоположників агрохімії і саме через неї впритул підійшов до екології. В 1840 р. сформулював закон мінімуму. У подальшому цей закон став застосовуватися для будь-яких екологічних факторів – У. Тейлор (*Taylor*, 1934) включив у закон, крім поживних речовин, температуру, час тощо. В. Тишлер сформулював цей закон у такому вигляді: “Склад біоценозу з видів і числа особин визначається тим фактором, який там знаходиться у песимумі” (*Tischler*, 1949).

**Ліндемман Раймонд Лаурел** (*Lindemann R.L.*, 1915–1942) – славетний



американський еколог, гідробіолог, автор закону 10-ти відсотків (закону Ліндемманна). В 1942 р. на шпальтах журналу "*Ecology*" з'явилася стаття молодого американського дослідника Р. Ліндемманна "Трофодинамічний аспект екології", яка стала надзвичайно популярною. В цій праці екосистема визначається як "сукупність фізико-хіміко-біологічних процесів, що протікають в будь-яких масштабах простору-часу". Зараз очевидно, що це визначення обігнало свій час. Цікаво, що публікація статті Ліндемманна йшла сутужно – два рецензенти (досить відомі на той час фахівці) дали негативні відгуки на рукопис,

підкресливши, що лімнологія потребує не спекулятивних ідей, а конкретних фактів. І врешті-решт робота була опублікована завдяки настирливості вчителя Ліндемманна – молодого відомого професора Дж. Евеліна Хатчінсона, який дуже високо оцінив наявні в статті ідеї та фактичні дані. На жаль, сам Ліндемман так і не встиг побачити свою статтю опублікованою – він помер після тяжкої хвороби у віці 26 років.

**Лотка Альфред Джеймс** (*Lotka A.J.*, 1880–1949) американський математик, автор математичної моделі конкуренції та хижацтва. Альфред Лотка народився в 1880 р. у Львові, який на той час знаходився на території Австро-Угорщини і називався Лембергом. У 1901 р. Лотка з дипломом бакалавра приїздить до Лейпцігу, де в той час активно працював один з фундаторів фізичної хімії – Вільгельм Фрідріх Оствальд, який в своїх лекціях відстоював значення термодинамічних принципів і особливо енергетичного підходу, покликаного, як він вважав, стати організуючим началом для фізичних і біологічних наук. Ці ідеї спричинили колосальний вплив на Лотку, який потім, коли уже працював у США,



спробував впорядкувати біологію у відповідності з фізичними принципами. Одна з перших праць А. Лотки називалась "*Елементи фізичної біології*". Сам Лотка не вважав себе екологом, а свою книгу адресував перш за все фізикам і хімікам, плекаючи надію привернути їхню увагу до сфери біології, де вони могли б з успіхом застосувати добре знайомі їм принципи. Ще раніше на праці Лотки звернув увагу один із засновників популярного напрямку в екології – Раймонд Пьорл, який не лише залучає Лотку до безпосереднього співробітництва, але і підтримує його прагнення написати книгу. Через Пьорла і професора Московського університету В.В. Алпатова (який певний час працював у Пьорла в Балтіморі) результати досліджень А. Лотки стають відомі студенту Московського університету Г.Ф.

спробував впорядкувати біологію у відповідності з фізичними принципами. Одна з перших праць А. Лотки називалась "*Елементи фізичної біології*". Сам Лотка не вважав себе екологом, а свою книгу адресував перш за все фізикам і хімікам, плекаючи надію привернути їхню увагу до сфери біології, де вони могли б з успіхом застосувати добре знайомі їм принципи. Ще раніше на праці Лотки звернув увагу один із засновників популярного напрямку в екології – Раймонд Пьорл, який не лише залучає Лотку до безпосереднього співробітництва, але і підтримує його прагнення написати книгу. Через Пьорла і професора Московського університету В.В. Алпатова (який певний час працював у Пьорла в Балтіморі) результати досліджень А. Лотки стають відомі студенту Московського університету Г.Ф.



Гаузе, який відразу ж робить спробу експериментально перевірити запропоновану Лоткою модель динаміки взаємодії хижака і жертви. Значну увагу Лотка приділяє і еволюції, причому розглядаючи її не в традиційному для біології аспекті, тобто не як зміни в часі організмів, а як еволюцію всієї біосфери (хоч цей термін він не використовує, а говорить тільки про крупні "біологічні системи"). Згідно сформульованому Лоткою правилу, "напрямок еволюції такий, що загальний потік енергії, який проходить через систему, досягає максимальної величини, можливої для даної системи".

**Макартур Роберт (Robert MacArthur)** (1930–1972). В екології мирно співіснують дві методологічні установки – апостеріорна, чи екстенсивна («давайте збирати матеріал, а там побачимо, що з цього вийде» – на цьому базується багато пошукових і режимних спостережень) і апріорна, або інтенсивна («спочатку було слово...» – пропонується гіпотеза, під спростування чи докази якої і збирається екологічна інформація). Одним з лідерів і основоположників апріорного підходу в екології був Роберт Макартур. Отримавши математичну освіту, він зближується з екологами, які групуються навколо Дж. Хатчінсона (в той час вже члена Національної академії наук США; остання обставина дозволяла друкувати праці колег за його рекомендацією без загального рецензування, що особливо важливо було для піонерних праць Р. Макарута; див. Гиляров, 1997).



Одна з перших його праць була присвячена аналізу співвідношення чисельності різних видів в угрупованні (т. з. "модель розламаного стержня"; цікаво, що подальший розвиток ця модель отримала в 1978 р. в "моделі експоненційно розламаного стрижня" В.Д. Федорова). Крім теоретичних розробок він освоює і проводить дослідження в природі як еколог-польовик. Так, його праця з аналізу характеру конкуренції комахоїдних птахів роду *Dendroica* (схожих на наших славок) у хвойних лісах північного сходу США фактично на десять років випередила поняття «гільдії» (Root, 1967) і розширила уяву про простір екологічних ніш. Ця робота Р. Макарута, опублікована в 1958 р. в журналі «*Ecology*», стала основою його дисертації і була відзначена як краща екологічна публікація року. Наступне десятиліття Р. Макартур проводить інтенсивні теоретичні дослідження з Е. Піанкою, Дж. Коннелом, Е. Уілсоном. Разом з ними він публікує яскраву за ідеями і за викладом, невелику за обсягом (всього 200 с.) книгу "Теорія острівної біогеографії". Основна конструкція роботи - «рівноважна теорія острівної біогеографії», яка полягає в уяві про те, що "...кількість видів, які населяють острів, визначається рівновагою між іммігрантами і вимиранням, причому сама рівновага має динамічний характер: види безперервно вимирають і заміщуються (за рахунок імміграції) тими ж чи іншими видами" (Бигон, Харпер, Таунсед, 1989, т. 2). Остання праця Р.

Макартура “*Географічна екологія*” (видана в 1972 р.) була написана ним всього за кілька місяців, коли він уже знав діагноз своєї невиліковної хвороби. Помер Р. Мак-Артур від раку нирки. Йому було 42 роки.

**Мьобіус Карл Август** (*Möbius Karl A.*, 7.02.1825, Айленбург – 26.04.1908, Берлін) – німецький зоолог, гідробіолог,



один з фундаторів екології, перший директор Природничого Музею (нім. *Museum für Naturkunde*) в Берліні. Народився в Саксонії. В чотири роки вступив до початкової школи Айленбургу, а у віці 12 років батько відправив його навчатися на викладача. В 1944 р. Карл з відзнакою склав усі іспити і поступив на роботу вчителем у Зезені. В 1849 р. Мьобіус почав вивчати природознавство і філософію в Берлінському університеті імені Гумбольда. Закінчивши університет, Карл починає викладати зоологію,

ботаніку, мінералогію, географію, фізику і хімію у вищій школі Джоана в Гамбурзі. В 1863 р. Мьобіус відкриває перший в Германії морський акваріум в Гамбурзі. В 1868 р., отримавши ступінь доктора наук в Галле-Віттенберзькому університеті, Карл стає професором зоології в університеті Кіля і директором Зоологічного Музею. Серед наукових інтересів Мьобіуса центральне місце посідали морські тварини. В 1868-1870 рр. Мьобіус досліджував середовище існування устриць, головним чином для того, щоб з'ясувати можливість розведення устриць в прибережних водах Германії. Досліджував устричні банки узбережжя Північного моря, вивчав умови існування устриць та їхні біологічні зв'язки з іншими організмами. Запропонував поняття “біоценоз” (1877) та дав чітке його визначення. Учасник експедицій з досліджень морської фауни Північного і Балтійського морів (1871–1872) та океану (1874–1875). В 1888 р. Мьобіус став управляючим Зоологічних колекцій в Берлінському Музеї Природознавства і професором систематики і біогеографії в університеті Гумбольда, де викладав до 1905 року, після чого у віці 80 років залишив цю роботу.

**Одум Юджин** (*Eugene Pleasants Odum*, 17.09.1913 – 10.08.2002) –



всесвітньовідомий американський еколог, належить до династії знаменитих екологів, автор низки найпопулярніших у світі підручників з екології.

Прізвище Одум добре відомо і в США, і в усьому світі. Старший з Одумів, батько Юджина, – Говард Вашингтон Одум – проводив свої дослідження в південних штатах Америки і узагальнив їх в монографіях “Південні райони Сполучених Штатів” (1936) і “Районування Америки” (1938); саме йому була присвячена брошура Ю. Одума “Екологія”,

яка вийшла в 1963 р. в серії “Сучасна біологія” і перекладена російською мовою в 1968 р. Брат Юджина – Говард Томас Одум був директором Інституту морських наук Техаського університету, зараз – професор університету у Флориді – продовжує активно розвивати «енергетичний напрямок» в екології. З кінця 60-х років публікуються праці з морської екології В.С. Одума, почали з’являтися публікації Елізабет С. Одум...

Наукову діяльність Ю. Одум розпочав як еколог-орнітолог і вже одна з перших його публікацій стосувалася теоретичних конструкцій і називалась “*Концепція біому стосовно до розподілу північноамериканських птахів*” (1945). Ю. Одум довгі роки очолював кафедру університету в Афінах, штат Джорджія. Ще в 1954 р. він опублікував підручник-монографію “*Основи екології*”, яка багаторазово перевидавалася з урахуванням сучасних екологічних уявлень і була перекладена російською мовою в 1975 р. (переклад з 3-го видання 1971 р.). Відома книга Ю. Одума “*Экология*” також перекладена на російську мову і вийшла з друку в СРСР у двотомному виданні (1986). В 1998 р. побачила світ остання монографія Ю. Одума “*Екология. Міст між наукою і суспільством*”, в якій він постає з дещо несподіваного боку. В цій праці Ю. Одум стає до лав «інвайроменталістів», вносячи свій внесок у створення науки, яка інтегрує закони біології і розвитку людського суспільства – “...екологія – інтегруюча наука, що має величезний потенціал для створення мосту між наукою і суспільством, що й підкреслював новий підзаголовок”. Ю. Одум пояснює свій інтерес до цієї проблематики впливом книги Ч. Сноу (*Snow*, 1959) “Дві культури” і прагненням запропонувати екологію в якості кандидата на роль “третьої культури” для зв’язку не лише природничих і соціальних наук, але і більш широко – науки і суспільства в цілому.

**Пюттер Август** – німецький біолог, запропонував методіку визначення продукції і деструкції в гідроекосистемах за балансом кисню. Розробив теорію осмотичного живлення гідробіонтів (1919), згідно якої переважну частину раціону гідробіонти різних груп (від найпростіших, кишковопорожнинних і до риб включно) отримують осмотичним шляхом. В 1931 р. Август Крог піддав критиці низку положень осмотичного живлення гідробіонтів (зокрема, А. Пюттер головний акцент робив на риб, а у них, якраз, частка осмотичного живлення мінімальна з досліджених гідробіонтів; критикував А. Крог і низку методичних підходів до дослідження проблеми, хоч не піддавав сумніву саму можливість гідробіонтів до засвоювання частини органічних сполук з розчину). Проте широкими верствами наукової громадськості ця стаття А. Крога була сприйнята як «розгром» теорії осмотичного живлення гідробіонтів. Це на десятки років відкинуло дослідження проблеми осмотичного живлення різних груп гідробіонтів (детальніше про цю проблему можна почитати в: *Хайлов К.М. Экологический метаболизм в море.* – К.: Наук. думка, 1971. – 252 с.).

**Раменський Леонтій Григорович** (1884–1953) – російський еколог,



ботанік і географ, д.б.н. Керував інвентаризацією кормових угідь у країні, розробив кількісні методи в геоботаніці. Першим розробив класифікацію життєвих стратегій у рослин – віоленти, патієнти, експлеренти (виповнювачі), порівнюючи їх з левами, верблюдами і шакалами (1938), проте вона стала широко відомою після аналогічних публікацій Грайма (*Grime*, 1979). Л.Г. Раменський ніколи не працював в системі Академії наук – понад 25 років він працював у Державному Луговому інституті (після реорганізації 1931р. – Всесоюзний Інститут кормів).

**Рульє Карл (Шарль) Францевич** (20.04.1814–04.1858) – професор



Московського університету, автор знаменитої праці *“Життя тварин по відношенню до зовнішніх умов”*. Поряд з А. Гумбольдом К.Ф. Рульє – перші фундатори системного дослідження природи, носії та полум'яні пропагандисти ідей цілісного світосприймання, тобто екосистемного підходу. К.Ф. Рульє – син полоненого французького солдата і російської акушерки. Після закінчення Медико-хірургічної академії він служив у полку і лише останні 14 років професійно займався наукою, “природною історією”, ставши професором Московського університету.

Рульє-теоретик не залишив узагальнюючої праці з повним викладенням своїх поглядів, які багато в чому передбачили основні положення екології, яка виникла через десятиліття. Проте велика кількість його статей визначили «обличчя» російської екології другої половини XIX і початку XX століть. У 1852 р. він сформулював відому метафору про “три вершки болота” (її як епіграф використав у своїй магістерській дисертації його учень Микола Олексійович Северцов). К.Ф. Рульє був блискучим теоретиком і популяризатором – його загальнодоступні університетські й публічні лекції сприяли пропаганді нового екологічного напрямку. Вихідним теоретичним положенням, що мало визначальне значення для розвитку екологічних ідей Рульє був принцип найтіснішого взаємозв'язку організму з навколишнім середовищем і безперервного їх розвитку. “Уявити собі тварину, відділену від зовнішнього середовища...означало б уявити собі не лише величезний, але навіть, за нашими поняттями, неможливий парадокс” (Рульє, 1845). “Під зовнішніми умовами ми розуміємо все те, що діє на тварину ззовні, тобто повітря, тепло, воду, ґрунт, рослини, що ростуть на землі, тварини, що живуть на ній і саму людину, коли вона діє на яку-небудь тварину” (Рульє, 1848). Вночі з 9 на 10 квітня 1858 р., повертаючись додому, К.Ф. Рульє втратив свідомість, упав і невдовзі помер, не приходячи до тя-

ми. На пам'ятнику на Введенському цвинтарі в Москві викарбувані його слова: “В природе нет покоя, нет застоя... В природе всеобщее непрерывное движение и безусловная смерть невозможна”.

**Сукачов Володимир Миколайович** (26.05(07.06).1880–09.02.1967) –



російський біогеоценолог, розробив вчення про рослинні угруповання – фітоценози. Фундатор вчення про біогеоценози (1940). Наукова діяльність В.М. Сукачова, який тривалий час був лідером російських геоботаніків і екологів, розпочалася наприкінці XIX ст. В цей час у наукових товариствах Петербургу ще працювали такі крупні вчені й особистості, які визначали «обличчя» вітчизняної екології, як С.І. Коржинський, А.Н. Бекетов, В.В. Докучаєв, Г.І. Танфільєв та ін. Особливу роль у формуванні Сукачова-

еколога відіграв Г.Ф. Морозов, під впливом ідей якого він розпочав інтенсивне дослідження лісів, які назавжди залишилися для нього об'єктом № 1. Перша праця, в якій вже звучать “теоретичні мотиви”, – *“Про ботаніко-географічні дослідження в Бузулукському борі Самарської губернії”* (1904). В 1920 р. В.М. Сукачов обирається член-кореспондентом, а в 1943 – академіком АН СРСР. В 1915 р. він став членом-засновником Російського ботанічного товариства, а в червні 1946 р. обраний його президентом. Головна заслуга В.М. Сукачова – створення біогеоценології.

**Тенслі Артур Джордж** (*Tansley Arthur G.*, 1871–1955) англійський ботанік. Увів у науку поняття “екосистема” (1935 р.).

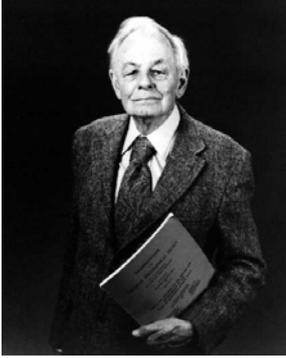


Тенслі на противагу концепції надорганізму Клементса запропонував концепцію екосистеми. В журналі *«Ecology»* в 1935 р. була опублікована його стаття *“Використання і зловживання концепціями і термінами науки про рослинність”*. Ця праця увійшла в історію екології: в ній вперше було запропоновано та визначено поняття «екосистема». Як і на багатьох його сучасників-ботаніків, на нього значний вплив справила робота данського вченого Е. Вармінга (*E. Warming*, 1895), яка вийшла німецькою мовою в

1896 р., щоб ознайомитися з нею, А. Тенслі вивчив німецьку мову. Вже з 1913 р. він був визнаним лідером англійських екологів і фітоценологів, його обрали першим президентом Екологічного товариства Великобританії.

**Хатчінсон Джордж Евелін** (*Hutchinson G.E.*, 1903–1991). Відомий американський еколог, гідробіолог. Розробив вчення про багатовимірну екологічну нішу (1957), вперше сформулював це поняття як суму усіх зв'язків організмів даного виду з абіотичними умовами середовища та з

іншими видами живих організмів і показав, що нішу можна розглядати як багатомірний простір, або гіперпростір, в межах якого умови середовища допускають необмежено тривале існування особини чи виду. Розрізняв фундаментальну нішу – гіперпростір, у межах якого можливе існування виду, коли він не обмежений конкуренцією з іншими, і реалізовану нішу – менший гіперпростір, який займає вид за біотичних обмежень.



**Шелфорд Віктор Ернест** (*Shelford Victor Ernest*) (22.09.1877–27.12.1968) – американський зоолог, еколог, автор найвідомішого у факторіальній екології закону толерантності (1913). В 1915 р.



заснував Екологічне товариство Америки, а в 1916 р. став його першим президентом. Екологічного товариства Америки. В 1904–1914 рр. працював у Чикагському університеті, з 1914 – в Іллінойському університеті (з 1927 – професором). Головні праці в галузі біоценології, теорії та термінології, присвячені методиці польових та лабораторних досліджень. Крім гідробіологічних досліджень, вивчав взаємодію організмів у наземних угрупованнях, вплив клімату на угруповання, сукцесії; займався класифікацією змішаних угруповань. Першим описав природу Північної Америки з екологічної точки зору (*The Ecology of North America*, 1963).

мату на угруповання, сукцесії; займався класифікацією змішаних угруповань. Першим описав природу Північної Америки з екологічної точки зору (*The Ecology of North America*, 1963).

**Шеннон Клод Елвуд** (*Shannon Claude Elwood*, 30.04.1916–24.02.2001)



– американський математик і електротехнік, фундатор теорії інформації. В 1936 р. закінчив Мічиганський університет, в 1940 захистив дисертацію і з 1941 р. почав працювати в знаменитих Лабораторіях Белла, з 1956 р. викладав в Мічиганському університеті, з цього ж року він – член національної академії наук США і Американської академії мистецтв і наук. У 1948 р. опублікував книгу “Математична теорія зв’язку”, де сформульовані основи теорії інформації (що дозволило з кількісного боку підійти до проблеми одержання і передачі інформації).

Загальновідома в екології формула Шеннона стала основним кількісним показником видового різноманіття (що було запропоновано Р. Макартуром). Помер Клод Шеннон 24 лютого 2001 р. в масачусетському будинку для людей похилого віку від хвороби Альцтгеймера на 84 році життя.

## ДОДАТКИ

### **1. ЗАКОН УКРАЇНИ ПРО ОСНОВНІ ЗАСАДИ (СТРАТЕГІЮ) ДЕРЖАВНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ НА ПЕРІОД ДО 2020 РОКУ**

(*Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, N 26, ст.218*). Верховна Рада України постановляє:

1. Затвердити Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року (додається). 2. Кабінету Міністрів України розробити та затвердити до 31 березня 2011 року Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища. 3. Цей Закон набирає чинності з дня його опублікування.

Президент України В. ЯНУКОВИЧ

м. Київ, 21 грудня 2010 року N 2818-VI

ЗАТВЕРДЖЕНО Законом України від 21 грудня 2010 року N 2818-VI

#### **ОСНОВНІ ЗАСАДИ (СТРАТЕГІЯ)**

**державної екологічної політики України на період до 2020 року**

#### **Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Антропогенне і техногенне навантаження на навколишнє природне середовище в Україні у кілька разів перевищує відповідні показники у розвинутих країнах світу.

Тривалість життя в Україні становить у середньому близько 66 років (у Швеції - 80, у Польщі - 74). Значною мірою це зумовлено забрудненням навколишнього природного середовища внаслідок провадження виробничої діяльності підприємствами гірничодобувної, металургійної, хімічної промисловості та паливно-енергетичного комплексу.

#### **Першопричинами екологічних проблем України є:**

успадкована структура економіки з переважаючою часткою ресурсо- та енергоємних галузей, негативний вплив якої був посилений переходом до ринкових умов; зношеність основних фондів промислової і транспортної інфраструктури; існуюча система державного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища, регулювання використання природних ресурсів, відсутність чіткого розмежування природоохоронних та господарських функцій; недостатня сформованість інститутів громадянського суспільства; недостатнє розуміння в суспільстві пріоритетів збереження навколишнього природного середовища та переваг сталого розвитку; недотримання природоохоронного законодавства.

#### **Атмосферне повітря**

За даними державної статистичної звітності 2009 року, основними забруднювачами атмосферного повітря є підприємства переробної і добувної промисловості та підприємства електро- і теплоенергетики (відповідно 31 і 21 та 40 відсотків загального обсягу викидів забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення). Викиди забруднюючих речовин пересувними джерелами становлять 39 відсотків загальної кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Викиди забруднюючих речовин автомобільним транспортом становлять 91 відсоток забруднюючих речовин, що викидаються пересувними джерелами.

До забруднюючих речовин, що переважно викидаються в атмосферне повітря, належать оксид азоту, оксид вуглецю, діоксид та інші сполуки сірки, пил.

Збільшується кількість випадків перевищення встановлених нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами. Основними причинами, що зумовлюють незадовільний стан якості атмосферного повітря в населених пунктах, є недотримання підприємствами режиму експлуатації пилогазоочисного обладнання, нездійснення заходів із зниження обсягу викидів забруднюючих речовин

до встановлених нормативів, низькі темпи впровадження новітніх технологій та значне збільшення кількості транспортних засобів, зокрема тих, що вичерпали строк придатності.

Упродовж останніх років у промислово розвинутих містах в атмосферному повітрі постійно реєструвалася наявність до 16 поліциклічних ароматичних вуглеводнів, з яких 8 є канцерогенами, груп нітрозамінів (нітрозодиметилам і нітрозодіетиламін) та важких металів (хром, нікель, кадмій, свинець, берилій). При цьому в обсягах забруднення хімічними канцерогенами найбільшу питому вагу мають сполуки класу поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Загалом канцерогенний ризик у 2009 році досяг 6,4-13,7 випадку онкологічних захворювань на 1 тисячу осіб, що значно перевищує міжнародні показники ризику.

### **Охорона вод**

Водокористування в Україні здійснюється переважно нераціонально, непродуктивні витрати води збільшуються, об'єм придатних до використання водних ресурсів внаслідок забруднення і виснаження зменшується. Практично всі поверхневі водні джерела і ґрунтові води забруднені. Основні речовини, які призводять до забруднення, - сполуки азоту та фосфору, органічні речовини, що піддаються легкому окисленню, отрутохімікати, нафтопродукти, важкі метали, феноли. Інтенсивна евтрофікація внутрішніх водойм призводить до погіршення стану Чорного та Азовського морів.

За рівнем раціонального використання водних ресурсів та якості води Україна, за даними ЮНЕСКО, серед 122 країн світу посідає 95 місце.

Система державного управління в галузі охорони вод потребує невідкладного реформування у напрямі переходу до інтегрованого управління водними ресурсами. Функції управління в галузі охорони, використання та відтворення вод розподілені між різними центральними органами виконавчої влади, що призводить до їх дублювання, неоднозначного тлумачення положень природоохоронного законодавства та неефективного використання бюджетних коштів.

Питне водопостачання України майже на 80 відсотків забезпечується використанням поверхневих вод. Екологічний стан поверхневих водних об'єктів і якість води в них є основними чинниками санітарного та епідемічного благополуччя населення. Водночас більшість водних об'єктів за ступенем забруднення віднесена до забруднених та дуже забруднених.

Підземні води України в багатьох регіонах (Автономна Республіка Крим, Донбас, Придніпров'я) за своєю якістю не відповідають нормативним вимогам до джерел водопостачання, що пов'язано передусім з антропогенним забрудненням. Особливе занепокоєння викликає стан водопостачання сільського населення, оскільки централізованим водопостачанням забезпечено лише 25 відсотків сільських населених пунктів України.

Забруднення води нітратами призводить до виникнення різноманітних захворювань, зниження загальної резистентності організму і, як наслідок, до підвищення рівня загальної захворюваності, зокрема на інфекційні та онкологічні захворювання. Невідповідність якості питної води нормативним вимогам є однією з причин поширення багатьох інфекційних та неінфекційних хвороб.

### **Охорона земель і ґрунтів**

Стан земельних ресурсів України близький до критичного. За період проведення земельної реформи значна кількість проблем у сфері земельних відносин не лише не розв'язана, а й загострилася.

Серед земель України найбільшу територію займають землі сільськогосподарського призначення (71 відсоток), 78 відсотків з яких є ріллею.

На всій території поширені процеси деградації земель, серед яких найбільш масштабними є ерозія (близько 57,5 відсотка території), забруднення (близько 20 відсотків



території), підтоплення (близько 12 відсотків території). Зменшується вміст поживних речовин у ґрунтах, а щорічні втрати гумусу становлять 0,65 тонни на 1 гектар.

Проблеми у сфері охорони земель значною мірою зумовлені незавершеністю процесу інвентаризації і автоматизації системи ведення державного земельного кадастру, недосконалістю землевпорядної документації та недостатністю нормативно-правового забезпечення, проведення освітньої та просвітницької роботи, низькою інституціональною спроможністю відповідних органів виконавчої влади.

#### **Охорона лісів**

За площею лісів та запасами деревини Україна є державою з дефіцитом лісових ресурсів.

Ліси займають більш як 15,7 відсотка території України (9,58 мільйона гектарів) і розташовані в основному на півночі (Полісся) та заході (Карпати). Оптимальним, за європейськими рекомендаціями, є показник лісистості 20 відсотків, для досягнення якого необхідно створити більше 2 мільйонів гектарів нових лісів. Загальна площа вкритих лісовою рослинністю земель збільшилася з 1961 року із 7,1 до 9,5 мільйона гектарів (на 33,8 відсотка).

Якщо зазначені темпи заліснення будуть збережені, то лише через 20 років в Україні буде досягнутий оптимальний рівень лісистості.

Ліси Держкомлісгоспу, віднесені до природно-заповідного фонду, займають близько 1,2 мільйона гектарів, або 35 відсотків природно-заповідного фонду України. Частина заповідних лісів, що перебувають у підпорядкуванні Держкомлісгоспу, становить 15,4 відсотка.

Повноваження з охорони та відтворення лісів покладені на центральні та місцеві органи виконавчої влади, що призводить до їх дублювання та неефективного використання бюджетних коштів. Система управління в галузі охорони та відтворення лісів не повністю забезпечує багатоцільове, безперервне і невиснажливе використання ресурсів та лісових екосистем. Необхідно здійснити реформування зазначеної системи із забезпеченням розмежування природоохоронних і господарських функцій.

#### **Надра**

За даними кадастрового обліку, в Україні на початок 2009 року налічувалося 8658 родовищ з 97 видами корисних копалин і майже 12 тисяч їх проявів. Одними з найбільших за обсягом є запаси вугілля, залізних, марганцевих і титаноцирконієвих руд, а також графіту, каоліну, калійних солей, сірки, вогнетривких глин, облицювального каменю. Частина їх в Україні є значною. Загалом у 2009 році функціонувало більше 2 тисяч гірничодобувних підприємств. Загальна кількість розроблених родовищ становить 3 тисячі. В обсягах видобутку переважають залізорудна сировина, флюсові вапняки, кам'яне вугілля, а також будівельне каміння.

Більшість корисних копалин в Україні видобувається в межах кількох головних гірничопромислових регіонів - Донецького, Криворізько-Нікопольського, Прикарпатського. Довготривале інтенсивне використання ресурсів надр у цих регіонах призвело до значних змін геологічного середовища та виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Головними чинниками негативного впливу є надзвичайно висока концентрація гірничодобувних підприємств, високий рівень виробленості переважної більшості родовищ, недостатній обсяг фінансування робіт, спрямованих на зменшення впливу на навколишнє природне середовище, зумовленого розробкою родовищ.

#### **Надзвичайні ситуації**

На території України зберігається високий ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. В Україні функціонують 23767 потенційно небезпечних підприємств та інших об'єктів, аварії на кожному з яких можуть призвести

до виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівня.

Щороку реєструється до 300 надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, внаслідок яких гинуть люди, завдаються великі економічні збитки.

Основними причинами виникнення техногенних аварій і катастроф та посилення негативного впливу внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в Україні є: застарілість основних фондів, зокрема природоохоронного призначення, великий обсяг транспортування, зберігання і використання небезпечних речовин, аварійний стан значної частини мереж комунального господарства, недостатня інвестиційна підтримка процесу впровадження новітніх ресурсозберігаючих і екологічно чистих технологій в екологічно небезпечних галузях промисловості, насамперед металургійній, хімічній, нафтохімічній та енергетиці; природоохоронні проблеми, пов'язані з істотними змінами стану геологічного та гідрогеологічного середовища та зумовлені закриттям нерентабельних гірничодобувних підприємств, шахт і розрізів, небажання суб'єктів господарювання здійснювати заходи із запобігання аваріям та катастрофам на об'єктах підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктах тощо.

#### **Відходи та небезпечні хімічні речовини**

Протягом 2009 року внаслідок провадження суб'єктами господарювання виробничої діяльності утворилося 1,2 мільйона тонн відходів I-III класу небезпеки. Основна частина цих відходів (0,9 мільйона тонн, або 75 відсотків загального обсягу) віднесена до III класу небезпеки, а відходи I-II класу небезпеки становлять відповідно 3,8 та 299,2 тисячі тонн.

Гострою природоохоронною проблемою є поводження з побутовими відходами. Питомі показники утворення відходів у середньому становлять 220-250 кілограмів на рік на одну особу, а у великих містах досягають 330-380 кілограмів на рік відповідно. Тверді побутові відходи в основному захороняються на 4157 сміттєзвалищах і полігонах загальною площею близько 7,4 тисячі гектарів і лише близько 3,5 відсотка твердих побутових відходів спалюються на двох сміттєспалювальних заводах у містах Києві та Дніпропетровську. За розрахунками, близько 0,1 відсотка побутових відходів є небезпечними.

Значну загрозу для навколишнього природного середовища та здоров'я людини становлять медичні відходи, що містять небезпечні патогенні та умовно патогенні мікроорганізми. В Україні щорічно утворюється приблизно 350 тисяч тонн медичних відходів, що становлять потенційний ризик поширення інфекцій.

В Україні спостерігається тенденція до збільшення обсягу утворених і вивезених на полігони твердих побутових відходів. Обсяг вивезених твердих побутових відходів, який у 2009 році досяг 50,1 мільйона кубічних метрів, збільшується щороку майже на 4 мільйони кубічних метрів. У 2009 році послугами із збирання твердих побутових відходів охоплено 72 відсотки населення.

Серед твердих побутових відходів збільшується частка відходів, які не піддаються швидкому розкладу і потребують значних площ для зберігання. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 243 одиниці (5,8 відсотка їх загальної кількості), а 1187 одиниць (28,5 відсотка) - не відповідають нормам екологічної безпеки.

На кінець 2009 року в Україні на 2987 складах накопичено більше 20 тисяч тонн непридатних пестицидів, більше половини з яких - невідомі суміші високотоксичних пестицидів, які належать до переліку стійких органічних забруднювачів ООН.

#### **Біобезпека**

На сьогодні в Україні створюється система біобезпеки, основною метою якої є забезпечення безпечного провадження генетично-інженерної діяльності та використання генетично модифікованих організмів і запобігання несанкціонованому та неконтрольованому їх поширенню.

Досягнення цієї мети передбачається шляхом запобігання екологічним, економічним, соціальним та іншим ризикам, пов'язаним з використанням генетично модифікованих організмів і провадженням генетично-інженерної діяльності, а також процесам, що становлять загрозу національним інтересам.

У процесі вступу до Світової організації торгівлі Україна взяла зобов'язання щодо створення законодавчої бази у сфері біотехнологій відповідно до міжнародних норм та принципів. Це зумовлює необхідність всебічного вивчення та врахування міжнародного досвіду, зокрема країн - членів ЄС.

#### **Біологічне та ландшафтне різноманіття**

Займаючи менше 6 відсотків площі Європи, Україна володіє близько 35 відсотка її біорізноманіття. Біосфера України нараховує більше 70 тисяч видів флори і фауни, зокрема флори - більш як 27 тисяч видів, фауни - більш як 45 тисяч видів. Протягом останніх років спостерігається збільшення кількості видів рослин і тварин, занесених до Червоної книги України.

Україна розташована на перетині міграційних шляхів багатьох видів фауни, через її територію проходять два основних глобальних маршрути міграції диких птахів, а деякі місця гніздування мають міжнародне значення. Більше 100 видів перелітних птахів охороняються відповідно до міжнародних зобов'язань.

До складу природно-заповідного фонду України входять більш як 7608 територій та об'єктів загальною площею 3,2 мільйона гектарів (5,4 відсотка загальної площі країни) та 402,5 тисячі гектарів у межах акваторії Чорного моря. Частка природно-заповідних територій в Україні є недостатньою і залишається значно меншою, ніж у більшості країн Європи, де площі, зайняті під природно-заповідні території, становлять у середньому 15 відсотків.

Екстенсивний розвиток сільського господарства призвів до значного зменшення ландшафтного різноманіття. Більше 40 відсотків площі України в минулому були зайняті степовими ландшафтами. На сьогодні їх залишилося близько 3 відсотків. На цих територіях зосереджено 30 відсотків усіх видів флори і фауни, занесених до Червоної книги України.

За роки незалежності площа природно-заповідного фонду України збільшилася у два рази, але окремі об'єкти природно-заповідного фонду перебувають в управлінні центральних органів виконавчої влади, для яких природно-заповідна справа не є пріоритетом діяльності.

Основну загрозу біорізноманіттю становлять діяльність людини та знищення природного середовища існування флори і фауни. Спостерігається катастрофічне зменшення площі території водно-болотних угідь, степових екосистем, природних лісів. Знищення навколишнього природного середовища відбувається внаслідок розорювання земель, вирубування лісів з подальшою зміною цільового призначення земель, осушення або обводнення територій, промислового, житлового та дачного будівництва тощо. Поширення неаборигенних видів у природних екосистемах викликає значний дисбаланс у біоценозах. Управління збереженням біорізноманіття прісноводних та морських екосистем розвивається не так швидко, як для екосистем суші, що негативно впливає на обсяг рибних запасів та середовища перебування водних живих ресурсів.

З метою припинення процесів погіршення стану навколишнього природного середовища необхідно збільшувати площі земель екомережі, що є стратегічним завданням у досягненні екологічної збалансованості території України. Збільшення площі національної екомережі має насамперед відбуватися в результаті розширення існуючих та створення нових об'єктів природно-заповідного фонду.

Завдання щодо охорони біорізноманіття не вирішується під час приватизації земель, підготовки і виконання програм галузевого, регіонального і місцевого розвитку. Відсутність закріплених на місцевості в установленому законом порядку меж об'єктів

природно-заповідного фонду призводить до порушення вимог заповідного режиму. Повільними є темпи встановлення у природі (на місцевості) прибережних захисних смуг вздовж морів, річок та навколо водойм, які виконують роль екологічних коридорів.

#### **Забезпечення екологічно збалансованого природокористування**

Всесвітня Конференція ООН з питань навколишнього природного середовища і розвитку ухвалила декларацію та визнала концепцію сталого розвитку домінуючою ідеологією цивілізації у XXI столітті.

Сталий соціально-економічний розвиток будь-якої країни означає таке функціонування її господарського комплексу, коли одночасно задовольняються зростаючі матеріальні і духовні потреби населення, забезпечується раціональне та екологічно безпечне господарювання і високоефективне збалансоване використання природних ресурсів, створюються сприятливі умови для здоров'я людини, збереження і відтворення навколишнього природного середовища та природно-ресурсного потенціалу суспільного виробництва.

#### **Інтеграція екологічної політики та удосконалення системи інтегрованого екологічного управління**

Врахування майбутнього впливу на довкілля на етапі планування політик, планів і програм розвитку не є законодавчо обов'язковим в Україні на відміну від законодавства ЄС.

Природоохоронні аспекти не набули широкого відображення в галузевих економічних політиках. Запровадження новітніх екологічно чистих технологій та поширення найкращого досвіду є дуже повільними. Низькі ціни на енергоресурси, що втримуються протягом тривалого часу, а також високий рівень зношеності обладнання призвели до того, що Україна посідає шосте місце у світі за обсягом споживання газу, перевищуючи в 3-4 рази показники країн Європи. Лише протягом останніх трьох років в умовах підвищення ціни на газ вживаються заходи, спрямовані на розвиток джерел відновлюваної та альтернативної енергетики.

Необхідно також вирішити питання щодо охорони навколишнього природного середовища на об'єктах військово-оборонного промислового комплексу, недоступність яких для відповідного нагляду та контролю призводить до порушень природоохоронного законодавства, забруднення поверхневих та ґрунтових вод нафтопродуктами, знищення природних ландшафтів, незадовільного відновлення не придатних до використання земель. Вітчизняними підприємствами та іншими суб'єктами господарювання не створено систему екологічного управління та екологічного маркування продукції. На 2009 рік в Україні налічується 1630 підприємств, що отримали сертифікати системи управління якістю, в тому числі 55 - системи екологічного управління. Лише для 256 видів продукції 27 товаровиробників отримали екологічний сертифікат на відповідність міжнародним екологічним критеріям згідно з вимогами міжнародних стандартів серії ISO 14000.

Інтеграція екологічної політики до галузевих політик, обов'язкове врахування екологічної складової при складанні стратегій, планів і програм розвитку України, впровадження екологічного управління на підприємствах, екологізація господарської діяльності є шляхом до сучасної секторальної екологічної політики, що реалізується у країнах Західної та Центральної Європи.

#### **Регіональна екологічна політика**

Відмінності соціально-економічного розвитку регіонів України зумовлюють нерівномірне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище. Передбачається, що положення Основних засад (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2020 року (далі - Стратегія) та розроблені на її основі національні плани дій будуть інтегровані в регіональні програми соціально-економічного розвитку та деталізовані на рівні регіональних планів дій з охорони навколишнього природного сере-

довища Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва і Севастополя, на основі яких будуть розроблені місцеві плани дій з охорони навколишнього природного середовища, підготовлені на рівні сільських, селищних та міських рад.

У результаті виконання місцевих планів дій передбачається посилити роль органів місцевого самоврядування в процесі реалізації державної екологічної політики, визначити напрями її вдосконалення з урахуванням регіональної специфіки та Керівних принципів сталого просторового розвитку Європейського континенту (Ганновер, 2000 рік).

## **Розділ 2. МЕТА І ПРИНЦИПИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ**

Метою національної екологічної політики є стабілізація і поліпшення стану навколишнього природного середовища України шляхом інтеграції екологічної політики до соціально-економічного розвитку України для гарантування екологічно безпечного природного середовища для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування та збереження природних екосистем.

Основними принципами національної екологічної політики є:

посилення ролі екологічного управління в системі державного управління України з метою досягнення рівності трьох складових розвитку (економічної, екологічної, соціальної), яка зумовлює орієнтування на пріоритети сталого розвитку;

врахування екологічних наслідків під час прийняття управлінських рішень, при розробленні документів, які містять політичні та/або програмні засади державного, галузевого (секторального), регіонального та місцевого розвитку;

міжсекторальне партнерство та залучення зацікавлених сторін;

запобігання надзвичайним ситуаціям природного і техногенного характеру, що передбачає аналіз і прогнозування екологічних ризиків, які ґрунтуються на результатах стратегічної екологічної оцінки, державної екологічної експертизи, а також державного моніторингу навколишнього природного середовища;

забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи;

відповідальність нинішнього покоління за збереження довкілля на благо прийдешніх поколінь;

участь громадськості та суб'єктів господарювання у формуванні та реалізації екологічної політики, а також урахування їхніх пропозицій при вдосконаленні природоохоронного законодавства;

невідворотність відповідальності за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

пріоритетність вимоги "забруднювач навколишнього природного середовища та користувач природних ресурсів платять повну ціну";

відповідальність органів виконавчої влади за доступність, своєчасність і достовірність екологічної інформації;

доступність, достовірність та своєчасність отримання екологічної інформації;

державна підтримка та стимулювання вітчизняних суб'єктів господарювання, які здійснюють модернізацію виробництва, спрямовану на зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище.

## **Розділ 3. СТРАТЕГІЧНІ ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ**

Національна екологічна політика спрямована на досягнення стратегічних цілей.

Ціль 1. Підвищення рівня суспільної екологічної свідомості

Завданнями у цій сфері є:

створення національної інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища;

збільшення частки екологічної інформації та соціальної реклами природоохоронного спрямування, що регулярно поширюється засобами масової інформації: до 2015

року - на 15 відсотків, до 2020 року - на 30 відсотків базового рівня (тут і далі за текстом базовим є рівень 2010 року);

сприяння розвитку інформаційних центрів, територіальних органів спеціально уповноваженого органу виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища та Орхуського інформаційного центру, утвореного при спеціально уповноваженому органі виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища;

створення до 2015 року мережі загальнодержавної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації, що включатиме, зокрема, національну систему кадастрів природних ресурсів, реєстри викидів та перенесення забруднюючих речовин, і до 2020 року - системи управління екологічною інформацією, відповідно до стандартів ЄС;

розроблення до 2012 року та впровадження до 2020 року програми підтримки проектів громадських екологічних організацій і доведення обсягу її фінансування: у 2015 році - до рівня не менше 2 відсотків загальних видатків Державного фонду охорони навколишнього природного середовища України, у 2020 році - до рівня не менше 3 відсотків цих видатків;

розроблення до 2015 року і реалізація Стратегії екологічної освіти з метою сталого розвитку українського суспільства та економіки України;

створення до 2015 року системи екологічного навчання та підвищення кваліфікації державних службовців, до компетенції яких належать питання охорони навколишнього природного середовища;

створення до 2015 року мережі регіональних екологічно-просвітницьких центрів на базі закладів освіти, неурядових природоохоронних організацій тощо;

розроблення до 2015 року організаційного механізму місцевого, регіонального та національного рівня для активного залучення громадськості до процесу екологічної освіти з метою сталого розвитку, екологічної просвіти та виховання;

систематичне інформування про діяльність органів виконавчої влади у сфері охорони навколишнього природного середовища через офіційні веб-сайти та засоби масової інформації;

створення до 2012 року і впровадження до 2015 року механізму забезпечення доступу громадськості до екологічної інформації та участі у прийнятті рішень відповідно до положень Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхуської конвенції);

сприяння виданню та розповсюдженню Доповіді громадських екологічних організацій щодо проведення громадської оцінки національної екологічної політики починаючи з 2011 року;

створення до 2015 року умов для проведення громадської оцінки діяльності органів виконавчої влади, здійснення громадського контролю з питань охорони навколишнього природного середовища;

сприяння місцевим громадам щодо впровадження невиснажливого господарювання та екологічно дружніх технологій; створення в кожній області інформаційно-експериментальних та демонстраційно-навчальних центрів підтримки заходів з впровадження і поширення моделей невиснажливого господарювання та екологічно дружніх технологій до 2020 року;

надання державної підтримки створенню і розвитку населених пунктів, що використовують енерго- та ресурсозберігаючі технології житлового будівництва, та комплексне впровадження таких технологій до 2015 року;

включення питань формування екологічної культури, екологічної освіти та просвіти в державні цільові, регіональні та місцеві програми розвитку.

Ціль 2. Поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки  
Завданнями у цій сфері є:

підвищення рівня екологічної безпеки шляхом запровадження до 2015 року комплексного підходу до проведення оцінки ризиків, запобігання та мінімізації наслідків стихійних лих відповідно до Йоганнесбурзького плану дій:

атмосферне повітря

зменшення обсягу викидів загальнопоширених забруднюючих речовин:

стаціонарними джерелами до 2015 року на 10 відсотків і до 2020 року на 25 відсотків базового рівня;

пересувними джерелами шляхом встановлення нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах до 2015 року відповідно до стандартів Євро-4, до 2020 року - Євро-5;

визначення цільових показників вмісту небезпечних речовин в атмосферному повітрі, зокрема для важких металів, неметанових летких органічних сполук, завислих часток пилу (діаметром менше 10 мікрон) та стійких органічних забруднюючих речовин з метою їх врахування при встановленні технологічних нормативів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення;

оптимізація структури енергетичного сектору національної економіки шляхом збільшення обсягу використання енергетичних джерел з низьким рівнем викидів двоокису вуглецю до 2015 року на 10 відсотків і до 2020 року на 20 відсотків, а також забезпечення скорочення обсягу викидів парникових газів відповідно до задекларованих Україною міжнародних зобов'язань в рамках Киотського протоколу до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату;

визначення до 2015 року основних засад державної політики з адаптації до зміни клімату, розроблення та поетапне виконання національного плану заходів щодо пом'якшення наслідків зміни клімату та запобігання антропогенному впливу на зміну клімату на період до 2030 року, в тому числі в рамках реалізації механізму Киотського протоколу до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, проектів спільного впровадження та проектів цільових екологічних (зелених) інвестицій;

охорона водних ресурсів

реформування протягом першого етапу системи державного управління в галузі охорони та раціонального використання вод шляхом впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом;

реконструкція існуючих та будівництво нових міських очисних споруд з метою зниження до 2020 року на 15 відсотків рівня забруднення вод забруднюючими речовинами (насамперед органічними речовинами, сполуками азоту і фосфору), а також зменшення до 2020 року на 20 відсотків (до базового року) скиду недостатньо очищених стічних вод;

розроблення та виконання до 2015 року плану заходів щодо зменшення рівня забруднення внутрішніх морських вод і територіального моря з метою запобігання зростанню антропогенного впливу на навколишнє природне середовище та відновлення екосистеми Чорного і Азовського морів;

охорона земель і ґрунтів

зменшення до 2020 року в середньому на 5-10 відсотків площ орних земель в областях шляхом виведення із складу орних земель схилів крутизною більш як 3 градуси, земель водоохоронних зон, консервації деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених сільськогосподарських угідь з подальшим їх залісненням у лісовій та лісостеповій зонах та залуженням у степовій зоні;

забезпечення до 2015 року повного врахування природоохоронних вимог у процесі відведення земель для розміщення об'єктів промисловості, будівництва, енергетики,

транспорту і зв'язку та під час вирішення питань щодо вилучення (викупу), надання, зміни цільового призначення земельних ділянок;

розроблення і впровадження до 2020 року системи управління агроландшафтами лісомеліоративними методами на засадах сталого розвитку;

охорона лісів

збільшення до 2020 року площі заліснення території до 17 відсотків території держави шляхом відновлення лісів та лісорозведення на земельних ділянках лісового фонду, створення захисних лісових насаджень на землях несільськогосподарського призначення і землях, відведених для заліснення, відновлення та створення нових полезахисних лісових смуг, крім природних степових ділянок;

геологічне середовище та надра

впровадження до 2020 року екологічно безпечних технологій проведення гірничих робіт, обов'язкової рекультивациі та екологічної реабілітації територій, порушених внаслідок провадження виробничої діяльності підприємствами хімічної, гірничодобувної, нафтопереробної промисловості, зокрема забезпечення до 2020 року рекультивациі земель на площі не менше 4,3 тисячі гектарів;

забезпечення максимально повного використання видобутих корисних копалин, мінімізації відходів при їх видобутку та переробці;

здійснення до 2015 року державного обліку артезіанських свердловин та обладнання їх засобами виміру обсягів видобутої води;

захист від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру

підвищення до 2020 року ефективності функціонування державної системи координації діяльності органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування із запобігання виникненню надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру та підвищення оперативності реагування у разі їх виникнення;

модернізація до 2020 року національної системи інформування населення з питань надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру;

забезпечення функціонування локальних систем оповіщення населення;

забезпечення виконання до 2015 року заходів зі зменшення обсягу винесення радіонуклідів за межі зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення шляхом функціонування науково обґрунтованої системи, що поєднує природні відновлювальні процеси з меліоративними, лісоохоронними та технічними заходами, які підвищують бар'єрні функції природно-техногенного комплексу зони відчуження;

проведення постійно діючого радіоекологічного моніторингу під час виконання робіт із зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення об'єкта "Укриття" на екологічно безпечну систему;

реалізація проектів реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, та повернення земель чорнобильської зони відчуження в економіку України з метою подальшого ефективного використання і розвитку промислового майданчика та виробничої інфраструктури Чорнобильської АЕС та зони відчуження;

зниження рівнів опромінення населення та реабілітація територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, шляхом забезпечення радіаційного захисту населення і довкілля, розвитку продуктивних сил забруднених регіонів, відновлення виробничої та соціальної інфраструктури на цих територіях, зняття з них обмежень щодо виробництва сільськогосподарської продукції;

забезпечення реалізації радіоекологічних і соціально-економічних заходів на радіоактивно забруднених територіях, підтримка і ведення розподільних банків даних щодо радіоактивного забруднення природного середовища (на рівні районів і областей), оцінки доз опромінення населення, яке проживає на забруднених територіях, шляхом оцінки, прогнозування і прийняття оперативних рішень;



реалізація проектів ефективного використання лісових ресурсів на територіях, радіоактивно забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, насамперед з метою запобігання лісовим пожежам;

укріплення до 2020 року берегів водних об'єктів у межах населених пунктів;

визначення протягом першого етапу усіх територій, на яких існує загроза виникнення надзвичайних ситуацій у зв'язку з незадовільним техногенним та екологічним станом, та районування їх з поділом на категорії безпеки;

відходи та небезпечні хімічні речовини

забезпечення до 2015 року зберігання 70 відсотків побутових відходів міст з населенням не менш як 250 тисяч осіб на спеціалізованих та екологічно безпечних полігонах, а також до 2020 року зберігання в повному обсязі таких відходів, а також зменшення до 2020 року в спеціальних місцях зберігання побутових відходів на 15 відсотків базового рівня частки відходів, що піддаються біологічній деградації;

збільшення до 2020 року в 1,5 раза обсягу заготівлі, утилізації та використання відходів як вторинної сировини;

запровадження новітніх технологій утилізації твердих побутових відходів;

забезпечення до 2020 року остаточного знешкодження накопичених не придатних до використання пестицидів шляхом запровадження екологічно безпечних технологій їх знешкодження та розроблення до 2015 року і виконання до 2020 року плану заходів щодо заміни особливо небезпечних хімічних речовин, що виробляються і використовуються в основних секторах національної економіки, та забезпечення їх безпечного транспортування і зберігання;

створення до 2015 року системи безпечного поводження з медичними відходами; біобезпека

здійснення контролю за ввезенням на територію України генетично модифікованих організмів, запобігання їх неконтрольованому поширенню та удосконалення до 2015 року дозвільної системи у сфері поводження з генетично модифікованими організмами, у тому числі щодо їх транскордонних переміщень, забезпечення координації генетично-інженерної діяльності;

забезпечення протягом першого етапу розроблення нормативно-правових актів з питань державного регулювання і контролю у сфері поводження з генетично модифікованими організмами та провадження генетично-інженерної діяльності;

удосконалення протягом першого етапу дозвільної системи у сфері поводження з генетично модифікованими організмами, в тому числі щодо їх транскордонних переміщень, та забезпечення координації генетично-інженерної діяльності.

Ціль 3. Досягнення безпечного для здоров'я людини стану навколишнього природного середовища

Завданнями у цій сфері є:

запобігання порушенням санітарно-гігієнічних вимог до якості повітря в населених пунктах (з кількістю населення не менш як 250 тисяч осіб) шляхом створення та удосконалення до 2015 року систем автоматичного моніторингу та посилення екологічного контролю за якістю повітря;

переважне (90 відсотків) забезпечення дотримання до 2020 року санітарно-гігієнічних вимог до якості поверхневих вод у місцях інтенсивного водокористування населення (для населених пунктів з кількістю населення не менш як 250 тисяч осіб); забезпечення у повному обсязі дотримання нормативних вимог до джерел централізованого питного водопостачання до 2015 року;

переважне (70 відсотків) забезпечення дотримання до 2020 року санітарно-гігієнічних вимог до якості води, що використовується для потреб питного водопостачання та приготування їжі сільським населенням;

підготовка до 2015 року державної цільової програми проведення оцінки та запобігання ризикам здоров'ю населення України від чинників навколишнього природного середовища, що передбачає застосування методології оцінки ризику; запровадження до 2020 року керованого управління екологічним ризиком (включаючи випадки надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру);

запровадження до 2020 року системи екологічного маркування товарів і продуктів харчування;

виявлення зон екологічного ризику та підготовка державної цільової програми зниження техногенного тиску на здоров'я населення зон екологічного ризику на період до 2020 року;

посилення до 2015 року державного екологічного контролю за дотриманням законодавства у процесі розміщення, будівництва, експлуатації нових і реконструкції існуючих промислових підприємств та інших об'єктів на підставі оцінки ризику для здоров'я населення;

створення до 2015 року інституційних засад для інформування населення щодо екологічних ризиків;

розширення кола питань санітарно-епідеміологічного та природоохоронного характеру у програмі освіти управлінських кадрів до 2015 року та удосконалення до 2020 року системи безперервної фахової освіти для осіб, які працюють у сфері охорони навколишнього природного середовища;

розвиток до 2015 року нормативно-правової бази з екологічного страхування, що ґрунтуватиметься на визначенні питань щодо шкоди, яка може бути заподіяна здоров'ю населення;

розвиток до 2015 року державної системи моніторингу навколишнього природного середовища шляхом її модернізації, посилення координації діяльності суб'єктів моніторингу та вдосконалення систем управління даними як основи для прийняття управлінських рішень.

Ціль 4. Інтеграція екологічної політики та вдосконалення системи інтегрованого екологічного управління

Завданнями у цій сфері є:

розроблення та впровадження нормативно-правового забезпечення обов'язковості інтеграції екологічної політики до інших документів, що містять політичні та/або програмні засади державного, галузевого (секторального), регіонального та місцевого розвитку до 2012 року;

інституційна розбудова і посилення ефективності державного управління в природоохоронній галузі;

розвиток у рамках процесу "Довкілля для України" партнерства між секторами суспільства з метою залучення до планування і реалізації природоохоронної політики усіх зацікавлених сторін;

впровадження систем екологічного управління та підготовка державних цільових програм з екологізації окремих галузей національної економіки, що передбачають технічне переоснащення, запровадження енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій, маловідходних, безвідходних та екологічно безпечних технологічних процесів;

розроблення і впровадження до 2015 року системи стимулів для суб'єктів господарювання, що впроваджують систему екологічного управління, принципи корпоративної соціальної відповідальності, застосовують екологічний аудит, сертифікацію виробництва продукції, її якості згідно з міжнародними природоохоронними стандартами, покращують екологічні характеристики продукції відповідно до встановлених міжнародних екологічних стандартів;

у промисловості та енергетиці:

схвалення у 2012 році Концепції впровадження в Україні більш чистого виробництва та затвердження до 2015 року відповідної стратегії та національного плану дій;  
розроблення до 2015 року методології визначення ступеня екологічного ризику, обумовленого виробничою діяльністю екологічно небезпечних об'єктів;  
у транспортно-дорожній галузі:

встановлення до 2015 року протишумових споруд/екранів (у місцях, де населені пункти розташовані поблизу автомагістралей) у населених пунктах з кількістю населення не менш як 500 тисяч осіб та до 2020 року - у населених пунктах з кількістю населення не менш як 250 тисяч осіб;

створення до 2015 року економічних умов для розвитку інфраструктури екологічно чистих видів транспорту, зокрема громадського, збільшення до 2020 року частки громадського транспорту в загальній інфраструктурі на 25 відсотків;

підвищення вимог до забезпечення екологічної безпеки та надійності трубопроводного транспорту;

у житлово-комунальному господарстві та будівництві:

перегляд нормативно-правової бази з метою забезпечення природоохоронних вимог, зокрема щодо енерго- та ресурсозбереження, у процесі промислового та житлового проектування, будівництва, реконструкції та демонтажу споруд;

підвищення енерго- та ресурсозбереження в багатоквартирних будинках;

у сільському господарстві:

створення умов для широкого впровадження екологічно орієнтованих та органічних технологій ведення сільського господарства та досягнення у 2020 році їх використання та двократного збільшення площ їх використання у 2020 році до базового рівня;

у військово-оборонній галузі:

розроблення до 2015 року стимулів із заохочення впровадження систем екологічного управління у військових формуваннях, забезпечення до 2020 року екологічно безпечного природокористування в ході оперативної та бойової підготовки, під час проведення військових навчань і тренувань;

ліквідація наслідків екологічної шкоди, заподіяної військовою діяльністю, зокрема компенсація збитків державі, завданих тимчасовою дислокацією на території України іноземних військ;

у галузі туризму та рекреації:

впровадження до 2015 року систем екологічного управління та посилення державного екологічного контролю за об'єктами туристичного, рекреаційного призначення та готельно-ресторанного бізнесу, розвиток екологічного туризму та екологічно орієнтованої рекреації;

розроблення на першому етапі економічних важелів сприяння розвитку екологічного та зеленого туризму.

Ціль 5. Припинення втрат біологічного та ландшафтного різноманіття і формування екологічної мережі

Завданнями у цій сфері є:

створення до 2015 року системи запобіжних заходів щодо видів-вселенців та забезпечення контролю за внесенням таких видів до екосистем, у тому числі морської;

удосконалення до 2015 року нормативно-правової бази щодо системи здійснення контролю за торгівлею видами дикої флори і фауни, що перебувають під загрозою знищення;

проведення до 2015 року інформаційно-просвітницької кампанії щодо цінності екосистемних послуг на прикладі екосистем України, формування до 2015 року та подальше застосування вартісної оцінки екосистемних послуг;

доведення до 2015 року площі національної екомережі до рівня (41 відсоток території країни), необхідного для забезпечення екологічної безпеки країни, запровадження

системи природоохоронних заходів збереження біо- та ландшафтного різноманіття і розширення площі природно-заповідного фонду до 10 відсотків у 2015 році та до 15 відсотків загальної території країни у 2020 році;

впровадження до 2020 року екосистемного підходу в управлінську діяльність та адаптація законодавства України у сфері збереження навколишнього природного середовища відповідно до вимог директив Європейського Союзу;

створення до 2020 року мережі центрів штучного розведення та реакліматизації рідкісних видів рослин і тварин та таких, що перебувають під загрозою зникнення;

створення до 2020 року системи економічних важелів сприяння збереженню біо- та ландшафтного різноманіття та формуванню екомережі на землях усіх форм власності;

вжиття до 2015 року адміністративних заходів з припинення катастрофічного зменшення запасів водних живих ресурсів унаслідок їх надмірної експлуатації та погіршення стану навколишнього природного середовища.

Ціль 6. Забезпечення екологічно збалансованого природокористування

Завданнями у цій сфері є:

підготовка та схвалення в 2012 році проекту Концепції 10-річних рамок політики сталого споживання та виробництва (ССВ) згідно з Йоганнесбурзьким планом дій, розроблення та реалізація Стратегії та національного плану дій до 2015 року;

подальший розвиток національної системи кадастрів природних ресурсів, державної статистичної звітності з використання природних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища;

технічне переоснащення виробництва на основі впровадження інноваційних проєктів, енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій, маловідходних, безвідходних та екологічно безпечних технологічних процесів до 2020 року;

запровадження до 2015 року системи економічних та адміністративних механізмів з метою стимулювання виробника до сталого та відновлюваного природокористування і охорони навколишнього природного середовища, широкого запровадження новітніх більш чистих технологій, інновацій у сфері природокористування;

підвищення енергоефективності виробництва на 25 відсотків до 2015 року та до 50 відсотків до 2020 року порівняно з базовим роком шляхом впровадження ресурсозбереження в енергетиці та галузях, що споживають енергію і енергоносії;

збільшення обсягу використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії на 25 відсотків до 2015 року та на 55 відсотків до 2020 року від базового рівня;

збільшення до 2020 року частки земель, що використовуються в органічному сільському господарстві, до 7 відсотків;

створення до 2015 року екологічно та економічно обґрунтованої системи платежів за спеціальне використання природних ресурсів та збору за забруднення навколишнього природного середовища для стимулювання суб'єктів господарювання до раціонального природокористування;

реформування до 2015 року діючої системи фондів охорони навколишнього природного середовища з метою посилення централізації коштів на рівні областей, Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя.

Ціль 7. Удосконалення регіональної екологічної політики

Завданнями у цій сфері є:

розроблення та виконання середньострокових регіональних планів дій з охорони навколишнього природного середовища як основного інструменту реалізації національної екологічної політики на регіональному рівні;

розроблення до 2015 року методології та підготовка місцевих планів дій з охорони навколишнього природного середовища;

впровадження екологічної складової в стратегічні документи розвитку міст та регіонів, урахування вимог Ольборзької хартії під час проведення оцінки регіональних програм соціального та економічного розвитку, перегляд до 2020 року генеральних планів розвитку великих міст з метою імплементації положень зазначених міжнародних документів;

законодавче забезпечення до 2015 року переходу від соціально-економічного планування до еколого-соціально-економічного планування розвитку регіонів і міст;

розроблення до 2020 року нормативно-правової бази щодо еколого-економічних макрорегіонів;

проведення до 2020 року класифікації регіонів за рівнями техногенно-екологічних ризиків, створення відповідних банків геоінформаційних даних і карт;

реалізація до 2015 року пілотного проекту щодо поєднання системи територіального планування з процедурами довгострокового прогнозування, еколого-соціально-економічного планування та проведення стратегічної екологічної оцінки на прикладі Карпатського макрорегіону;

розвиток партнерства "громадськість - влада - бізнес" на регіональному рівні з метою забезпечення до 2020 року соціальних та екологічних стандартів екологічно безпечного проживання населення;

зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище, припинення руйнування навколишнього природного середовища у межах міст, підвищення показників озеленення та територій зелених насаджень загального користування, зниження до 2020 року рівня забруднення атмосферного повітря, водойм, шумового та електромагнітного забруднення.

#### **Розділ 4. ІНСТРУМЕНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ**

Основними інструментами реалізації національної екологічної політики є:

міжсекторальне партнерство та залучення зацікавлених сторін;

оцінка впливу стратегій, програм, планів на стан навколишнього природного середовища;

удосконалення дозвільної системи у сфері охорони навколишнього природного середовища;

екологічна експертиза та оцінка впливу об'єктів екологічної експертизи на стан навколишнього природного середовища;

екологічний аудит, системи екологічного управління, екологічне маркування;

екологічне страхування;

технічне регулювання, стандартизація та облік у сфері охорони навколишнього природного середовища, природокористування та забезпечення екологічної безпеки;

законодавство у сфері охорони навколишнього природного середовища;

освіта та наукове забезпечення формування і реалізації національної екологічної політики;

економічні та фінансові механізми;

моніторинг стану довкілля та контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища і забезпечення екологічної безпеки;

міжнародне співробітництво у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки.

##### **4.1. Міжсекторальне партнерство та залучення зацікавлених сторін**

Важливим інструментом реалізації національної екологічної політики є розвиток партнерства між секторами та залучення до планування і реалізації політики усіх зацікавлених сторін (органи виконавчої влади, приватний сектор, виробники, науковці, громадські організації, органи місцевого самоврядування).

Створення міжвідомчої комісії "Довкілля для України" за аналогією з процесом ЄЕК ООН "Довкілля для Європи" та підтримка її діяльності є механізмом забезпечення такого партнерства. Завданнями зазначеної міжвідомчої комісії є щорічна підготовка і проведення національних конференцій "Довкілля для України" за участю громадськості, науковців, а також партнерів - представників міжнародних організацій та програм, екологічно дружнього бізнесу.

4.2. Оцінка впливу стратегій, програм, планів на стан навколишнього природного середовища

Удосконалення екологічного законодавства в частині застосування Стратегічної екологічної оцінки (СЕО) як обов'язкового інструменту стратегічного планування розвитку соціально-економічної політики на національному, регіональному та місцевому рівнях. Посилення соціально-економічного розвитку Центральноєвропейського та Східноєвропейського регіонів робить СЕО важливим інструментом оцінки впливу на навколишнє природне середовище, зокрема у транскордонному контексті.

4.3. Удосконалення дозвільної системи у сфері охорони навколишнього природного середовища

Удосконалення дозвільної системи у сфері охорони навколишнього природного середовища спрямоване на регулювання природокористування шляхом встановлення науково обґрунтованих обмежень на використання природних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища. Розвиток зазначеного виду діяльності пов'язаний із впровадженням інтегрованого дозволу щодо регулювання забруднення навколишнього природного середовища відповідно до Директиви ЄС про попередження та контроль забруднення ('ІРРС' 96/61/ЄС Directive), спрощення процедури видачі дозволу та забезпечення прозорості. Важливим аспектом є вдосконалення наукового забезпечення встановлення лімітів на використання природних ресурсів та встановлення гранично-допустимих рівнів забруднення навколишнього природного середовища.

4.4. Екологічна експертиза та оцінка впливу на стан навколишнього природного середовища

Екологічна експертиза та оцінка впливу на стан навколишнього природного середовища (ОВНС) спрямовані на запобігання негативному впливу на навколишнє природне середовище та встановлення відповідності запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки. Забезпечення ефективного проведення державної та громадської екологічної експертизи є важливим пріоритетом у природоохоронній діяльності і потребує поліпшення фінансової підтримки.

4.5. Екологічний аудит та системи екологічного управління

Екологічний аудит та системи екологічного управління спрямовані на підвищення екологічної обґрунтованості та ефективності діяльності суб'єктів господарювання, встановлення відповідності об'єктів екологічного аудиту вимогам природоохоронного законодавства та удосконалення управління суб'єктами господарювання, що провадять екологічно небезпечну діяльність, або окремими природними комплексами.

4.6. Екологічне страхування

Екологічне страхування є одним з видів страхування цивільної відповідальності власників або користувачів об'єктів підвищеної екологічної небезпеки у зв'язку з ймовірним аварійним забрудненням ними навколишнього природного середовища та спричиненням шкоди життєво важливим інтересам третіх осіб, яке передбачає часткову компенсацію шкоди, завданої потерпілим. Необхідно розробити та впровадити методику проведення оцінки ризиків та загроз, зумовлених експлуатацією екологічно небезпечних об'єктів, обчислення страхових тарифів відповідно до визначеного рівня ризику.

Надзвичайно важливим є створення ринку послуг екологічного страхування та заснування страхових компаній, здатних забезпечити надійний механізм страхування.

4.7. Технічне регулювання та стандартизація у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки

Технічне регулювання у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки спрямовані на впровадження науково обґрунтованих та безпечних для навколишнього природного середовища і здоров'я населення вимог до процесів, товарів та послуг.

Стратегічні завдання щодо розвитку системи технічного регулювання потребують інтеграції екологічних норм, вимог та правил відповідно до законодавчої бази Європейського Союзу.

Впровадження міжнародних стандартів у сфері ресурсозбереження, охорони навколишнього природного середовища, надкористування, систем екологічного управління та екологічних критеріїв до товарів та послуг надасть можливість вітчизняному товаровиробнику покращити екологічні аспекти виробництва і продукції та рівень конкурентоздатності на міжнародних ринках.

Необхідно розробити підсистему стандартизації та сертифікації у сфері екологічної безпеки, затвердити екологічні вимоги до продукції, а також гармонізувати національні стандарти до стандартів і норм ЄС та міжнародних стандартів серій ISO 14000, ISO 19000 з посиленням контролю з боку держави за використанням екологічних маркувань, зокрема щодо вмісту генетично модифікованих організмів. Пріоритетом розвитку цього інструменту є розроблення та впровадження системи державної підтримки вітчизняного товаровиробника продукції з поліпшеними екологічними характеристиками відповідно до законодавчо встановлених вимог, а також вдосконалення методів та систем державного обліку і статистичної звітності у сфері охорони навколишнього природного середовища.

4.8. Законодавство у сфері охорони навколишнього природного середовища

Реалізація екологічної політики потребує ефективного функціонування системи законодавства у сфері охорони навколишнього природного середовища, спрямованого на досягнення національних пріоритетів. Основними вимогами до такого законодавства є його відповідність Конституції України, наближення до відповідних директив ЄС, забезпечення впровадження багатосторонніх екологічних угод (конвенцій, протоколів тощо), стороною яких є Україна, соціальна прийнятність, реалістичність, економічна ефективність. Законодавство має сприяти гнучкому застосуванню відповідних економічних інструментів для стимулювання впровадження інноваційних екологічних технологій, розв'язанню екологічних проблем на місцевому рівні.

Приведення у відповідність екологічного законодавства України із положеннями джерел *acquis communautaire* в першу чергу необхідно здійснити за такими напрямками:

забезпечення наскрізності екологічної політики, її інтеграції до політик державного, галузевого (секторального), регіонального та місцевого розвитку;

моніторинг і оцінка якості атмосферного повітря, зокрема щодо загальнопоширених забруднюючих речовин, зонування території України, планів поліпшення якості атмосферного повітря в зонах і агломераціях; регулювання зменшення вмісту сірки у пальному;

перегляд нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах під час виробництва певних категорій транспортних засобів в Україні;

перегляд нормативів якості поверхневих вод, які використовуються для потреб централізованого водопостачання і для культурно-побутового користування, очищення комунальних стоків, запобігання забрудненню внаслідок змиву нітратів із сільськогосподарських земель;

здійснення контролю за поводженням з такими видами відходів, як використані хімічні джерела струму, ртутні, у тому числі компактні, відпрацьовані оливи, електро-не обладнання, не придатні до використання транспортні засоби;

впровадження комплексної/інтегрованої дозвільної системи для стаціонарних джерел викидів (у першу чергу енергогенеруючих);

ліцензування виробництва, застосування, імпорту і експорту небезпечних хімічних речовин, контроль за їх вмістом у продукції та безпечно видалення.

Враховуючи потреби врегулювання питань, що викликають резонанс у суспільстві, необхідно:

забезпечити дотримання законодавства України, що гарантує права громадян на доступ і користування землями водного фонду і землями рекреаційного, оздоровчого, природоохоронного та історико-культурного призначення;

завершити формування національної законодавчої бази з питань біобезпеки та забезпечити її подальше вдосконалення з урахуванням відповідних положень законодавства ЄС. Розглянути доцільність розроблення підзаконних актів щодо участі громадськості у прийнятті рішень або ратифікації Алматинської поправки до Орхуської конвенції. Розробити процедуру і методи запобігання неконтрольованому вивільненню генетично модифікованих організмів, зокрема щодо удосконалення процедури дозвільної системи, системи прийняття рішень, порядку маркування, стандартизації, державної реєстрації генетично модифікованих організмів, продукції, отриманої з їх використанням, та встановлення обмеження щодо їх застосування; системи пакування, зберігання, транспортування і маркування продукції, що надходить в обіг; використання генетично модифікованих організмів у замкнених системах, поводження з відходами генетично модифікованих організмів і тарою;

розробити комплексні регіональні і місцеві програми, спрямовані на вирішення таких актуальних екологічних проблем:

оптимізація планування забудови і розвитку зелених зон;

підвищення якості атмосферного повітря і зниження рівня шуму шляхом оптимізації транспортних потоків та мінімізації викидів із стаціонарних джерел;

мінімізація утворення, сортування, переробка та безпечна утилізація або захоронення відходів;

підвищення якості і забезпечення доступу до якісної питної води.

З метою удосконалення природоохоронної діяльності підприємств необхідно:

сприяти вирішенню із суб'єктами господарювання питань щодо виконання програм збору і утилізації продукції після завершення строку її використання, забезпечення інформування населення про вплив виробничої діяльності на стан довкілля, організації широких громадських обговорень щодо планів будівництва;

здійснювати збалансовану політику, спрямовану на підвищення вимог і відповідальності суб'єктів господарювання за забруднення навколишнього природного середовища і на стимулювання впровадження природоохоронних заходів. З цією метою необхідно передбачити підвищену відповідальність за забруднення навколишнього природного середовища і компенсацію завданих збитків, включаючи повну вартість рекультивації/санації забруднених ґрунтів/підземних вод. Цьому також сприятиме адаптація існуючих методик проведення розрахунку збитків за забруднення навколишнього природного середовища до найкращої світової практики, зокрема щодо забруднення ґрунтів і підземних вод. Необхідно законодавчо визначити засади пільгового стимулювання діяльності, що передбачає добровільне зобов'язання щодо очищення забруднених земель, зокрема в ході їх приватизації і впровадження новітніх екологічно чистих технологій.

4.9. Освітнє та наукове забезпечення формування і реалізації національної екологічної політики



Розроблення методологічних основ та запровадження безперервної екологічної освіти сприятимуть успішній реалізації національної екологічної політики. Такі її складові, як екологічна освіта для сталого розвитку, програма екологічної освіти в рамках державних освітніх програм для дошкільних навчальних закладів, для загальноосвітніх навчальних закладів та вищих навчальних закладів I-IV рівнів акредитації, програми післядипломної освіти та курсової перепідготовки фахівців, є критерієм успішності реалізації Стратегії. Випереджаючими темпами має розвиватися всеохоплююча екологічна просвіта та виховання підростаючого покоління шляхом підтримки діяльності поза-шкільних закладів освіти, еколого-натуралістичних центрів та природничих секцій центрів дітей та юнацтва. Необхідно налагодити виробництво виховних та соціальних природоохоронних програм на телебаченні, забезпечити підготовку публікацій, видання спеціальних інформаційних випусків, буклетів, бюлетенів. Подальший розвиток та підтримка неурядових організацій сприятимуть активізації екологічного руху в Україні, поширенню міжнародних зв'язків для спільного розв'язання екологічних проблем, обміну інформацією, знаннями та досвідом, а отже, формуванню свідомого громадянського суспільства на засадах сталого розвитку.

Під час розроблення програм наукового та інноваційного розвитку необхідно враховувати потребу в раціоналізації та оптимізації природокористування, зокрема технологічного переоснащення виробництва шляхом:

- енергозбереження, розвитку відновлюваних та альтернативних джерел енергії, а також збільшення обсягу використання джерел енергії з низьким рівнем викидів двоокису вуглецю;

- ресурсозбереження, зменшення питомого споживання земельних ресурсів, води, деревини, мінеральних та органічних речовин природного походження на одиницю виробленої продукції, забезпечення більш якісного та комплексного їх перероблення, а також використання відходів як сировини, їх більш повної переробки для виробництва продукції і товарів широкого вжитку;

- удосконалення технологій очищення атмосферного повітря, водних об'єктів, мінімізації утворення відходів;

- розроблення нових нормативів якості навколишнього природного середовища, нормативів безпеки використання природних ресурсів, граничних нормативів впливу на навколишнє природне середовище, стандартів екологічної безпеки тощо;

- розвитку технологій промислового та сільськогосподарського виробництва, що унеможливають або зменшують обсяг використання екологічно небезпечних хімічних речовин та їх сполук;

- виконання регіональних програм соціально-економічного розвитку та схем територіального та місцевого планування з дотриманням принципів сталого розвитку та розвитку екомережі;

- відтворення рідкісних біологічних видів, а також тих, що перебувають під загрозою зникнення, розроблення схем їх адаптації до сучасних умов життя.

#### 4.10. Економічні та фінансові механізми

Забезпечення стабільного фінансування природоохоронної діяльності, вдосконалення економічних інструментів є основними передумовами реалізації екологічної політики в Україні.

Розроблені та впроваджені на початку 90-х років XX століття економічні інструменти та механізми фінансування природоохоронної діяльності потребують подальшого розвитку в умовах глобалізації.

Внаслідок обмеженості бюджетних коштів важливим є пошук нових джерел фінансування природоохоронних заходів, спрямованих на ліквідацію забруднення, забезпечення екологічної безпеки, заходів, пов'язаних з відтворенням та підтриманням природних ресурсів у належному стані. У зв'язку з цим необхідно забезпечити до 2020 року

сприятливий податковий, кредитний та інвестиційний клімат для залучення коштів міжнародних донорів та приватного капіталу в природоохоронну діяльність, створення суб'єктами господарювання систем екологічного управління, впровадження більш чистого виробництва, технологій ресурсо- та енергозбереження.

З метою розвитку економічного механізму природокористування та природоохоронної діяльності необхідно:

- удосконалити нормативно-правову базу з питань оподаткування забруднення навколишнього природного середовища, зокрема виробництва, зберігання, транспортування та споживання екологічно небезпечної продукції, яка негативно впливає на навколишнє природне середовище та здоров'я населення;

- підвищити збір за забруднення навколишнього природного середовища, збільшивши плату за скидання одиниці маси забруднюючої речовини до європейського рівня, з урахуванням токсичності;

- реформувати систему фондів охорони навколишнього природного середовища для мобілізації фінансових ресурсів на національному рівні та на рівнях Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя;

- удосконалити нормативно-правову базу з питань природокористування на платній основі;

- удосконалити методика визначення шкоди, заподіяної внаслідок порушення законодавства у сфері охорони навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів;

- переглянути пільги щодо спеціального використання природних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища з метою їх мінімізації;

- збільшити податкове навантаження на ті види діяльності та форми споживання, що є екологічно шкідливими для суспільства, насамперед на шкідливу для здоров'я людей продукцію, ресурсні та екологічні платежі;

- стимулювати розвиток екологічного підприємництва, зокрема виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг природоохоронного призначення.

4.11. Моніторинг стану довкілля і контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки.

Для забезпечення розвитку державної системи моніторингу навколишнього природного середовища, спрямованого на надання органам виконавчої влади, органам місцевого самоврядування і населенню своєчасної, достовірної інформації про його стан, та з метою підвищення ефективності здійснення державного контролю за дотриманням природоохоронного законодавства необхідно проаналізувати інформаційні потреби системи державного управління, створити єдину мережу спостережень, здійснити оптимізацію, модернізацію і технічне забезпечення системи моніторингу навколишнього природного середовища, вдосконалити метрологічне забезпечення проведення спостережень, інтегрувати інформаційні ресурси суб'єктів системи моніторингу і забезпечити функціонування єдиної автоматизованої підсистеми збирання, оброблення, проведення аналізу і збереження екологічних даних.

Завданням державного контролю у сфері охорони навколишнього природного середовища є забезпечення виконання вимог законодавства у зазначеній сфері. Зміцнення інституціональної спроможності системи державного екологічного контролю за дотриманням природоохоронного законодавства передбачає:

- вдосконалення нормативно-правової бази щодо здійснення державного контролю у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки;

- перегляд існуючої організаційної структури і розподілу повноважень територіальних органів Державної екологічної інспекції України;

- здійснення комплексу заходів, спрямованих на підвищення рівня відповідальності суб'єктів господарювання за виконанням вимог природоохоронного законодавства;

врегулювання відносин у сфері здійснення громадського контролю за використанням природних ресурсів та охороною навколишнього природного середовища.

4.12. Міжнародне співробітництво у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки

Для здійснення на належному рівні міжнародного співробітництва у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки необхідне:

безумовне виконання міжнародних зобов'язань відповідно до багатосторонніх та двосторонніх міжнародних договорів України;

послідовне врахування рекомендацій всесвітніх самітів ООН зі сталого розвитку в містах Ріо-де-Жанейро та Йоганнесбурзі;

розширення співробітництва з питань запобігання транскордонному забрудненню навколишнього природного середовища;

запобігання глобальній зміні клімату;

забезпечення активної участі українських представників у роботі міжнародних організацій природоохоронного спрямування.

## **Розділ 5. ЕТАПИ РЕАЛІЗАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ**

Досягнення цілей Стратегії здійснюватиметься в два етапи:

до 2015 року передбачається забезпечити стабілізацію екологічної ситуації, уповільнення темпів зростання антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище, створення умов для підвищення рівня екологічної безпеки населення, започаткування переходу до природоохоронних стандартів Європейського Союзу, розроблення відповідних нормативно-правових актів, підвищення громадської активності у сфері охорони навколишнього природного середовища;

протягом 2016-2020 років передбачається здійснити поступове розмежування функцій з охорони навколишнього природного середовища та господарської діяльності з використання природних ресурсів, імплементацію європейських екологічних норм і стандартів, екосистемне планування, впровадження переважно економічних механізмів стимулювання екологічно орієнтованих структурних перетворень, досягнення збалансованості між соціально-економічними потребами та завданнями у сфері збереження навколишнього природного середовища, забезпечити розвиток екологічно ефективного партнерства між державою, суб'єктами господарювання та громадськістю, широке поширення екологічних знань.

## **Розділ 6. МОНІТОРИНГ ВИКОНАННЯ ТА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ**

Проведення моніторингу реалізації Стратегії організовується з метою отримання достовірної інформації про ефективність виконання планів, проектів і програм з охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки.

Основою моніторингу є система цільових показників (наведені у додатку до Стратегії), орієнтованих на індикатори сталого розвитку та завдання збалансованої екологічної політики. Результати моніторингу висвітлюються у Національній доповіді про реалізацію національної екологічної політики України, що подається Кабінетом Міністрів України Верховній Раді України кожні п'ять років, у регіональних та галузевих екологічних звітах, які щороку подаються до уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування.

Уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища здійснює моніторинг реалізації Стратегії та за результатами моніторингу, а також на основі регіональних та галузевих екологічних звітів щорічно готує та видає звіт про реалізацію Національної екологічної політики України.

## Розділ 7. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ СТРАТЕГІЇ

Виконання Стратегії дасть змогу:

створити ефективну систему інформування населення з питань охорони навколишнього природного середовища та підвищити рівень екологічної свідомості громадян України; поліпшити стан навколишнього природного середовища до рівня, безпечного для життєдіяльності населення, з урахуванням європейських стандартів якості навколишнього природного середовища; постійно зменшувати та поступово ліквідувати залежність між економічним зростанням та погіршенням стану навколишнього природного середовища; припинити втрати біо- та ландшафтного різноманіття і сформувати цілісну та репрезентативну екомережу; створити систему екологічно збалансованого використання природних ресурсів; мінімізувати забруднення ґрунтів небезпечними пестицидами, агрохімікатами, важкими металами та відходами; забезпечити перехід до системи інтегрованого екологічного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища та розвиток природоохоронної складової в галузях економіки; здійснити реформування податкової системи з метою посилення значущості екологічного оподаткування як стимулятора зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище, розроблення дієвого економічного механізму природокористування; вдосконалити державну систему моніторингу навколишнього природного середовища та систему інформаційного забезпечення процесу прийняття управлінських рішень.

**2. КОНВЕНЦІЯ ПРО ЗАБОРОНУ ВІЙСЬКОВОГО ЧИ БУДЬ-ЯКОГО ІНШОГО, ВОРОЖОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ВПЛИВУ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ 1976** (англ. *Convention of the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques*) – міжнародний правовий документ, прийнятий Генеральною Асамблеєю ООН 10 грудня 1976 року. Відкрита для підписання 18 травня 1977 року в Женеві (Швейцарія), набула чинності 5 жовтня 1978 року. Органом прийняття рішень Конвенції є Консультативний експертний комітет. Депозитарій – генеральний секретар ООН. Договірних сторін – 72 (на поч. 2007). Складається з преамбули, 10 статей і додатка. Необхідність прийняття Конвенції зумовлена появою можливості активного впливу на природне середовище у військових цілях. Конвенція передбачає, що кожна держава-учасниця зобов'язується не вдаватися до військового чи будь-якого іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище, що матиме широкі, довгострокові чи серйозні наслідки у формі руйнування, нанесення збитку чи заподіяння шкоди будь-якій іншій державі-учасниці. Це стосується різних засобів для зміни (шляхом навмисного управління природними процесами) динаміки, складу або структури Землі, включаючи її біоту, літосферу, гідросферу й атмосферу, а також космічного простору. Конвенція не перешкоджає використанню засобів впливу на природне середовище в мирних цілях і діє безстроково. Україна є учасницею цієї Конвенції, ратифікованої Указом Президії Верховної Ради УРСР від 25 травня 1978 р «Про ратифікацію Конвенції про заборону військового чи будь-якого іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище».

**3. КОНВЕНЦІЯ ПРО ДОСТУП ДО ІНФОРМАЦІЇ, УЧАСТЬ ГРОМАДСЬКОСТІ У ПРОЦЕСІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ДОСТУП ДО ПРАВОСУДДЯ З ПИТАНЬ, ЩО СТОСУЮТЬСЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, 1998, ОРГУСЬКА КОНВЕНЦІЯ** – міжнародний правовий документ, схвалений 25 червня 1998 на 4 Нараді міністрів охорони навколишнього природного середовища «Довкілля для Європи» у місті Оргусі (Данія) з метою закріплення юридичної можливості реалізувати та захистити право кожної людини на сприятливе для її здоров'я та добробуту довкілля; вільний доступ до екологічної інформації; участь у прийнятті екологічно значущих рі-

шень; доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища. Орган прийняття рішень Конвенції – Зустріч Сторін. Секретаріат перебуває в Женеві (Швейцарія). Депозитарій – Генеральний секретар ООН. Кількість Договірних сторін – 40 (січень 2007). Складається з преамбули, 3 розділів, 22 статей і 2 додатків.

Згідно з Конвенцією кожний громадянин, який вважає, що його права, визначені цим документом, порушені, може звернутися до судових органів з метою оскарження прийнятого рішення або відновлення порушеного права.

Україна ратифікувала Конвенцію згідно з законом «Про ратифікацію Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень, доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища» від 6 липня 1999 р. 28 листопада 2002 Верховна Рада України ухвалила Закон України «Про внесення змін і доповнень до деяких законодавчих актів України у зв'язку з ратифікацією Україною Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень, доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища». Для запровадження реальних механізмів виконання Організаційної конвенції Мінприроди України 18 грудня 2003 затвердило Положення про участь громадськості у прийнятті рішень у сфері охорони довкілля; 2004 започатковано діяльність Організаційного інформаційно-тренінгового центру при Мінприроди України.

**4. КОНВЕНЦІЯ ПРО БІОРИЗНОМАНІТТЯ 1992 Р. (англ. *Convention on Biological Diversity*)** – Міжнародний правовий документ, відкритий для підписання 5 червня 1992 р. в місті Ріо-де-Жанейро (Бразилія) на Конференції ООН з довкілля та розвитку. Набула чинності 29 грудня 1993. Найвищим органом Конвенції є Конференція Сторін, наради якої скликають раз на два роки (до 2007 відбулося 8 нарад), виконавчий орган – Секретаріат, розташований в м. Монреалі (Канада). Депозитарій – Генеральний секретар ООН. Станом на 1 січня 2007 Сторонами Конвенції були 188 країн світу. Складається з преамбули, 42 статей та 2 додатків. Мета Конвенції: збереження біорізноманіття, невиснажливе використання його компонентів, спільне отримання на справедливій та рівній основі вигод, пов'язаних з використанням генетичних ресурсів, у тому числі шляхом надання доступу до генетичних ресурсів, а також належної передачі відповідних технологій з урахуванням усіх прав на такі ресурси і технології. Перший додаток містить орієнтовний перелік категорій компонентів біорізноманіття, що мають важливе значення для його збереження та невиснажливого використання. Другий додаток встановлює процедуру арбітражного розгляду. Конференція сторін ініціювала роботу за такими тематичними робочими програмами: сільськогосподарське біорізноманіття, біорізноманіття посушливих земель, біорізноманіття лісів, біорізноманіття внутрішніх вод, біорізноманіття острівних екосистем, морське та прибережне біорізноманіття, біорізноманіття гір. Визначено також наскрізні питання, відображені в рамках тематичних програм: доступ до генетичних ресурсів; інвазійні (чужорідні) види; біорізноманіття і туризм; зміна клімату і біорізноманіття; глобальна стратегія збереження рослин; заповідні території; просвіта й підвищення рівня обізнаності громадськості; невиснажливе використання біорізноманіття та інші. У рамках Конвенції укладено Картахенський протокол про біобезпеку (2000). Україна підписала Конвенцію 11 червня 1992 і стала її Договірною стороною відповідно до Закону «Про ратифікацію Конвенції про охорону біологічного різноманіття» від 29 листопада 1994. Документ набув чинності для України 7 лютого 1995. На впровадження положень Конвенції спрямовані закони України «Про природно-заповідний фонд України» (1992), «Про тваринний світ» (1993), «Про рослинний світ» (1999), «Про Червону книгу України» (2002), «Про екологічну мережу» (2004), «Про загальнодержавну програму формування національної екомережі на 2000-2015 роки» (2000) тощо.

**5. ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ. ПОСТАНОВА ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ ПРО ЧЕРВОНУ КНИГУ УКРАЇНИ** Відповідно до Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища” з метою збереження та відтворення біологічного різноманіття, рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин і рослин України Верховна Рада України постановляє:

1. Затвердити Положення про Червону книгу України, що додається.

2. Кабінету Міністрів України: забезпечити розробку та виконання комплексу заходів, спрямованих на збереження і відтворення біологічного різноманіття, рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин і рослин України відповідно до вимог, встановлених цим Положенням; розглянути можливість приєднання України до міжнародних угод з цих питань; привести рішення Уряду України у відповідність із Положенням про Червону книгу України.

Голова Верховної Ради України м. Київ, 29 жовтня 1992 р.

Серед численних проблем охорони природи особливе місце належить збереженню та раціональному використанню диких тварин, найменш захищених від людської діяльності. Необхідність охорони тварин і рослин поряд з охороною атмосфери, земель, надр і вод відображена у багатьох документах міжнародного співробітництва: Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни та флори, які перебувають під загрозою зникнення (1973), Всесвітній стратегії охорони природи (1978), Червоній книзі Міжнародної Спільки охорони природи та природних ресурсів (МСОП), Європейському Червоному списку тварин, що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі (1991), у Червоних книгах окремих країн.

Червона книга України є основним державним документом з питань охорони тваринного і рослинного світу. Вона містить узагальнені відомості про сучасний стан видів тварин і рослин України, які перебувають під загрозою зникнення, і заходи щодо їх збереження та науково обґрунтованого відтворення. До Червоної книги України заносяться види тварин і рослин, які постійно або тимчасово перебувають чи зростають у природних умовах на території України, в межах її територіальних вод, континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, і знаходяться під загрозою зникнення.

Перше видання Червоної книги України (1980 р.) містило опис 85 видів (підвидів) тварин: 29 – ссавців, 28 – птахів, 6 – плазунів, 4 – земноводних, 18 – комах і 151 вид вищих рослин. За час, що минув після 1980 року, наукові знання про тваринний світ значно поповнилися; декотрі тварини, які ще недавно були звичайними, сьогодні стали рідкісними або зникли. Вчені критично переглянули список видів (підвидів) фауни України, визначили рідкісні, зникаючі та ін. категорії, занесли їх до Червоної книги незалежно від місця виду у природі та його господарського значення, керуючись основним принципом – збереження видової різноманітності диких тварин у природі та цілісності біоценозів, у сукупності яких вони існують.

Друге видання Червоної книги підготовлено у двох томах: “Тваринний світ” і “Рослинний світ”. Том – “Червона книга України. Тваринний світ” – складається з 11 розділів, що включають статті про 382 види тварин: гідроїдні поліпи (2 види), черви круглі (2) та черви кільчасті (7), ракоподібні (26), павукоподібні (2) та багатоніжки (3), комахи (173), молюски (12), круглороті (2) та риби (32), земноводні (5), плазуни (8), птахи (67), ссавці (41). Матеріал про кожний вид (підвид) тварин, розміщено у систематичному порядку за загальноприйнятою класифікацією і викладено за такою схемою: назва тварини (українська з найвідомішими синонімами та латинська), ряд, родина, таксономічна характеристика (унікальність таксону, близькі види, підвиди), статус, прийнятий з урахуванням категорій Червоної книги МСОП і Європейського Червоного списку, поширення (враховано відомі знахідки та спеціальні спостереження) в Україні та за її ме-

Отформатировано: List Paragraph, Отступ: Первая строка: 28,35 пт, Добавлять интервал между абзацами одного стиля

Удалено: ¶

Удалено: Тваринний світ України відрізняється розмаїтим видовим складом і включає за приблизними підрахунками 44 800 видів тварин. На території України – багато унікальних природних місцевостей, де водяться рідкісні реліктові або ендемічні тварини. У зв'язку з інтенсифікацією господарської діяльності, що проникає у найвіддаленіші куточки, і посиленням негативного впливу антропогенних факторів на природне середовище, збереження тваринного і рослинного світу стало одним з найактуальніших завдань держави.

Отформатировано: Шрифт: курсив, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: Шрифт: курсив, Цвет шрифта: Авто

Удалено: , нинішнє,

Удалено: ¶

жами (ареал), місця перебування, чисельність у природі (на основі цього вирішується питання про категорійність виду), її зміни, особливості біології, відомості про розмноження або розведення у неволі, заходи охорони (здійснені, рекомендовані, необхідні для врятування виду), джерела інформації. Кожна стаття супроводжується ілюстрацією (фотографія чи малюнок) та картосхемою поширення виду (підвиду) в Україні.

Залежно від стану та ступеня загрози для популяції видів тварин, занесених до Червоної книги України, вони поділяються на такі категорії: зниклі (0), зникаючі (I), вразливі (II), рідкісні (III), невизначені (IV), недостатньо відомі (V), відновлені (VI). Характеристика кожної категорії міститься в Положенні про Червону книгу України.

“Червона книга України. Тваринний світ” – результат праці великого колективу авторів з Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, Інституту біології південних морів ім. О. О. Ковалевського НАН України та його Одеського відділення, Київського, Донецького, Запорізького, Одеського, Чернівецького та Ужгородського університетів, Українського педагогічного університету (Київ), Криворізького, Луганського, Мелітопольського та Ніжинського педагогічних інститутів, Харківського сільськогосподарського інституту, Українського лісотехнічного університету (Львів) та Львівської академії ветеринарної медицини, Сімферопольського медичного інституту, орнітологічних станцій Інституту зоології НАН України та Мелітопольського педінституту, Львівського природничого музею НАН України, заповідників.

Пропозиції щодо занесення тварин до Червоної книги України одержано від 26 установ, у т. ч. академічних, відомчих інститутів, вузів, від Головного управління мисливського господарства Міністерства лісового господарства України, Українського товариства мисливців і рибалок, від заповідників, природничих музеїв, окремих зоологів.

Червона книга України – це офіційний державний документ, який містить перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу у межах території України, континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, а також узагальнені відомості про сучасний стан цих видів та заходи щодо їх збереження і відтворення.

Червона книга містить сім категорій видів тваринного і рослинного світу, а їх диференціація залежить від небезпеки зникнення того чи іншого виду. Це категорії: зниклі, зниклі в природі, зникаючі, вразливі, рідкісні, неоцінені та недостатньо відомі.

У 2009 р. вийшло третє видання Червоної книги України. До нього занесено 542 види тварин: гідроїдні поліпи (2 види), круглі (2) та кільчасті (9) черви, ракоподібні (31), павукоподібні (2) та багатоніжки (3), ногохвістки (2), комахи (226), молюски (20), круглороті (2) та риби (69), земноводні (8), плазуни (11), птахи (87), ссавці (68). Кількість видів тварин у третьому порівняно з другим виданням збільшилась на 160 видів, а у другому порівняно з першим – на 297 видів. Таким чином, з урахуванням приблизно однакових проміжків часу між виданнями Червоної книги України, спостерігається певне уповільнення темпів зменшення втрати різноманіття окремих таксономічних груп фауни України. Разом з тим, викликає занепокоєння суттєве збільшення у Червоній книзі України кількості видів риб та ссавців.

До третього видання «Червона книга України» (рослинний світ) занесено 826 видів рослин і грибів. Кількість видів рослин у третьому порівняно з другим виданням збільшилась на 285 видів, а у другому порівняно з першим – на 390 видів. Таким чином, з урахуванням приблизно однакових проміжків часу між виданнями Червоної книги України, спостерігається певне уповільнення темпів зменшення втрати різноманіття видів рослин і грибів України.

Кабінет Міністрів України забезпечує офіційне видання та розповсюдження Червоної книги України не рідше одного разу на 10 років.

**Удалено:** Списки відібраних для включення до Червоної книги тварин було розповсюджено серед відповідних установ і фахівців, зауваження узагальнювалися Міжвідомчою комісією з питань підгот...

Отформатировано ... [1]

Отформатировано ... [2]

Отформатировано ... [3]

Отформатировано ... [4]

Отформатировано ... [5]

Код поля изменен

Отформатировано ... [6]

Код поля изменен

Отформатировано ... [7]

Код поля изменен

Отформатировано ... [8]

Код поля изменен

Отформатировано ... [9]

Код поля изменен

Отформатировано ... [10]

Код поля изменен

Отформатировано ... [11]

Код поля изменен

Отформатировано ... [12]

Код поля изменен

Отформатировано ... [13]

Код поля изменен

Отформатировано ... [14]

Код поля изменен

Отформатировано ... [15]

Код поля изменен

Отформатировано ... [16]

Код поля изменен

Отформатировано ... [17]

Код поля изменен

Отформатировано ... [18]

Код поля изменен

Отформатировано ... [19]

Код поля изменен

Отформатировано ... [20]

Отформатировано ... [21]

Код поля изменен

Отформатировано ... [22]

Код поля изменен

Отформатировано ... [23]

Код поля изменен

Отформатировано ... [24]

Отформатировано ... [25]

**6. ЗЕЛЕНА КНИГА УКРАЇНИ (ЗКУ)** – державний документ, у якому зведено відомості про сучасний стан рідкісних, зникаючих і типових природних рослинних угруповань України, що потребують охорони. Ідея створення Зеленої книги належить українським вченим. У 1983 році на 7 з'їзді Всесоюзного ботанічного товариства Ю. Р. Шеляг-Сосонко та Т. Л. Андрієнко представили проект Зеленої книги Української РСР, яку було видано в 1987 році у вигляді наукової монографії. До неї було занесено 127 рідкісних, зникаючих і типових фітоценозів. У 1997 було офіційно затверджено Положення про ЗКУ. В 2002 воно було доопрацьоване і затверджене постановою КМ України. До ЗКУ вносять цінні з наукового погляду природні рослинні угруповання, насамперед ті, в яких домінують та співдомінують рідкісні, реліктові, ендемічні види; види, що ростуть на території України на межі свого ареалу, а також зональні угруповання, які мають типову структуру. ЗКУ є основою для розроблення заходів, спрямованих на охорону занесених до неї природних рослинних угруповань, зокрема збереження їхньої ценотичної структури умов місцезростання. Природні рослинні угруповання, що потребують занесення до ЗКУ, визначають за методикою, затвердженою Мінприроди України. Угруповання, занесені до ЗКУ, підлягають особливій охороні на всій території України. У цих фітоценозах забороняється будь-яка діяльність, що негативно впливає на їхній стан і загрожує збереженню їх або порушує місцезростання. Ведення ЗКУ фінансується з Державного бюджету України. Офіційне видання та розповсюдження забезпечує Міністерство охорони навколишнього природного середовища України.

**7. ЗАКОН УКРАЇНИ ПРО ДЕРЖАВНУ СИСТЕМУ БІОБЕЗПЕКИ ПРИ СТВОРЕННІ, ВИПРОБУВАННІ, ТРАНСПОРТУВАННІ ТА ВИКОРИСТАННІ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ** – регулює відносини між органами виконавчої влади, виробниками, продавцями (постачальниками), розробниками, дослідниками, науковцями та споживачами генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої за технологіями, що передбачають їх розробку, створення, випробування, дослідження, транспортування, імпорт, експорт, розміщення на ринку, вивільнення у навколишнє середовище та використання в Україні (далі - поведження з ГМО) із забезпеченням біологічної і генетичної безпеки.

Цей Закон не застосовується до людини, тканин та окремих клітин у складі людського організму.

#### Розділ I. Загальні положення

**Стаття 1. Терміни та їх визначення** У цьому Законі наведені нижче терміни вживаються у такому значенні:

*біологічна безпека* - стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функцію людської особи в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також відсутній незворотній негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварини;

*генетична безпека* - стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній будь-який неприродний вплив на людський геном, відсутній будь-який неприродний вплив на геном об'єктів біосфери, а також відсутній неконтрольований вплив на геном сільськогосподарських рослин і тварин, промислових мікроорганізмів, який призводить до появи у них негативних та/або небажаних властивостей;

*організм, живий організм* – будь-яка форма біологічного існування (включаючи стерильні організми, віруси та віроїди), здатна до самовідтворення або передачі спадкових факторів;

*генетично модифікований організм, живий змінений організм (ГМО)* - будь-який організм, у якому генетичний матеріал був змінений за допомогою штучних прийомів переносу генів, які не відбуваються у природних умовах, а саме:



рекомбінантними методами, які передбачають формування нових комбінацій генетичного матеріалу шляхом внесення молекул нуклеїнової кислоти (вироблених у будь-який спосіб зовні організму) у будь-який вірус, бактеріальний плазмід або іншу векторну систему та їх включення до організму-господаря, в якому вони зазвичай не зустрічаються, однак здатні на тривале розмноження;

методами, які передбачають безпосереднє введення в організм спадкового матеріалу, підготовленого зовні організму, включаючи мікроін'єкції, макроін'єкції та мікроін-капсуляції;

злиття клітин (у тому числі злиття протоплазми) або методами гібридизації, коли живі клітини з новими комбінаціями генетичного матеріалу формуються шляхом злиття двох або більше клітин у спосіб, який не реалізується за природних обставин;

*продукція, отримана з використанням ГМО* - продукція, в тому числі харчові продукти та корми, технологія виробництва якої передбачає використання ГМО на будь-якому етапі;

*генетично-інженерна діяльність* - практична сфера діяльності, пов'язана зі створенням, випробуванням та впровадженням ГМО в обіг;

*вивільнення ГМО у навколишнє середовище* - діяння (дія або бездіяння), в результаті якого відбулося внесення ГМО у навколишнє середовище;

*система замкнена* - система здійснення генетично-інженерної діяльності, при якій генетичні модифікації вносяться в організм або ГМО, культивуються, обробляються, зберігаються, використовуються, підлягають транспортуванню, знищенню або похованню в умовах існування систем захисту, що запобігають контакту з населенням та навколишнім середовищем;

*система відкрита* - система здійснення генетично-інженерної діяльності, що передбачає контакт ГМО з населенням та навколишнім середовищем при запланованому вивільненні їх у навколишнє середовище, застосуванні у сільськогосподарській практиці, промисловості, медицині та в природоохоронних цілях, передачі технологій та інших сферах обігу ГМО;

*ризик* - можливість виникнення та вірогідні масштаби наслідків від негативного впливу на здоров'я людини та довкілля при здійсненні генетично-інженерної діяльності та поводженні з ГМО протягом певного періоду часу;

*аналіз ризику* - процес, що складається з трьох взаємопов'язаних компонентів: оцінка ризику ГМО, управління (керування) ризиком та повідомлення про ризик;

*оцінка ризику* - науково обґрунтований процес, який складається з ідентифікації небезпеки ГМО, характеристики небезпеки, оцінки впливу, характеристики ризику;

*управління ризиком* - процес вибору альтернативних рішень на підставі результатів оцінки ризику ГМО та в разі необхідності вибору і впровадження відповідних засобів управління (контролю), включаючи регуляторні заходи;

*повідомлення про ризик* - взаємний обмін інформацією про ризик ГМО між спеціалістами з оцінки ризику, особами, що здійснюють управління ризиком, заінтересованими торговими партнерами та іншими заінтересованими сторонами;

*державна реєстрація ГМО* - занесення ГМО до реєстру з урахуванням оцінки їх ризику щодо впливу на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища з метою подальшого отримання дозволу на практичне використання ГМО в Україні відповідно до їх господарського призначення;

*Державний реєстр ГМО* - спеціалізований перелік ГМО, які пройшли реєстрацію, з визначенням їх подальшого господарського призначення;

Державний реєстр ГМО джерел харчових продуктів та кормів - спеціалізований перелік ГМО, відносно яких на підставі міжнародних правил і критеріїв оцінки безпечності для здоров'я людини і тварин зроблено висновок про можливість їх використання в якості харчових продуктів та/або кормів, та/або їх джерел;

обіг - переміщення (транспортування) або зберігання та будь-які дії, пов'язані з переходом права власності чи володіння, включаючи продаж, обмін або дарування органами виконавчої влади відповідно до їх повноважень, передбачених статтями 8-11 цього Закону, в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Ввезення харчових продуктів, косметичних засобів, лікарських засобів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, які містять ГМО або отримані з їх використанням, для безпосереднього вживання за призначенням можливе тільки за умови державної реєстрації відповідних ГМО джерел та переліченої у цій частині продукції. Порядок такого ввезення встановлюється Кабінетом Міністрів України. Дозвіл на транзитне переміщення незареєстрованих в Україні ГМО надається центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

#### **Стаття 17. Транспортування, зберігання та утилізація ГМО**

Транспортування та зберігання ГМО повинно передбачати здійснення комплексу заходів, що попереджують неконтрольоване вивільнення ГМО у навколишнє природне середовище. Обліковий матеріал ГМО, одержаний при випробуваннях, непридатні або заборонені до використання ГМО, а також тара від них, підлягають утилізації, знищенню та знешкодженню в порядку, що встановлюється центральним органом виконавчої влади з питань освіти і науки та центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів.

Положення цієї статті не стосуються ГМО харчових продуктів та кормів, зареєстрованих відповідно до вимог статті 14 цього Закону.

#### **Розділ VI. Заключні положення**

**Стаття 18. Відповідальність за порушення законодавства в галузі поводження з ГМО** Порушення вимог цього Закону і прийнятих на його основі нормативно-правових актів тягне за собою цивільну, адміністративну, дисциплінарну або кримінальну відповідальність згідно із законом.

Відповідальність несуть особи, які винні у:

приховуванні або перекрученні інформації, що могло спричинити або спричинило загрозу життю та здоров'ю людини чи навколишньому природному середовищу; недотриманні або порушенні вимог стандартів, регламентів, санітарних норм і правил використання, транспортування, зберігання, реалізації ГМО; використанні незареєстрованих ГМО або продукції, отриманої з їх використанням (за винятком науково-дослідних цілей); порушенні правил утилізації та знищення ГМО; невиконанні законних вимог посадових осіб, які здійснюють державний нагляд і контроль.

Законом може бути встановлена відповідальність і за інші види порушень законодавства України в галузі генетично-інженерної діяльності.

**Стаття 19. Основні вимоги до дозвільної системи у сфері здійснення господарської діяльності при поводженні з ГМО** Дозволи на ввезення незареєстрованих ГМО для науково-дослідних цілей у замкненій та відкритій системах, а також з метою проведення їх державних апробацій (випробувань); на ввезення продукції, отриманої з використанням ГМО, призначеної для науково-дослідних цілей; на транзитне переміщення незареєстрованих в Україні ГМО; на вивільнення ГМО у відкритій системі надаються на безоплатній основі центральними органами виконавчої влади відповідно до їх повноважень, передбачених статтями 8-11 цього Закону, в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

У видачі дозволу може бути відмовлено в разі отримання науково обґрунтованої інформації щодо їх небезпеки для здоров'я людини або навколишнього природного середовища при використанні за цільовим призначенням. Термін розгляду документів для видачі дозволу не може перевищувати 45 днів з дня їх подачі, включаючи строки проведення відповідних експертиз. Розмір тарифів на проведення експертиз, які є підста-

вою для видачі зазначених документів, затверджується Кабінетом Міністрів України за поданням відповідного центрального органу виконавчої влади.

**Стаття 20. Доступ до інформації щодо поводження з ГМО** Інформація про поводження з ГМО є відкритою і загальнодоступною, за винятком віднесеної законодавством України до конфіденційної та таємної. Інформація щодо потенційного впливу ГМО на здоров'я людини та навколишнє природне середовище не може розглядатися як конфіденційна та таємна.

**Стаття 21. Міжнародне співробітництво**

Україна укладає міжнародні договори, бере участь у міжнародному обміні інформацією з метою подальшого розвитку і зміцнення міжнародного співробітництва в галузі біологічної та генетичної безпеки при здійсненні генетично-інженерної діяльності та поводженні з ГМО відповідно до чинного законодавства.

**Стаття 22. Прикінцеві положення**

Цей Закон набирає чинності з дня його опублікування. Кабінету Міністрів України: підготувати та подати на розгляд Верховної Ради України пропозиції щодо внесення змін до законів України у зв'язку з прийняттям цього Закону; привести свої нормативно-правові акти у відповідність із цим Законом; забезпечити перегляд і скасування міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади їх нормативно-правових актів, що суперечать цьому Закону.

Президент України В. Ющенко  
м. Київ, 31 травня 2007 року N 1103-V

## 8. ЗАКОН УКРАЇНИ «ПРО ЕКОЛОГІЧНУ МЕРЕЖУ УКРАЇНИ»

(Відомості Верховної Ради), 2004, № 45, ст.502)

### Розділ I Загальні положення

**Стаття 1. Законодавство України про екологічну мережу** Відносини, пов'язані з формуванням, збереженням та раціональним, невиснажливим використанням екологічної мережі (далі - екомережа), регулюються відповідно до Конституції України, Закону України "Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки", цього Закону, а також законів України, інших нормативно-правових актів, прийнятих відповідно до них, та міжнародних договорів України.

**Стаття 2. Завдання законодавства про екомережу** Завданням законодавства про екомережу є регулювання суспільних відносин у сфері формування, збереження та раціонального, невиснажливого використання екомережі як однієї з найважливіших передумов забезпечення сталого, екологічно збалансованого розвитку України, охорони навколишнього природного середовища, задоволення сучасних та перспективних економічних, соціальних, екологічних та інших інтересів суспільства.

**Стаття 3. Терміни, що вживаються у цьому Законі** У цьому Законі наведені нижче терміни вживаються у такому значенні:

*екомережа* - єдина територіальна система, яка утворюється з метою поліпшення умов для формування та відновлення довкілля, підвищення природно-ресурсного потенціалу території України, збереження ландшафтного та біорізноманіття, місць оселення та зростання цінних видів тваринного і рослинного світу, генетичного фонду, шляхів міграції тварин через поєднання територій та об'єктів природно-заповідного фонду, а також інших територій, які мають особливу цінність для охорони навколишнього природного середовища і відповідно до законів та міжнародних зобов'язань України підлягають особливій охороні;

*зведена схема формування екомережі* - нормативно-правовий акт, що визначає на національному рівні пріоритети і концептуальні основи формування, збереження та невиснажливого використання екомережі України, розвитку системи територій та об'єктів природно-заповідного фонду, формування структурних елементів екомережі;

*екомережі* - окрема складова частина екомережі, що має ознаки просторового об'єкта - певну площу, межі, характеристики тощо. До об'єктів екомережі відносяться території та об'єкти природно-заповідного фонду, водного фонду, лісового фонду, сільськогосподарські угіддя екстенсивного використання (пасовища, сіножаті) тощо;

*структурні елементи екомережі* - території екомережі, що відрізняються за своїми функціями. До структурних елементів екомережі відносяться ключові, сполучні, буферні та відновлювані території. Ключові території забезпечують збереження найбільш цінних і типових для даного регіону компонентів ландшафтного та біорізноманіття. Сполучні території (екокоридори) поєднують між собою ключові території, забезпечують міграцію тварин та обмін генетичного матеріалу. Буферні території забезпечують захист ключових та сполучних територій від зовнішніх впливів. Відновлювані території забезпечують формування просторової цілісності екомережі, для яких мають бути виконані першочергові заходи щодо відтворення первинного природного стану.

**Стаття 4. Принципи формування, збереження та використання екомережі** Формування, збереження та використання екомережі здійснюється відповідно до таких основних принципів:

а) забезпечення цілісності екосистемних функцій складових елементів екомережі; б) збереження та екологічно збалансоване використання природних ресурсів на території екомережі; в) зупинення втрат природних та напівприродних територій (зайнятих рослинними угрупованнями природного походження та комплексами, зміненими в процесі людської діяльності), розширення площі території екомережі; г) забезпечення державної підтримки, стимулювання суб'єктів господарювання при створенні на їх землях територій та об'єктів природно-заповідного фонду, інших територій, що підлягають особливій охороні, розвитку екомережі; ґ) забезпечення участі громадян та їх об'єднань у розробленні пропозицій і прийнятті рішень щодо формування, збереження та використання екомережі; д) забезпечення поєднання національної екомережі з екомережами суміжних країн, що входять до Всеєвропейської екомережі, всебічний розвиток міжнародної співпраці у цій сфері; е) удосконалення складу земель України шляхом забезпечення науково-обґрунтованого співвідношення між різними категоріями земель; є) системне врахування екологічних, соціальних та економічних інтересів суспільства.

**Стаття 5. Складові екомережі** До складових структурних елементів екомережі включаються: а) території та об'єкти природно-заповідного фонду; б) землі водного фонду, водно-болотні угіддя, водоохоронні зони; в) землі лісового фонду; г) поєднання лісові смуги та інші захисні насадження, які не віднесені до земель лісового фонду; ґ) землі оздоровчого призначення з їх природними ресурсами; д) землі рекреаційного призначення, які використовуються для організації масового відпочинку населення і туризму та проведення спортивних заходів; е) інші природні території та об'єкти (ділянки степової рослинності, пасовища, сіножаті, кам'яні розсипи, піски, солончаки, земельні ділянки, в межах яких є природні об'єкти, що мають особливу природну цінність); є) земельні ділянки, на яких зростають природні рослинні угруповання, занесені до Зеленої книги України; ж) території, які є місцями перебування чи зростання видів тваринного і рослинного світу, занесених до Червоної книги України; з) частково землі сільськогосподарського призначення екстенсивного використання - пасовища, луки, сіножаті тощо; и) радіоактивно забруднені землі, що не використовуються та підлягають окремій охороні як природні регіони з окремим статусом.

**Стаття 6. Право власності на землю та інші природні ресурси об'єктів екомережі** 1. Включення територій та об'єктів до переліку територій та об'єктів екомережі не призводить до зміни форми власності і категорії земель на відповідні земельні ділянки та інші природні ресурси, їх власника чи користувача. 2. Власники і кори-

стувачі територій та об'єктів, включених до переліків територій та об'єктів екомережі, мають право:

а) звертатися до органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування з пропозиціями щодо надання фінансової підтримки, направленої на збереження ландшафтного та біорізноманіття; б) брати участь в обговоренні та внесенні пропозицій до проектів відповідних програм розвитку екомережі; в) готувати та подавати в установленому порядку пропозиції щодо надання статусу об'єкта природно-заповідного фонду; г) отримувати інформацію щодо екологічного стану території чи об'єкта, включеного до екомережі; ґ) брати участь у міжнародному співробітництві з питань формування, збереження та використання екомережі.

3. Власники і користувачі територій та об'єктів, включених до переліків територій та об'єктів екомережі, зобов'язані забезпечувати їх використання за цільовим призначенням.

## **Розділ II Управління у сфері формування, збереження та використання екомережі**

**Стаття 7. Організація державного управління у сфері формування, збереження та використання екомережі** 1. Державне управління у сфері формування, збереження та використання екомережі здійснюють Кабінет Міністрів України, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності та його територіальні органи, інші центральні органи виконавчої влади, місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування в межах повноважень, визначених законом. 2. Державне управління у сфері формування, збереження та використання екомережі здійснюється із залученням громадян та їх об'єднань і забезпеченням їх широкого доступу до інформації з цих питань.

**Стаття 8. Повноваження Кабінету Міністрів України у сфері формування, збереження та використання екомережі** До повноважень Кабінету Міністрів України у сфері формування, збереження та використання екомережі належать: а) забезпечення реалізації державної політики у сфері формування, збереження та використання екомережі; б) забезпечення розроблення Зведеної схеми формування екомережі України, виконання Загальнодержавної програми формування національної екомережі України на 2000-2015 роки; в) спрямування і координація роботи міністерств, інших центральних органів виконавчої влади у сфері формування, збереження та використання екомережі; г) вирішення відповідно до закону питань щодо надання фінансової та іншої підтримки власникам та користувачам земельних ділянок, включених до переліків територій та об'єктів екомережі; ґ) здійснення інших повноважень відповідно до закону.

**Стаття 9. Повноваження Ради міністрів Автономної Республіки Крим у сфері формування, збереження та використання екомережі** До повноважень Ради міністрів Автономної Республіки Крим у сфері формування, збереження та використання екомережі належать: а) участь у розробленні та забезпеченні виконання схеми формування екомережі Автономної Республіки Крим; б) координація діяльності органів виконавчої влади Автономної Республіки Крим - виконавців Загальнодержавної програми формування національної екомережі України на 2000-2015 роки; в) здійснення контролю за використанням коштів, що надходять на реалізацію заходів щодо формування, збереження та використання екомережі.

**Стаття 10. Повноваження спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності у сфері формування, збереження та використання екомережі.** До повноважень спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологіч-

ної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності у сфері формування, збереження та використання екомережі належать: а) внесення пропозицій щодо формування державної політики у цій сфері; б) забезпечення розвитку відповідних наукових досліджень та їх координація разом з Національною академією наук України; в) організація розроблення та затвердження науково-методичних документів щодо проектування екомережі; г) виконання функцій державного замовника розроблення Зведеної схеми формування екомережі України; г) внесення у встановленому порядку пропозицій щодо фінансування за рахунок коштів Державного бюджету України заходів, направлених на формування та збереження екомережі; д) координація діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування у сфері формування, збереження та раціонального використання екомережі; е) здійснення державного контролю за формуванням, збереженням та використанням екомережі, розробленням та виконанням регіональних і місцевих схем екомережі; є) здійснення міжнародного співробітництва у сфері формування, збереження та використання екомережі України.

**Стаття 11. Повноваження місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування у сфері формування, збереження та використання екомережі**  
Місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування у сфері формування, збереження та використання екомережі в межах своїх повноважень забезпечують: розроблення та виконання регіональних і місцевих схем та програм розвитку екомережі, проведення необхідних для цього наукових досліджень; надання відповідно до закону фінансової та іншої підтримки власникам і користувачам земельних ділянок, що знаходяться в межах територій та об'єктів екомережі.

### **Розділ III. Засоби забезпечення формування, збереження та раціонального використання екомережі**

**Стаття 12. Координаційні ради з питань формування екомережі**  
1. Координаційні ради з питань формування екомережі є дорадчими органами, які утворюються при Кабінеті Міністрів України та при Раді міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київській та Севастопольській міських державних адміністраціях з метою координації діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади - виконавців Загальнодержавної програми формування національної екомережі України на 2000-2015 роки.

2. Основними завданнями координаційних рад є:

а) аналіз стану виконання основних положень Загальнодержавної програми формування національної екомережі України на 2000-2015 роки; б) організація розроблення Зведеної схеми формування екомережі України, регіональних та місцевих схем формування екомережі; в) організація підготовки один раз на п'ять років Національної доповіді про стан формування національної екомережі; г) сприяння реалізації міжнародних програм і проектів технічної допомоги, залучення іноземних інвестицій, спрямованих на формування національної екомережі; г) забезпечення широкого інформування населення про стан та перспективи формування екомережі; д) підготовка пропозицій щодо формування основних засад державної політики і механізму її реалізації в галузі збереження ландшафтного та біорізноманіття; е) впровадження принципів екосистемного підходу в природоохоронній діяльності.

3. Положення про координаційні ради з питань формування екомережі при Кабінеті Міністрів України та при Раді міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київській та Севастопольській міських державних адміністраціях та їх персональний склад затверджуються відповідно Кабінетом Міністрів України, Радою міністрів Автономної Республіки Крим, обласними, Київською та Севастопольською міськими державними адміністраціями.

**Стаття 13. Наукове забезпечення формування, збереження та використання**

**екомережі** 1. З метою забезпечення науково обґрунтованого формування, збереження та використання екомережі, поліпшення збереження та відновлення ландшафтного та біорізноманіття, прискорення створення банків даних та географічних інформаційних систем проводяться відповідні наукові дослідження згідно з програмами, що затверджуються в установленому законом порядку. 2. Розроблення проектів таких програм забезпечується в установленому порядку спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності за участю Національної академії наук України, відповідних центральних органів виконавчої влади в межах повноважень, визначених законом.

#### **Стаття 14. Проектування екомережі**

Проектування екомережі передбачає:

а) нанесення на планово-картографічні матеріали територій та об'єктів, включених до переліків екомережі; б) визначення територій, що мають особливу природоохоронну, екологічну, наукову, естетичну, рекреаційну, історико-культурну цінність, встановлення передбачених законом обмежень на їх планування, забудову та інше використання; в) обґрунтування необхідності включення територій та об'єктів до переліків екомережі, резервування територій для цих потреб, надання природоохоронного статусу, введення обмежень (обтяжень) для відновлюваних, буферних та сполучних територій для забезпечення формування екомережі як єдиної просторової системи; г) розроблення рекомендацій щодо визначення режиму територій та об'єктів природно-заповідного фонду та інших територій, що підлягають особливій охороні, відновлюваних, буферних та сполучних територій, які пропонується створити, а також щодо необхідності вилучення і викупу земельних ділянок; г) узгодження регіональних і місцевих схем формування екомережі із Зведеною схемою формування екомережі України, поєднання її із Всеєвропейською схемою формування екомережі та із затвердженою проектною документацією з урахуванням державних, громадських і приватних інтересів, визначення перспективних напрямів забезпечення збереження та невиснажливого використання цінних ландшафтів та інших природних комплексів, об'єктів і територій.

#### **Стаття 15. Схеми формування екомережі**

1. Проектування екомережі здійснюється шляхом розроблення регіональних схем формування екомережі Автономної Республіки Крим та областей, а також місцевих схем формування екомережі районів, населених пунктів та інших територій України. Регіональні та місцеві схеми формування екомережі затверджуються відповідними радами після їх погодження із територіальними органами виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності. 2. Зведена схема формування екомережі України є складовою частиною Генеральної схеми планування території України і затверджується Верховною Радою України. До Зведеної схеми формування екомережі України, а також регіональних та місцевих схем формування екомережі періодично, у міру розширення можливостей для розвитку такої мережі, але не рідше одного разу на десять років, вносяться зміни органами, до повноважень яких віднесено затвердження зазначених схем. 3. Виконання Зведеної схеми формування екомережі України, а також регіональних та місцевих схем формування екомережі забезпечується на основі Загальнодержавної програми розвитку екомережі, що затверджується Верховною Радою України, та регіональних і місцевих програм з питань розвитку екомережі, що затверджуються відповідними радами. 4. Зведена схема формування екомережі України, регіональні та місцеві схеми формування екомережі, програми у сфері формування, збереження та використання екомережі є основою для розроблення усіх видів проектною документації при здійсненні землеустрою, розробці містобудівної документації, а також здійсненні господарської та іншої діяльності.

**Стаття 16. Переліки територій та об'єктів екомережі** 1. Перелік ключових територій екомережі включає території та об'єкти природно-заповідного фонду, водноболотні угіддя міжнародного значення, інші території, у межах яких збереглися найбільш цінні природні комплекси. 2. Перелік буферних зон екомережі включає території навколо ключових територій екомережі, які запобігають негативному впливу господарської діяльності на суміжних територіях. 3. Перелік сполучних територій екомережі включає території, що забезпечують зв'язки між ключовими територіями та цілісність екомережі. 4. Перелік відновлюваних територій екомережі включає території, що являють собою порушені землі, деградовані і малопродуктивні землі та землі, що зазнали впливу негативних процесів та стихійних явищ, інші території, важливі з точки зору формування просторової цілісності екомережі. 5. Включення територій та об'єктів до переліків територій та об'єктів екомережі не завдає шкоди правам тих, на чий території вони розташовані. 6. Власники і користувачі територій та об'єктів, включених до переліків територій та об'єктів екомережі, беруть на себе зобов'язання щодо збереження природних ресурсів, їх екологічно-збалансованого та раціонального використання.

**Стаття 17. Порядок включення до переліків територій та об'єктів екомережі** 1. Включення територій та об'єктів до переліків територій та об'єктів екомережі здійснюється з урахуванням їх значення з точки зору екології, ботаніки, зоології та ландшафтознавства. У першу чергу до переліків включаються території та об'єкти, що мають загальнодержавне значення з точки зору ландшафтного та біорізноманіття. 2. Включення територій та об'єктів екомережі до відповідних переліків здійснюється на підставі рішень органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування відповідно до їх повноважень у порядку, що встановлюється Кабінетом Міністрів України.

**Стаття 18. Режим охорони та використання територій та об'єктів екомережі** 1. Включення територій та об'єктів природно-заповідного фонду та інших територій, що підлягають особливій охороні, до переліку територій та об'єктів екомережі не призводить до зміни режиму їх охорони та використання, визначеного відповідно до закону. 2. У разі необхідності зміни режиму охорони та використання території чи об'єкта екомережі, виходячи з вимог Зведеної схеми формування екомережі України, регіональних чи місцевих схем формування екомережі, відповідно до закону змінюється статус, тип, категорія або режим відповідної території чи об'єкта екомережі. 3. Режим охорони та використання буферних зон, сполучних і відновлюваних територій екомережі визначається згідно з відповідною схемою екомережі.

**Стаття 19. Фінансове забезпечення заходів, пов'язаних з формуванням, збереженням та невиснажливим використанням екомережі** 1. Фінансування заходів, пов'язаних з формуванням, збереженням та невиснажливим використанням екомережі, включаючи роботи з проектування, проведення відповідних наукових досліджень, може здійснюватися за рахунок коштів Державного бюджету України, місцевих бюджетів, коштів підприємств, установ та організацій, інших джерел, не заборонених законом.

2. Органи державного управління об'єктів екомережі, власники і користувачі земельних ділянок, що знаходяться в межах територій та об'єктів екомережі, вносять в установленому порядку пропозиції щодо фінансування заходів, пов'язаних з формуванням, збереженням та невиснажливим використанням екомережі, із коштів Державного бюджету України. Фінансування здійснюється відповідно до затверджених переліків заходів із коштів Державного бюджету України, місцевих бюджетів, а також з інших джерел, не заборонених законом.

**Стаття 20. Державний моніторинг екомережі** 1. Державний моніторинг екомережі передбачає здійснення системи спостережень, спрямованих на оцінку цілісності екомережі, стану природних комплексів та об'єктів, включених до переліків екомережі, своєчасне виявлення негативних змін та прогнозування їх можливого розвитку, пов'язаних з цим наслідків, розроблення відповідних прогнозів та рекомендацій щодо формування,



збереження та використання екомережі. 2. Державний моніторинг екомережі входить до складу моніторингу навколишнього природного середовища і здійснюється в порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України.

**Стаття 21. Державний облік територій та об'єктів екомережі** Території та об'єкти екомережі підлягають державному обліку. Такий облік є складовою частиною державного земельного кадастру, державних кадастрів інших природних ресурсів, територій та об'єктів природно-заповідного фонду, державної статистичної звітності і здійснюється в порядку, що визначається законом.

**Стаття 22. Доступ громадян та їх об'єднань до інформації з питань, що стосуються екомережі** 1. З метою врахування інтересів громадян та їх об'єднань у формуванні, збереженні та використанні екомережі територіальні органи спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності інформують населення через засоби масової інформації та письмово відповідні місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування про розроблення схем екомережі. 2. Громадяни та їх об'єднання залучаються до обговорення проектів схем екомережі та стану їх виконання. 3. Для обговорення проектів схем екомережі та стану їх виконання в установленому порядку можуть проводитися громадські слухання.

**Стаття 23. Контроль за формуванням, збереженням та використанням екомережі** 1. Державний контроль за формуванням, збереженням та використанням екомережі здійснюється спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності в межах повноважень, визначених законом. 2. У порядку, визначеному законом, може здійснюватися також громадський контроль за формуванням, збереженням та використанням екомережі. 3. Контроль за формуванням, збереженням та використанням екомережі здійснюється органами місцевого самоврядування та органами виконавчої влади в межах повноважень, визначених законом.

**Стаття 24. Відповідальність за порушення законодавства з питань формування, збереження та використання екомережі** Особи, винні у порушенні законодавства з питань формування, збереження та використання екомережі, несуть відповідальність відповідно до закону.

**Стаття 25. Міжнародне співробітництво з питань формування, збереження та використання екомережі** 1. Україна бере участь у міжнародному співробітництві з питань формування, збереження та використання Всеєвропейської екомережі, створенні транскордонних елементів екомережі. 2. Якщо міжнародним договором, згода на обов'язковість якого надана Верховною Радою України, встановлено інші правила, ніж ті, що містяться в цьому Законі, то застосовуються правила міжнародного договору.

#### Розділ IV Прикінцеві положення

1. Цей Закон набирає чинності з 1 січня 2005 року.

2. Кабінету Міністрів України протягом року з дня набрання чинності цим Законом: підготувати та подати на розгляд Верховній Раді України пропозиції про внесення змін до законів України, що впливають з цього Закону;

забезпечити розроблення та прийняття нормативно-правових актів, віднесених цим Законом до його повноважень; привести свої нормативно-правові акти у відповідність із цим Законом; забезпечити перегляд і скасування міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади їх нормативно-правових актів, що суперечать цьому Закону.

Президент України Л. КУЧМА м. Київ, 24 червня 2004 року N 1864-IV

## 9. КОНЦЕПЦІЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО (СТАЛОГО) РОЗВИТКУ АГРО-ЕКОСИСТЕМ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2025 РОКУ

Ця Концепція спрямована на забезпечення виконання ідей і принципів, декларованих конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) та Всесвітнім саммітом із збалансованого розвитку (Йоганезбург, 2002 р.), до яких приєдналася Україна.

Сучасний екологічний стан агроєкосистем України в цілому можна визначити як незадовільний. На їх функціонування діє комплекс негативних факторів, зокрема, недотримання вимог науково-обґрунтованої системи ведення сільського господарства як на рівні окремих виробничих систем, так і регіонів, виснаження родючості та деградація ґрунтів, розповсюдження бур'янів, хвороб, шкідників, порушення гідрологічного режиму на значних територіях, занепад тваринництва тощо. В зв'язку з цим, створення умов для сталого розвитку агроєкосистем з досить складним процесом, який торкається широкого кола питань, починаючи від фізико-хімічних і біологічних процесів в ґрунті, кругообігу речовин та енергії в агроєкосистемах, підвищення коефіцієнту корисної дії фізіологічно активної радіації, закінчуючи удосконаленням спеціалізації аграрних виробничих систем, оптимізації структури сільськогосподарських ландшафтів та організації території землекористування.

Головною метою Концепції є створення передумов для розвитку збалансованого (сталого) розвитку агроєкосистем та призупинення негативних процесів, що відбуваються в них.

Об'єктом Концепції є клас природно-антропогенних систем - агроєкосистем, які є цілісними сполученнями природних (рельєфу, ґрунтів, біоти, водних об'єктів) і антропогенних елементів. Вони створюють відносно однорідні ділянки території з визначеним типом взаємозв'язків та взаємодій елементів, що входять до них. Здійснення заходів щодо реалізації Концепції збалансованого (сталого) розвитку агроєкосистем в Україні забезпечується: а) нормативно-правовими засобами - передбачається врахування положень Концепції при розробці законодавчих та інших нормативно-правових актів, зокрема "Про екомережу", "Про охорону земель", "Про державний земельний кадастр", Загальнодержавної програми використання та охорони земель, Національної програми дій по боротьбі з опустелюванням та деградацією земель, десятирічної програми скорочення розорювання земель та збереження родючості ґрунтів, "Національної програми збереження біорізноманіття, нормативів, стандартів, методик та ін.; б) фінансово-економічними засобами - реалізація Концепції буде проводитися за рахунок коштів Державного бюджету України (з урахуванням реальних можливостей держави), відповідних місцевих бюджетів, фондів, проектів ГЕФ та інших джерел;

в) організаційними засобами - серед основних засобів щодо організаційного забезпечення Концепції є:

- впровадження інтегрованого підходу щодо управління природними ресурсами в рамках сільськогосподарської діяльності; - посилення інституційної спроможності, зокрема, створення експертної наукової ради з питань збереження біо- та ландшафтного різноманіття; - створення Центру науково-методичного забезпечення моніторингу агроєкосистем "Агроєкологія" при Українській академії аграрних наук та організація на базі науково-дослідних установ відповідного профілю галузевих лабораторій; г) науково-методичними засобами - для науково-методичного забезпечення сталого розвитку агроєкосистем проводитимуться дослідження, спрямовані на прийняття ефективних рішень щодо зниження темпів деградаційних процесів, збереження і відтворення біоресурсів в агроєкосистемах, підвищення їх продуктивності, розробки системи індикаторів щодо оцінки стану біорізноманіття та оптимізації моделей агроєкосистем; д) інформаційно-освітніми засобами - з метою підвищення рівня екологічної освіти та інфор-

мованості сільського населення щодо екологічних проблем агросфери передбачається розширити обсяги видання спеціальної наукової та науково-популярної літератури, здійснення інших просвітницьких заходів.

Основні напрями діяльності в сфері створення умов для збалансованого (сталого) розвитку агроєкосистем України:

Формування екомережі на сільськогосподарських землях, впровадження ресурсозберігаючих та невиснажливих агротехнологій

Для формування збалансованої (сталого) системи природокористування в сільському господарстві та забезпечення розбудови екомережі необхідно: провести науково обгрунтовану трансформацію структури сільськогосподарських земель з метою формування збалансованого співвідношення між окремими компонентами агроєкосистем та забезпечення екологічної безпеки і рівноваги території, зокрема: збільшити частку сільськогосподарських угідь екстенсивного використання (сіножатей, пасовищ) відповідно до науково обгрунтованих показників, які мають розроблятися з урахуванням регіональних та місцевих особливостей;

- зменшити площі орних земель до 37-41% території країни шляхом виведення з ріллі схилів крутизною понад 3 градуси, земель водоохоронних зон, деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених сільськогосподарських угідь;

- розширити площі полезахисних лісових смуг та інших захисних насаджень відповідно до науково обгрунтованих показників, які мають розроблятися з урахуванням регіональних та місцевих особливостей;

- створити нові та розширити площі існуючих територій та об'єктів природнозаповідного фонду в межах сільськогосподарських угідь;

- створити умови для забезпечення неперервності природних ділянок в межах сільськогосподарських угідь;

- забезпечити широке впровадження новітніх екологічно збалансованих технологій у сільському господарстві та підтримку розвитку біологічного землеробства;

- розробити порядок і запровадити економічне стимулювання землевласників та землекористувачів щодо ведення екологічно збалансованої сільськогосподарської діяльності.

*Створення умов для збереження і відновлення біорізноманіття в рамках сільськогосподарської діяльності та формування генетичної компоненти, як основного біотичного чинника розвитку збалансованих (сталих) агроєкосистем.*

Для забезпечення невиснажливого використання біоресурсів, збереження та відтворення сільськогосподарського та пов'язаного з ним біорізноманіття необхідно:

в рослинництві:

- забезпечити розробку системи заходів щодо збереження та широкого впровадження традиційних сортів сільськогосподарських рослин;

- розробити індикатори біорізноманіття рослинного світу в зв'язку із веденням сільськогосподарської діяльності; провести агроєкологічне районування сортів з конкретними рекомендаціями щодо особливостей технології їх вирощування в різних агроєкосистемах (з урахуванням родючості ґрунтів, орієнтації схилів, рівня забур'яненості, наявності антропогенних ресурсів); - створити банк генів господарсько-цінних культур, а також дикорослих форм рослин, які використовуються у селекційному процесі;

- сприяти створенню нових сортів, пристосованих до різних умов аграрного виробництва, які при мінімальних витратах енергії будуть забезпечувати високі стабільні врожаї продукції належної якості; - суттєво поліпшити насінництво, за рахунок: впровадження новітніх наукових розробок, зокрема, щодо екологічної адаптації насіння; створення сприятливих умов для розвитку його промислового виробництва; посилення державного контролю за польовою і генетичною якістю насіння на всіх етапах його виробництва та розповсюдження; - сприяти проведенню наукових досліджень у галузі ро-

сливництва (культивування клітин і тканин тощо) та широкому впровадженню їх результатів в тваринництві: забезпечити розробку та впровадження системи заходів щодо збереження традиційних порід сільськогосподарських тварин; забезпечити збереження та оптимізувати використання генофондів сільськогосподарських тварин з урахуванням особливостей конкретних агроєкосистем, в тому числі наявної кормової бази, умов утримання, кліматичних факторів, рівня техногенного забруднення, інфікованості патогенами тощо; розробити індикатори біорізноманіття тваринного світу в зв'язку із веденням сільськогосподарської діяльності; запровадити методи виявлення і елімінації генетичних хвороб в популяціях свійських тварин в Україні, посилити контроль за транскордонним перенесенням цих хвороб;

створити умови для розведення спеціалізованих порід і гібридів свійських тварин, зокрема м'ясних порід великої рогатої худоби; сприяти проведенню популяційно-генетичних та інших наукових досліджень у галузі тваринництва та широкому впровадженню їх результатів.

В мікробіології та вірусології:

вдосконалити систему використання органічних добрив, зокрема біомаси культурних рослин, для поліпшення функціонування мікробіоти та покращання умов кругообігу речовин і енергії в агроєкосистемах; сприяти розширенню спектру ефективних мікробних препаратів, спрямованих на підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та якості продукції, захисту їх від хвороб та шкідників і зменшення хімічного навантаження на агроєкосистеми;

сприяти використанню молекулярно-генетичних маркерів для дослідження популяцій і контролю чистоти штамів та рас, методів прискореного отримання штамів із заданими властивостями, генетичної трансформації, діагностики; сприяти розвитку молекулярної діагностики вірусних і віроїдних хвороб з метою оздоровлення садівного матеріалу.

*Забезпечення дотримання вимог біобезпеки в рамках сільськогосподарської діяльності*

Для забезпечення відповідності сільськогосподарської діяльності вимогам біобезпеки необхідно:

створити ефективну систему щодо державного контролю за ввезенням та розповсюдженням генетичне змінених організмів (ГЗО) та продукції, отриманої з їх використанням; створити ефективну систему щодо регулювання та державного контролю за процесами інвазій рослин і тварин.

*Організація науково-методичного забезпечення комплексного агроєкологічного моніторингу агроєкосистем України*

З метою збирання, опрацювання, накопичення та передачі інформації про стан та динаміку зовнішніх чинників, які впливають на їх структурно-функціональні показники, проведення аналізу інформації, моделювання і прогнозування можливих сценаріїв розвитку у часі і просторі, обґрунтування управлінських рішень щодо збереження та відновлення основних природних ресурсів - ґрунтів, води і біоти, удосконалення систем землекористування, агротехнологій та отримання сільськогосподарської продукції високої якості необхідно провести науково-методичне забезпечення комплексного агроєкологічного моніторингу (АЕМ) агроєкосистем України.

АНМ повинен включати моніторинг абіотичний та біотичний.

Моніторинг абіотичний повинен включати наступні складові:

моніторинг землекористування: структура земельних угідь - ступінь розораності, частка лісовкритих площ, частка територій та акваторій, що підлягають особливій охороні, співвідношення між ріллею та еколого-стабілізуючими типами угідь (ліси, луки та пасовища), ураженість ерозійними та іншими деградаційними процесами; агрохімічний моніторинг: потенційний і фактичний рівень родючості ґрунтів за фізико-хімічними,

біологічними, біохімічними та іншими показниками, баланс гумусу, основних біогенних елементів та енергії, інтенсивність балансу; екотоксикологічний моніторинг: рівень забруднення ґрунтів, природних вод, біоти хімічними сполуками I-IV класу токсичності; - встановлення джерел забруднення; оцінка небезпечності забруднення за екологічно-токсикологічними критеріями; радіоекологічний моніторинг: забруднення ґрунтів, природних вод, біоти, сільськогосподарської продукції радіонуклідами (Cs-137, Sr-90 та ін.); визначення критичності агроєкосистем відносно радіоактивного забруднення.

Моніторинг біотичний повинен включати наступні складові: фітобіотичний моніторинг: видове багатство фітобіоти; таксономічна, морфологічна, екологічна, географічна, генезисна, соціологічна, ценотична, демекологічна структура фітобіоти; зообіотичний моніторинг: видове багатство, таксономічна і типологічна структура зообіоти ґрунту і наземної, критичні показники; мікробіологічний моніторинг: функціональна структура мікробних ценозів ґрунту та різноманіття його складових; активність і спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті; прогнозування їх змін; конструювання моделей сталих агроєкосистем максимально наближених до природних екосистем;

фітовірусологічний моніторинг: функціональна структура фітовірусного ценозу; прогнозування процесів трансформації фітовірусного стану ґрунту; формування фітовірусного ценозу агроєкосистем; популяційно-генетичний моніторинг: оцінка потенційної небезпеки змін генетичної різноманітності сортів і порід; оцінка впливу генетично змінених організмів (ГЗО) на формування агроєкосистем.

3.5. Запровадження агроєкологічного моделювання агроєкосистем різного рівня на основі системного підходу до їх оцінки

Для створення умов щодо збалансованого розвитку агросфери, гнучкого регулювання процесів сільськогосподарського виробництва та природокористування необхідно: запровадити моделювання агроєкосистем на основі інформації щодо їх стану, систем землекористування, технологій ведення сільськогосподарського виробництва, використання сортів і гібридів сільськогосподарських рослин, порід тварин, регулювання ентомофауни, розповсюдження хвороб, бур'янів, а також з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та запланованої продуктивності. Моделі екологічно збалансованих агроєкосистем необхідно розробляти відповідно до спеціалізації ведення господарської діяльності, систем ведення крупних товарних і фермерських господарств, присадибного землекористування.

#### *Механізми реалізації положень Концепції*

З огляду на обмеженість коштів, найближчим часом реалізація положень Концепції здійснюватиметься в рамках діючих державних, регіональних та галузевих програм. На перспективу відповідні питання мають бути включені до програм, розробка яких передбачена чинним законодавством, рішеннями Верховної Ради України, Президента України та Кабінету Міністрів України.

#### *Очікувані результати реалізації Концепції*

В результаті реалізації Концепції буде покращено стан агроєкосистем, створено умови для відновлення біорізноманіття в агросфері, попередження деградації ґрунтового покриву за рахунок призупинення водної ерозії, дефляції та забруднення ґрунтів. Це дасть можливість забезпечити збалансований та високопродуктивний розвиток агроєкосистем, покращити якість природного середовища та умови життя людини.

Реальний економічний ефект буде полягати: у зменшенні витрат на відшкодування збитків від негативних явищ в агроландшафтах; попередженні втрат від зниження родючості ґрунтів, їх деградації; підвищенні продуктивності сільськогосподарського виробництва; отриманні високоякісної продукції. В довготерміновій перспективі впровадження Концепції буде сприяти підвищенню ефективності, збалансованості та конкурентоздатності сільськогосподарського виробництва.

**10. КОНЦЕПЦІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРОГРАМИ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 грудня 2004 р. № 992-м. Київ Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища**

1. Схвалити Концепцію Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища (додається). 2. Мінприроди, МНС, МОЗ, Мінагрополітики, Держкомприродресурсів, Держводгоспу, Держжитлокомунгоспу, Держкомлісгоспу, Держкомзему подати в шестимісячний строк Кабінетові Міністрів України проект Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища.

**1. Проблема, для розв'язання якої розробляється Програма**

Екологічна ситуація в Україні залишається вкрай складною, навантаження на навколишнє природне середовище зростає. Забруднення і виснаження природних ресурсів продовжує загрожувати здоров'ю населення, екологічній безпеці та економічній стабільності держави.

Недостатньо уваги приділяється охороні земельних ресурсів, скорочуються площі зелених насаджень у населених пунктах, не здійснюються належні заходи щодо забезпечення науково обґрунтованого відтворення і невиснажливого використання тваринного світу, нераціонально використовуються водні ресурси, триває їх забруднення та виснаження. Стан атмосферного повітря в більшості міст за окремими показниками не відповідає встановленим нормативам. Залишається нерозв'язаною проблема збирання, оброблення, знешкодження та видалення відходів.

Така екологічна ситуація зумовлена рядом факторів, у тому числі незадовільним функціонуванням державної системи моніторингу довкілля (далі - система моніторингу), створеної для збирання та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень з питань запобігання негативним змінам навколишнього природного середовища та дотримання вимог екологічної безпеки.

Основними завданнями системи моніторингу є:

проведення систематичних спостережень, збирання та збереження даних про стан навколишнього природного середовища;

створення та ведення банків даних і забезпечення інформаційного обміну;

аналіз інформації, оцінка стану навколишнього природного середовища і впливу на нього факторів забруднення, прогнозування змін та інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з питань охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;

удосконалення нормативного, методичного та технічного забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних;

забезпечення достовірності інформації, що надається органам державної влади та органам місцевого самоврядування, громадським і міжнародним організаціям.

Передбачається функціонування системи моніторингу на загальнодержавному, регіональному та локальному рівні (відповідно у межах країни, адміністративних одиниць та їх окремих територій).

Проведення моніторингу покладено на дев'ятьох суб'єктів системи моніторингу: Мінприроди, МНС, МОЗ, Мінагрополітики, Держкомприродресурсів, Держкомлісгосп, Держводгосп, Держкомзем і Держжитлокомунгосп.

Координацію діяльності суб'єктів системи моніторингу здійснює міжвідомча комісія, склад якої затверджується Кабінетом Міністрів України.

Забезпечення функціонування єдиної системи моніторингу є достатньо складним завданням, яке потребує вирішення цілого ряду як організаційних, так і технічних питань.

Відповідно до функціональних завдань (отримання і збереження первинних даних; оброблення, аналіз і подання інформації; оцінка, контроль та планування заходів щодо поліпшення стану окремих компонентів довкілля) на рівні окремих суб'єктів системи моніторингу створено власну структурно-організаційну, науково-методичну та технічну бази.

При цьому забезпечується проведення спостережень за станом окремих компонентів довкілля, впливом на нього відповідних джерел забруднення та природних процесів і явищ.

Неоптимальне функціонування системи моніторингу на сьогодні зумовлюється низьким рівнем уніфікації нормативно-методичної бази, технічного забезпечення та взаємодії її суб'єктів, а також недостатнім обсягом фінансування робіт.

Основними недоліками, що зумовлюють низьку ефективність функціонування системи моніторингу, є:

- відсутність єдиної мережі спостережень;
- застаріле технічне і методичне забезпечення спостережень;
- відсутність сучасного технічного оснащення центрів системи моніторингу в більшості регіонів;
- неузгодженість окремих елементів інформаційних технологій, що використовуються суб'єктами системи моніторингу;
- неповна відповідність нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення системи моніторингу сучасним вимогам.

## 2. Визначення мети Програми

Програма спрямована на поліпшення стану навколишнього природного середовища, підтримання екологічної рівноваги на території України, забезпечення конституційного права людини на безпечне довкілля шляхом підвищення ефективності функціонування системи моніторингу.

3. Визначення і порівняльний аналіз можливих варіантів розв'язання проблеми та обґрунтування оптимального варіанту.

Аналіз можливих шляхів розв'язання проблеми дає підстави для висновку, що здійснити це можна насамперед на основі створення нової мережі спостережень без використання існуючої, що потребує занадто великого обсягу коштів для фінансування, або з її використанням.

Концепцією передбачається максимальне використання існуючого потенціалу без залучення значних капіталовкладень протягом найближчих років шляхом поетапного удосконалення організаційного, правового, методичного і технічного забезпечення системи моніторингу з урахуванням сучасних інформаційних потреб та рекомендацій Європейської економічної комісії ООН.

## 4. Шляхи та засоби розв'язання проблеми

Програмою передбачається проведення заходів, спрямованих на поліпшення стану навколишнього природного середовища шляхом підвищення ефективності використання та зміцнення існуючого потенціалу служб спостережень суб'єктів системи моніторингу на основі задіяння нормативно-правових, економічних, фінансових, науково-експертних, інформаційно-освітніх та інших засобів, а також шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій, застосування засобів вимірювальної техніки, уніфікованих методик вимірювання, оптимізації показників спостережень і створення на їх основі єдиної мережі спостережень.

Об'єкти системи моніторингу

Об'єктами системи моніторингу є атмосферне повітря, води, біологічне різноманіття, ліси, землі, поведження з відходами, фізичні фактори впливу, геологічне середовище.

Моніторинг стану атмосферного повітря проводиться у межах населених пунктів і територій природно-заповідного фонду та рекреаційних територій щодо:

- атмосферних опадів;
- джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- інших джерел забруднення атмосферного повітря, де проводяться спостереження;
- транскордонного перенесення забруднюючих речовин з атмосферним повітрям.

Моніторинг стану вод проводиться щодо:

поверхневих вод суші, у тому числі природних та штучних водойм, водотоків та інших об'єктів поверхневих вод;

підземних вод, у тому числі питних, мінеральних, промислових, термальних та їх родовищ;

грунтових вод;

морських вод, у тому числі перехідних, прибережних, внутрішніх, територіального моря та виключної (морської) економічної зони України;

джерел забруднення поверхневих вод суші, морських і підземних вод, у тому числі дренажних (з меліоративних систем);

донних відкладів як джерела вторинного забруднення поверхневих вод;

джерел та систем постачання питної води;

транскордонного перенесення забруднюючих речовин з поверхневими водами;

використання водних ресурсів.

Моніторинг показників біологічного різноманіття проводиться щодо:

наземних і водних екосистем;

територій природно-заповідного фонду;

рослинного покриву;

сільськогосподарських рослин;

зелених насаджень у містах і селищах міського типу;

сільськогосподарських тварин;

об'єктів тваринного світу;

інших біологічних утворень.

Моніторинг стану лісів проводиться щодо:

лісової рослинності;

лісової фауни, у тому числі мисливської;

лісових ґрунтів;

земельних ділянок, не вкритих лісовою рослинністю, але наданих для потреб лісового господарства.

Моніторинг стану земель проводиться щодо:

забруднення земель різного призначення, у тому числі зрошуваних та осушених, земель територій природно-заповідного фонду, рекреаційного призначення і територій населених пунктів;

забруднення земель сільськогосподарського призначення;

негативних процесів, пов'язаних із зміною родючості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення;

зміни ландшафтів, зумовленої сільовими потоками, землетрусами, карстовими, криогенними та іншими явищами, а також процесами, пов'язаними з утворенням ярів та активізацією зсувів;

стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів, гідротехнічних споруд;



небезпечного підвищення рівня ґрунтових вод (підтоплення) на території населених пунктів.

Моніторинг у сфері поводження з відходами проводиться щодо:

місць та об'єктів збирання, зберігання, утилізації, видалення, знешкодження і захоронення відходів;

впливу на навколишнє природне середовище місць та об'єктів знешкодження, розміщення та захоронення відходів;

транскордонного обігу відходів.

Моніторинг фізичних факторів впливу проводиться щодо:

акустичного впливу на довкілля;

іонізуючого випромінювання, у тому числі радіаційного;

неіонізуючого випромінювання, у тому числі електромагнітного.

Моніторингу підлягають території населених пунктів та ті, що призначені для забудови, а також санітарно-захисні зони і зони обмеженої забудови навколо джерел фізичного впливу на навколишнє природне середовище.

Моніторинг стану геологічного середовища проводиться щодо:

екзогенних та ендегенних геодинамічних процесів, у тому числі визначення їх просторових і видових характеристик, активності проявів;

геохімічних показників, у тому числі визначення вмісту та поширення природних і техногенних хімічних елементів та сполук;

геофізичних полів, у тому числі фонових та аномальних;

підземних вод, у тому числі оцінки ресурсів, їх гідрогеологічних та гідрохімічних показників і властивостей.

#### **Удосконалення системи моніторингу.**

Удосконалення системи моніторингу має на меті якнайповніше задоволення інформаційних потреб суспільства.

Передбачається, що робота проводитиметься у рамках державної, регіональних і галузевих програм моніторингу довкілля.

У разі потреби можуть розроблятися спеціальні програми для отримання інформації, пов'язаної з надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру, транскордонним моніторингом тощо.

З метою забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних і підготовки необхідної інформації передбачається створити центри на загальнодержавному і регіональному рівні, а також на рівні суб'єктів системи моніторингу, які здійснюватимуть розроблення програм та координацію їх виконання.

З метою забезпечення інтеграції інформаційних ресурсів та взаємодії суб'єктів системи моніторингу необхідно створити єдину автоматизовану підсистему збирання, оброблення, аналізу і зберігання даних.

Для збереження даних моніторингу та подальшої роботи з ними створюватимуться розподілені бази даних і комплексні банки інформаційних ресурсів.

#### **5. Механізм виконання Програми**

Організаційне забезпечення виконання Програми покладається у межах повноважень на Мінприроди, інші суб'єкти системи моніторингу та місцеві органи виконавчої влади.

Програма фінансується з державного бюджету, а також з інших джерел.

Орієнтовний обсяг фінансування за рахунок коштів державного бюджету становить близько 200 млн. гривень.

Виконання Програми розраховане на 2006-2010 роки.

Контроль за виконанням Програми здійснює Кабінет Міністрів

України.

#### **6. Очікувані результати виконання Програми**

Виконання Програми сприятиме:

належному забезпеченню органів державної влади та органів місцевого самоврядування, громадських і міжнародних організацій обґрунтованою, об'єктивною і достовірною інформацією про стан навколишнього природного середовища;

поліпшенню управління у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпеченню раціонального природокористування;

оптимізації фінансових витрат на забезпечення функціонування системи моніторингу за рахунок підвищення ефективності використання наявних можливостей;

оперативному реагуванню місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування на виникнення або загрозу виникнення надзвичайних ситуацій та належному контролю за їх розвитком і ліквідацією наслідків;

поліпшенню координації дій суб'єктів системи моніторингу під час планування, організації та проведення спостережень і спільних заходів.

**11. КОНВЕНЦІЯ ПРО ВОДНО-БОЛОТНІ УГІДДЯ, ЩО МАЮТЬ МІЖНАРОДНЕ ЗНАЧЕННЯ, ГОЛОВНИМ ЧИНОМ ЯК СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ ВОДОПЛАВНИХ ПТАХІВ, 1971, РАМСАРСЬКА КОНВЕНЦІЯ** (*Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat, Ramsar Convention*) – міжнародний правовий документ, підписаний 2 лютого 1971 р. у м. Рамсар (Іран) з метою налагодження міжнародного співробітництва у справі охорони водно-болотних угідь (ВБУ), цінних як середовища існування вразливих видів та угруповань, що перебувають під загрозою зникнення. Зміни внесені в 1982 та 1987. Органом прийняття рішень Конвенції є Конференція Сторін. Секретаріат розташований у м. Глан (Швейцарія). Депозитарій – Генеральний директор ЮНЕСКО. Станом на січень 2007 р. Сторонами Конвенції були 154 країни. Складається з преамбули та 12 статей.

Поняття «водно-болотні угіддя» в Конвенції визначено досить широко. Це райони маршів, боліт, драговин, торфовищ чи проточних, прісних, солонуватих або солоних вод, включаючи морські акваторії, глибина яких під час відпливу не перевищує 6 м. Механізми реалізації Конвенції ґрунтуються на кількох конкретних інструментах: Список рамсарських угідь (ВБУ вносять до Рамсарського списку – списку ВБУ міжнародного значення – відповідно до 9 критеріїв, що враховують особливості цих угідь та пов'язаного з ними біорізноманіття; на січень 2007 р. було внесено 1636 ВБУ загальною площею 145,7 млн га); реєстр Монтре (реєстр ВБУ з Рамсарського списку, в яких відбулися, відбуваються чи можуть відбутися зміни екологічного характеру, внаслідок діяльності людини; на січень 2007 до реєстру включено 59 ВБУ); База даних рамсарських угідь (адміністратором цієї бази даних є міжнародна неурядова організація *Wetlands International*, штаб-квартира якої розташована у м. Вагенінгені, Нідерланди); Дії щодо підвищення суспільної свідомості, в т. ч. святкування Всесвітнього дня водно-болотних угідь (2 лютого – день прийняття Рамсарської конвенції), вручення нагород за діяльність щодо охорони ВБУ (з 1999); Фонд малих грантів Рамсарської конвенції (починаючи з 1991), фонд виділяє кошти на збереження та обґрунтування використання ВБУ країнами, що розвиваються, і країнам з перехідною економікою; загалом фонд виділив 6 млн швейцарських франків на реалізацію 165 проектів у 75 країнах). Сторони Конвенції зобов'язані: визнати щонайменше одне ВБУ для включення до Рамсарського списку; сприяти збереженню ВБУ міжнародного значення, а у випадку значного скорочення їх площі – адекватній заміні іншими угіддями такого ж статусу; інформувати Секретаріат Конвенції про будь-які зміни екологічного характеру в будь-якому ВБУ з Рамсарського списку; інтегрувати питання збереження ВБУ міжнародного значення в національні плани землекористування; створювати природоохоронні території на ВБУ (незалежно від того, чи внесені вони до Рамсарського списку) і налагодити ефективне управління ними; сприяти дослідженням, обміну інформацією та публікації матеріалів

щодо ВБУ та їхньої фауни і флори, а також навчання фахівців; проводити консультації з іншими сторонами щодо реалізації Конвенції, особливо стосовно транскордонних ВБУ, водних об'єктів спільного володіння та спільних видів рослин і тварин. Україна приєдналася до Рамсарської конвенції 1 грудня 1991. 29 жовтня 1996 прийнято Закон «Про участь України в Конвенції про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів». На виконання зобов'язань України в рамках Рамсарської конвенції Кабінет Міністрів України Постановою «Про заходи щодо охорони водно-болотних угідь, які мають Міжнародне значення» від 23 листопада 1995 затвердив перелік з 22 водно-болотних угідь України міжнародного значення загальною площею 650 тис. га. В 1998 Бюро Конвенції включило ці угіддя до офіційного Списку рамсарських угідь. У 2003 Мінприроди України спільно з Чорноморською програмою міжнародної організації збереження ВБУ *Wetlands International* підготувало інформаційні описи 11 ВБУ, які були направлені до Бюро Рамсарської конвенції. Станом на початок 2007 мережа ВБУ міжнародного значення в Україні включала 33 ВБУ загальною площею 676 251 га. До ВБУ міжнародного значення в Україні, зокрема, належать: в Одеській області – озера Кугурлуй, Картал, Сасик, Кілійське гирло, система озер Шагани-Алібей-Бурнас, межиріччя Дністра і Турунчука, північна частина Дністровського лиману, Тилігульський лиман (Одеська і Миколаївська обл.); у Херсонській області – дельта Дніпра, Ягорлицька затока та ін.; у Волинській області – Шацькі озера, заплави річки Прип'ять і Стохід; в Закарпатській області – озеро Синевир; у Житомирській області – поліські болота; у Сумській – заплава Десни; в Криму – аквально-скельні комплекси Карадагу і мису Казантип, аквально-прибережний комплекс мису Опук, та інші.

## 12. СТИСЛИЙ ОГЛЯД ДЕЯКИХ ГЛОБАЛЬНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ (Зі статті Девіда Рудмена, провідного спеціаліста Інституту всесвітнього спостереження (США) на семінарі "Сталий розвиток і Україна. Екологічна політика нового тисячоліття" (22 жовтня 2000 р.)

Протягом останнього століття лісовий покрив планети скоротився на одну п'яту частину, а половина того, що залишилося, – це лісові розплідники та окремі островці. Замість того, щоб втрачати щороку невеличку частку видів флори і фауни в ході нормальних природних процесів, ми назавжди втрачаємо сотні або й тисячі кв. км. У наступному столітті ці втрати можуть сягнути десятків тисяч. Нас поглинула наймогутніша з часів динозаврів хвиля винищення видів.

Ми брутально втручаємося в життя решти видів, безперервно трансформуючи численні екосистеми. Люди перевозять рослини і тварин з одного континенту на інший, тим самим породжуючи "біоінвазії". Наприклад, найбільшу ріку Америки Міссісіпі заповонила смугаста мідія, ймовірно завезена морськими суднами з Азії. Не маючи в Америці природних ворогів, вона стрімко розмножується. Геть забиті мідіями водозабірні труби електростанцій призводять до мільярдних збитків. Хімічне забруднення часто можна якось видалити, але в разі появи таких-от біологічних забруднювачів позбавитися від них майже неможливо. Навряд чи ми зможемо привести численні екосистеми до їхнього природного стану.

Дві третини рибних запасів світу по-хижацькому експлуатуються й поступово вичерпуються. Внаслідок цього перестали зростати світові показники вилову риби. З часів Другої світової війни близько 38% від загальної площі культивованих земель (що дорівнює площі Китаю та Індії разом узятих) зазнали деградації й повністю втратили родючість переважним чином через ерозію ґрунтів. Почасти саме з цієї причини загальна площа культивованих земель планети – яка протягом тисячоліть незмінно розширювалася з часів аграрної революції – сягнувши в 1981 році свого піку, скоротилася відтоді на 9%. 22 країни світу, в тому числі Єгипет, Угорщина, Ізраїль, Сирія та інші,

зараз споживають більше прісної води, ніж одержують з атмосферних опадів. Решту вони беруть з річок, які протікають по їхніх територіях, що породжує міжнародні конфлікти навколо джерел води, як, скажімо, між Індією та Бангладеш за річку Ганг, або між Єгиптом і його південними сусідами за Ніл. Поза нестачею природних ресурсів, світу загрожують тяжкі наслідки забруднення навколишнього середовища. Нерідко вони тісно пов'язані з вичерпанням природних ресурсів. Ті промислові галузі та технологічні процеси, що споживають найбільше природних ресурсів, виступають водночас найбільшими забруднювачами довкілля. Мова йде про галузі та процеси, що знаходяться на "вхідному" кінці економіки, тобто про хімію, чорну та кольорову металургію, електроенергетику, гірничу індустрію, а також про спалювання природних енергоресурсів у наших автомобілях і будинках.

По суті, щодо багатьох природних копалин проблема не в тому, коли саме вони будуть повністю вичерпані, а в тому, що з нами буде, якщо ми бодай спробуємо це зробити. Якщо природні ресурси будуть вичерпані надто швидко, можна сподіватися, що ми отруїмо себе. З того, що я читав, у колишньому Радянському Союзі найгіршою проблемою було не вичерпання ресурсів, а забруднення навколишнього середовища. Прикладом, за деякими оцінками, глобальних запасів кам'яного вугілля при нинішньому рівні видобутку може вистачити більш ніж на тисячу років. Нажаль, вугілля є одним з найбрудніших видів природного палива, що більше за будь-яке інше джерело енергії спричиняється до глобального потепління. Призначена ООН група з кількох сот науковців, яка досліджує кліматичні зміни, вважає, що глобальне потепління вже настало. У цьому їх переконали не якісь окремо взяті докази, а, скоріше, поєднання цілої низки таких неймовірних явищ, як танення льодовиків, підняття рівня морів, недавнє зменшення льодового покриву на Північному полюсі і, ясна річ, загальне підвищення глобальної температури.

Індустріальні демократичні країни та країни колишнього Східного блоку, де проживає 22% населення планети, викидають в атмосферу 68% вуглецю. Кліматологи дедалі з більшою певністю стверджують: якщо ми хочемо уникнути значного глобального потепління, то мусимо зменшити ці викиди наполовину або й більше. Отже, незначна меншість населення викидає в повітря більшу частину вуглецю, а решта світу щосили намагається її в цьому наздогнати. Якщо всі спалюватимуть природне паливо так, як Західна Європа чи Україна, усі ми разом будемо викидати в 10 разів більше двоокису вуглецю понад усякі припустимі рівні. Гадаю, що саме ми, багаті індустріальні країни, повинні показати приклад у зменшенні залежності від природних видів палива. Це не лише етична проблема, але й дипломатична реальність. Хіба ж можна сподіватися, що Китай залишить у надрах решту вугілля, якщо ми не зробимо цього першими. Скорочення викидів вуглецю до глобально прийняттого та відповідального рівня означало б їх 90-відсоткове скорочення саме в найбагатших країнах - іншими словами, це означатиме кінець звичної для нас економіки, побудованої на природному паливі. Ні бензину для наших автомашин, ані вугілля для наших електростанцій.

*Позитивна перспектива.* Усе це справляє гнітюче враження. І я ще не згадував про численні місцеві невідкладні екологічні проблеми, яких удосталь в Україні. Аби розв'язати ці проблеми, ми мусимо мати позитивну перспективу на майбутнє. Сталий розвиток - це не лише завдання; це - надія.

*Розвиток.* Перш ніж визначити поняття "сталого розвитку", потрібно з'ясувати, що таке "розвиток". Програма розвитку ООН визначає "гуманітарний розвиток" як процес розширення можливостей людини. Прийнятий Програмою "Індекс гуманітарного розвитку" має кілька вимірів, а саме: здоров'я (середня тривалість життя та показник дитячої смертності), освіта (кількість людей шкільного віку, які фактично навчаються в школі) та рівень доходів (ВВП на душу населення). Здоров'я - це єдиний показник безпечності людського життя. Освіта важлива для відкриття перед людиною можливостей

знайти гідну роботу та бути господарем власного життя. Від рівня доходів залежить задоволення таких елементарних потреб, як їжа та житло. Чим більше в суспільстві людей з адекватним здоров'ям, освітою та доходами, тим більш розвиненим є саме суспільство.

На відміну від валового внутрішнього продукту (ВВП), "гуманітарний розвиток" зосереджує увагу не на економіці, а на людях. Зрештою, економіка є лише знаряддям створення кращих умов життя для людей. Проте в цьому визначенні прихована одна небезпека - вона дозволяє надто легко забути про нашу власну незалежність. Суспільство, в якому кожний може робити, що йому заманеться, аж ніяк не назвеш "розвиненим" – це, скоріше, хаос, який рано чи пізно прийде до цілковитої руйнації. І тоді не буде мови про будь-який вибір. Можливо, ви самі відчуваєте, що щось подібне відбувається в Україні. Так чи інакше це відбувається і в Сполучених Штатах. Розвинене суспільство – це не просто сукупність розвинених індивідів. Це широке й розмаїте полотно різноманітних інститутів, уряду, компаній, неурядових організацій, церков, законів, судів тощо, які підтримують народ, стабілізують суспільство та обмежують деякі можливості заради розширення можливостей для всіх.

Сталий розвиток означає розвиток, при якому розширюються можливості не лише для нас, але й для наших дітей та онуків. Забруднення планети сьогодні неминуче зменшить можливості для тих, хто житиме завтра. Сталий розвиток визнає взаємозалежність усіх людей не лише у просторі, але й у часі. Усталена економіка перероблятиме вторинні матеріали, як це робить здорова екосистема, бере енергію з відновлюваних джерел і загалом більш ефективно використовує всі свої ресурси. Вона радикально відрізнятиметься від індустріальної економіки сьогодення. Неминучі зміни обов'язково торкнуться житла людини, засобів пересування і способу виготовлення всіх без винятку речей - від пляшки до будинку. *Головне ж те, що сталий розвиток веде нас у світ, який ми з гордістю зможемо передати у спадок нашим дітям. Саме цього всі ми й хочемо.*

Кілька уроків з досвіду інших країн

*Технологія.* Численні технології, якими ми сьогодні користуємося, розроблялися та вдосконалювалися протягом десятиліть або й цілого століття – природне паливо, ядерна енергія, автомобілі тощо. Технологіям притаманна певна інерція. Що більше технологій ми застосовуємо, то більше грошей вкладають компанії в їх удосконалення, а отже, й ми застосовуємо їх дедалі інтенсивніше. Перед нами стоїть завдання перевести глобальну економіку на абсолютно інші рейки технологічного розвитку з метою прискореної розробки та впровадження екологічно чистих технологічних процесів – вітрових генераторів, сонячних батарей, економічних автомашин і будинків тощо.

Технології завтрашнього дня до певної міри спиратимуться на нинішні дослідження та розробки. Ми повинні вкладати набагато більше коштів у розробку екологічно обґрунтованих технологій. Тимчасом зараз уряди західних країн інвестують значно більше коштів у екологічно шкідливі технології (у країнах Заходу найбільш екологічно чисті й стрімко зростаючі енергетичні технології – вітрова та сонячна – майже не одержують урядової підтримки. Тимчасом найбільшою підтримкою користуються повільні та шкідливі для довкілля технології – вугільна, нафтова, газова та ядерна енергетика).

*Пріоритетні напрямки державного фінансування наукових досліджень у галузі енергетики в порівнянні з тенденціями їх комерційного застосування, індустріальні країни, 1990-1998.*

*Споживання.* Ми повинні істотно скоротити споживання матеріалів та енергії на душу населення, особливо на Заході. З точки зору сталого розвитку ми не розвинені, а навпаки – значно примітивніші, ніж будь-які суспільства дотехнологічної епохи. Скорочення споживання природних ресурсів вимагатиме істотних змін у тому, що і як ми купуємо. Ми й надалі можемо купувати такі послуги, як програмне забезпечення, освіта

та зв'язок, витрачаючи на них відносно мало природних ресурсів. Ми й надалі можемо жити в сучасних будинках з усіма побутовими приладами за тієї умови, що вони економічні та надійні в користуванні, виготовлені з вторинних матеріалів і легко надаються до вторинної переробки.

Але сьогодні ми поза всякими сумнівами стрімголов женемося за безглуздим марнотратством Заходу – автомашинами, великими будинками, телевізорами, кока-колою – от і маємо велетенську екологічну проблему. Саме тому багаті країни споживають переважну більшість світових ресурсів. У англійців є таке прислів'я: "За сусідським парканом трава завжди зеленіша". Стоячи по той бік паркану, можу запевнити, що при всіх наших достатках у нас безліч різних проблем, причому не лише екологічних. Схоже на те, що ми перетворилися на хронічних марнотратців на шкоду власним сім'ям, тому що люди не шкодують себе, аби заробити на більше авто чи будинок, не залишаючи собі часу на те, аби принести радість родині чи просто побути з близькими разом. Схоже, що ми викинули з пам'яті багато важливих речей.

На мою думку, багато хто на Заході шукає якоїсь альтернативи. Маю надію, що саме позитивна перспектива сталого розвитку, яка відстоює наші основні життєві цінності та можливості для наших дітей, здатна знайти відгук у багатьох серцях, якщо вона супроводжується конкретним планом заходів з метою досягнення сталого розвитку.

*Політика.* Як має діяти Україна, аби досягти сталого розвитку? Кожна країна повинна сама обирати власний шлях до захисту навколишнього середовища, ясна річ, користуючись досвідом інших країн. Загалом кожний підхід – регулятивні заходи, податки на забруднення тощо – має свої переваги та недоліки, тому краще за все застосувати одночасно кілька різних підходів.

*Екологічні податки.* Численні уряди дедалі частіше застосовують різноманітні санкції та податки проти тих, хто забруднює довкілля та нераціонально розпоряджається відходами. У такий спосіб економічні збитки від забруднення – скажімо, оплата лікування людей з захворюваннями легенів – перекладаються на плечі тих, хто спричиняє забруднення, і включається в ціни, що ми їх сплачуємо. Ці податки змушують ціни промовляти екологічну істину. В ідеалі вони дозволяють урядові робити те, що він уміє найкраще – ставити завдання екологічного розвитку – дозволяючи компаніям робити те, що найкраще вміють робити вони – знаходити найдешевші способи виконання цих завдань. Приміром, уряди 8 країн Західної Європи підвищили податки за екологічну шкоду і скерували ці гроші на скорочення інших податків, тобто вдалися до "податкового переносу". Замість зменшення інших податків уряд, як це було зроблено в Польщі, може скерувати податкові надходження на створення "Екофонду", який фінансує проекти ліквідації найтяжчих наслідків забруднення довкілля, що залишилися від радянської епохи. Я навіть вважаю, що Україна успадкувала з радянських часів добре виважену систему штрафування екологічної шкоди. Я розумію, що на практиці від неї було мало користі, проте вона може послужити підґрунтям для більш дієвої системи.

**Перенесення податків з виробництва та інвестицій на екологічну шкоду**

Країна, 1-й рік чинності	Скорочені податки	Підвищені податки	Перенесені надходження (відсотки)
Швеція, 1991	Прибутковий податок з фізичних осіб	На викиди двоокису вуглецю та сірки	1.9

Данія, 1994	Прибутковий податок з фізичних осіб	На продаж моторного пального, вугілля, електро- та водопостачання; спалювання сміття та вивезення на звалища; з власників автомобин	2.5
Іспанія, 1995	На заробітну плату	На продаж моторного пального	0.2
Данія, 1996	На заробітну плату, на сільськогосподарське майно	На промислові викиди вуглецю; продаж пестицидів, хлорованих розчинників і батарейок живлення	0.5
Нідерланди, 1996	Прибутковий податок з фізичних осіб і на заробітну плату	На продаж природного газу та електроенергії	0.8
Велика Британія, 1996	На заробітну плату	На вивезення відходів на звалища	0.1
Фінляндія, 1996	Прибутковий податок з фізичних осіб і на заробітну плату	На продаж електроенергії, вивезення відходів на звалища	0.5
Німеччина, 1999	На заробітну плату	На продаж електроенергії	2.1
Італія, 1999	На заробітну плату	На продаж природного палива	0.2
Нідерланди, 1999	Прибутковий податок з фізичних осіб	На продаж електроенергії, вивезення відходів на звалища, комунальне водопостачання	0.9
Франція, 2000	На заробітну плату	На переробку твердих відходів; забруднення води й повітря	0.1
Велика Британія, 2001	На заробітну плату	На продаж електроенергії промисловим підприємствам	0.3

*Регулятивні заходи.* Уряди індустріальних країн досягли чималих успіхів у боротьбі з тими проблемами забруднення довкілля, які мають технічні способи розв'язання, - скажімо, впровадження каталітичних конвертерів для зменшення автомобільних викидів і сірчаних скрубєрів для зменшення шкідливих викидів з вугільних електростанцій. Як результат, у багатьох річках на Заході вода зараз чистіша, ніж 20 років тому, так само, зрештою, як повітря майже в усіх наших великих містах, – хоча й продовжують існувати великі екологічні проблеми. Переважна більшість цих змін відбулася завдяки регулятивним заходам, які примусили автомобільні компанії випускати екологічно "чистішу" продукцію, або ж вимагали запровадження "найдосконаліших на даний момент технологій". Іноді вони наказують компаніям, що слід робити, замість дозволити їм обрати найдешевший спосіб виконання екологічних завдань. Але в багатьох випадках прийняті норми та правила успішно зробили свою справу. Найголовніша їхня пе-

ревага в тому, що значно дешевше добитися їх виконання. Уряд не мусить ретельно вимірювати рівні викидів з кожного підприємства чи автомашини – достатньо перевірити, що потрібне для цього обладнання встановлене і працює. По суті впровадження екологічних норм майже завжди коштує менше, ніж це передрікають компанії. Так, з проаналізованих 12 чинних у США екологічних регулятивних програм, кожна з них фактично коштувала удвічі з лишком менше, ніж прогнозувалося напочатку, – головним чином завдяки технологічним досягненням.

**Стимулювання участі громадськості.** Перебуваючи у В'єтнамі, я був дуже вражений, коли дізнався, що керівники екологічних установ (а вони там дуже маленькі) половину свого часу присвячують відповідям на скарги населення на місцевих забруднювачів. І В'єтнам у цьому не одинокий. Тиск місцевого населення відіграє важливу роль у таких країнах, як Китай, Бразилія та Індонезія. По суті громадяни безкоштовно служать очами й вухами для екологічних установ з обмеженим бюджетом. Уряди також можуть публікувати інформацію про забруднювачів. Одним з найкращих прикладів може послужити індонезійська програма РК.ОРЕК.-РК.ОКА5ІН. У 1995 році екологічне агентство країни запровадило градацію компаній за п'ятикольоровою шкалою, залежно від обсягу їхніх шкідливих викидів у воду. В експериментальному етапі програми погодилися взяти участь 187 компаній. 6 із них одержали чорний рейтинг (за грубі порушення державних стандартів і невжиття жодних заходів з метою виправлення становища), 115 одержали червоний рейтинг (за порушення, незважаючи на певні спроби щось зробити), 61 одержала блакитний рейтинг (за дотримання стандартів), 5 -зелений (за перевищення стандартів) і жодна не одержала золотого рейтингу (за використання сучасних екологічно чистих технологій). Перш ніж обнародувати одержані результати, організація у приватному порядку повідомила про них компанії, включені до списку, і дала їм 6 місяців на усунення недоліків і повторну оцінку. Після цього 10 компаній перейшли до "блакитної" категорії. Уряд оголосив нові результати у грудні. До вересня 1996 року ще 23 підприємства зуміли вибратися з чорної та червоної категорій.



**ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК**Отформатовано:  
английский США

<a href="#">Абісаль 173</a>	<a href="#">Біом 16, 183</a>
<a href="#">Абісопелагіаль 173</a>	<a href="#">«Біос-3» 36</a>
<a href="#">Автохтонна речовина 16</a>	<a href="#">Біосфера 16, 168</a>
<a href="#">Агроєкосистеми 189</a>	<a href="#">«Біосфера-2» 36-39</a>
<a href="#">Агроіндустрія 190</a>	<a href="#">Біотестування 223</a>
<a href="#">Адаптація до токсикантів 210</a>	<a href="#">Біотичне угруповання 17, 93</a>
<a href="#">Адитивність 50</a>	<a href="#">Біотичний потенціал популяції 83</a>
<a href="#">Азотфіксація 134</a>	<a href="#">Біотоп 17, 93</a>
<a href="#">Активний сольовий обмін 65</a>	<a href="#">Біохори 172</a>
<a href="#">Алохтонна речовина 16</a>	<a href="#">Біоценоз 16, 17, 93</a>
<a href="#">Альbedo 130</a>	<a href="#">– повночленний 132</a>
<a href="#">Альфа-випромінювання 57</a>	<a href="#">– неповночленний 132</a>
<a href="#">Альфа-різноманіття 143</a>	<a href="#">Біоєнологія 10</a>
<a href="#">Аменсалізм 99</a>	<a href="#">Біоєнотичні принципи Тінемана 145</a>
<a href="#">Амоніфікація 136</a>	<a href="#">Біоцикли 172</a>
<a href="#">Антагонізм 50</a>	<a href="#">Болота 181</a>
<a href="#">Асамблея 98</a>	<a href="#">Ботанічні сади 305</a>
<a href="#">Асоціація 16</a>	<a href="#">Буш 189</a>
<a href="#">Аутекологія 10</a>	
	<a href="#">Важкі метали 204</a>
<a href="#">Базальний (основний) обмін 49</a>	<a href="#">Венеціанська система 64</a>
<a href="#">Балансовий підхід 126</a>	<a href="#">Вид-едифікатор 97</a>
<a href="#">Батіаль 173</a>	<a href="#">Види-інтродуценти 91</a>
<a href="#">Батіпелагіаль 173</a>	<a href="#">Видова насиченість 94</a>
<a href="#">Бекерель 58</a>	<a href="#">Видове багатство 96</a>
<a href="#">Бенталь 20</a>	<a href="#">Видове різноманіття 96</a>
<a href="#">Бентос 19</a>	<a href="#">Віоленти 89</a>
<a href="#">Бета-випромінювання 57</a>	<a href="#">Вітер 70</a>
<a href="#">Бета-різноманіття 143</a>	<a href="#">Внутрішнє опромінення 59</a>
<a href="#">Біогенні елементи 70</a>	<a href="#">Вода 62</a>
<a href="#">Біогеохімічні колообіги 133</a>	<a href="#">– колообіг 140</a>
<a href="#">– газоподібних речовин 134</a>	<a href="#">Водна рамкова директива ЄС 198</a>
<a href="#">– осадовий цикл 139</a>	<a href="#">Водневий показник 65</a>
<a href="#">– карбогену 136</a>	<a href="#">Водні екосистеми 172</a>
<a href="#">– нітрогену 134</a>	<a href="#">Водосховища 182</a>
<a href="#">– сірки 138</a>	
<a href="#">– фосфору 139</a>	<a href="#">Гази у повітрі та воді 66</a>
<a href="#">Біогеоценоз 17, 119, 120</a>	<a href="#">Гама-випромінювання 57</a>
<a href="#">Біоіндикатор 220</a>	<a href="#">Гама-різноманіття 144</a>
<a href="#">Біоіндикація 220</a>	<a href="#">Гаряча точка 258</a>
<a href="#">Біоманіпуляція 165</a>	<a href="#">Генетично модифіковані організми 152</a>
<a href="#">Біоморфа 18</a>	<a href="#">Гемікриптофіти 19</a>
<a href="#">Біологічна безпека 272</a>	<a href="#">Геміпопуляція 17, 18, 78, 94</a>
<a href="#">Біологічна індикація 220, 221</a>	<a href="#">Гербіциди 202</a>
<a href="#">Біологічна оцінка 258</a>	<a href="#">Гетеросфера 68</a>
<a href="#">Біопродуктивність 123</a>	<a href="#">Гільдія 97, 130</a>
<a href="#">Біологічна продукція 123</a>	<a href="#">Гіперосмотичність 62</a>
<a href="#">Біологічні інвазії 155</a>	<a href="#">Гіпонейстон 21</a>
<a href="#">Біологічні інтродуценти 155</a>	<a href="#">Гіпоосмотичність 62</a>

<a href="#">Гіпотеза Геї 157</a>	<a href="#">Екологічна ніша 18, 105</a>
<a href="#">Гомеостаз 75,76</a>	<a href="#">– багатомірна 105</a>
<a href="#">– фундаментальна 105</a>	<a href="#">– реалізована 105</a>
<a href="#">Гомойотерми 54</a>	<a href="#">Екологічна піраміда 127</a>
<a href="#">Гомосфера 68</a>	<a href="#">Екологічна політика 268</a>
<a href="#">Гормезис 60</a>	<a href="#">Екологічне нормування 218</a>
<a href="#">Гранично допустима концентрація 218</a>	<a href="#">Екологічне прогнозування 23</a>
<a href="#">– іригаційні ГДК 219</a>	<a href="#">Екологічний аудит 285</a>
<a href="#">– рибогосподарські ГДК 219</a>	<a href="#">Екологічний злочин 270</a>
<a href="#">– санітарно-гігієнічні ГДК 219</a>	<a href="#">Екологічний менеджмент 284</a>
<a href="#">Гранично допустимі викиди 218</a>	<a href="#">Екологічний метаболізм 94, 98</a>
<a href="#">Грей 58</a>	<a href="#">Екологічний стан 200</a>
<a href="#">Грунтові води 183</a>	<a href="#">Екологічний шум 52</a>
<a href="#">Демекологія 10</a>	<a href="#">Екологічні – нормативи 218</a>
<a href="#">Денітрифікація 136</a>	<a href="#">– проблеми 259</a>
<a href="#">Дендролічні парки 305</a>	<a href="#">– ризики 12, 257</a>
<a href="#">Державна комісія з питань техногенно- екологічної безпеки 300</a>	<a href="#">– стандарти 218</a>
<a href="#">Держава система моніторингу довкілля України 250, 256, 297</a>	<a href="#">Екологічні сукцесії 23, 155</a>
<a href="#">Детермінант консорції 97</a>	<a href="#">– автотрофні 155</a>
<a href="#">Детритний ланцюг живлення 128, 129</a>	<a href="#">– вторинні 156</a>
<a href="#">Дефоліанти 202</a>	<a href="#">– гетеротрофні 155</a>
<a href="#">Динаміка екосистем 155</a>	<a href="#">– первинні 156</a>
<a href="#">Динамічні показники популяції 82</a>	<a href="#">Екологічний</a>
<a href="#">Дисипативна структура 92, 163</a>	<a href="#">– метаболізм 94</a>
<a href="#">Дистрес 75</a>	<a href="#">– розвиток 13</a>
<a href="#">Дифузна конкуренція 101-102</a>	<a href="#">– стан 257</a>
<a href="#">Еврибіонти 47</a>	<a href="#">– стандарт якості 199</a>
<a href="#">Евригалінність 64</a>	<a href="#">Екологія 9,10</a>
<a href="#">Евтрофікація 163</a>	<a href="#">Еколого-ценотичні стратегії 89</a>
<a href="#">Едафоценоз 94</a>	<a href="#">Екосистема 15, 17, 119</a>
<a href="#">Едифікатор консорції 97</a>	<a href="#">– імпульсної стабільності 16</a>
<a href="#">Еквітабельність 95</a>	<a href="#">– космічного корабля 196</a>
<a href="#">Екзосфера 67</a>	<a href="#">– лентична 180</a>
<a href="#">Екобезпека 271</a>	<a href="#">– лотична 180</a>
<a href="#">Екотехнологія 164</a>	<a href="#">– транзитна 16</a>
<a href="#">Екотоксикологія 224</a>	<a href="#">Екосфера 170</a>
<a href="#">Екотонний ефект 144</a>	<a href="#">Екотехнологія (біоманіпуляція) 164, 165</a>
<a href="#">Емерджентні властивості 25</a>	<a href="#">Екотоксикологія 224</a>
<a href="#">Екологізація людської діяльності 197</a>	<a href="#">Екотонний ефект 144</a>
<a href="#">Екологічна – безпека 271</a>	<a href="#">– різноманіття Жаккара 145</a>
<a href="#">– валентність 47</a>	<a href="#">– функціонування системи</a>
<a href="#">– катастрофа 263</a>	<a href="#">Екочинники (фактори) 23, 45, 46</a>
<a href="#">– класифікація 18</a>	<a href="#">– абіотичні 53</a>
<a href="#">– криза 262</a>	<a href="#">– антропогенні 53, 71</a>
<a href="#">– мережа 355</a>	<a href="#">– антропогенні 53, 71</a>
<a href="#">– небезпека 263</a>	<a href="#">– біогенні 71</a>
<a href="#">– норма 225</a>	<a href="#">– біологічні 71</a>
	<a href="#">– біотичні 53</a>
	<a href="#">– залежні від щільності популяції 53, 72</a>
	<a href="#">– класифікація 53</a>
	<a href="#">– комплексний вплив 50</a>

<p>– незалежні від щільності <a href="#">53, 72</a>  – неперіодичні <a href="#">72</a>  – періодичні <a href="#">72</a>  Експеримент <a href="#">32</a>  – однофакторний <a href="#">33</a>  – багатфакторний <a href="#">33</a>  Експлеренти <a href="#">89</a>  Енантіостаз <a href="#">76</a>  Енергетична структура екосистем <a href="#">121</a>  Енергетичні субсидії <a href="#">132</a>  Енергетичний баланс організму <a href="#">123</a>  Енергія в біосфері <a href="#">130</a>  Ентропія <a href="#">121</a>  Епібентос <a href="#">21</a>  Епігенама <a href="#">120</a>  Епіморфа <a href="#">120</a>  Епінейстон <a href="#">21</a>  Епіпелагіаль <a href="#">173</a>  Еустрес <a href="#">75</a>  Ефект галявини <a href="#">144</a>  Ефект Пастера <a href="#">68</a>  Ефективна еквівалентна доза <a href="#">65</a></p> <p><a href="#">Свроатлантична інтеграція 279</a>  <a href="#">Європейська агенція з охорони навколишнього середовища 261, 262</a>  Ємність екосистем <a href="#">24</a>  – буферна <a href="#">154</a>  – середовища <a href="#">82</a></p> <p><a href="#">Жива речовина 133, 169, 170</a>  <a href="#">Життєва форма 18</a>  – гідробіонтів <a href="#">19</a>  – рослин <a href="#">18</a>  – тварин <a href="#">19</a>  <a href="#">Життєве середовище 168</a>  <a href="#">Життєві стратегії популяції 88</a>  – система Макарура-Вілсона <a href="#">88</a>  – система Раменського-Грайма <a href="#">89</a></p> <p><a href="#">Забруднення 199, 200</a>  – біосфери <a href="#">200</a>  – екосистем <a href="#">198</a>  – нафтопродуктами <a href="#">201</a>  – радіоактивне <a href="#">201</a>  – харчових продуктів <a href="#">209</a>  Заказник <a href="#">304</a>  Закон – Бугера-Ламберта <a href="#">55</a>  – Генрі <a href="#">69</a>  – Ліндемана (10%) <a href="#">128</a>  – толерантності Шелфорда <a href="#">47</a></p>	<p>– Мітчерліха <a href="#">51</a>  – сумісної дії факторів Бауле <a href="#">51</a>  – мінімуму Лібіха <a href="#">46</a>  Закон України Про державну систему біобезпеки ... <a href="#">352</a>  – про екологічну мережу <a href="#">355</a>  – про основи нац. безпеки <a href="#">289</a>  – про охорону навколишнього природного середовища <a href="#">292</a>  Заповідник  – біосферний <a href="#">302</a>  – природний <a href="#">302</a>  Заповідні урочища <a href="#">304</a>  Зелена книга України  «Зелена революція» <a href="#">189</a>  Зіверт <a href="#">58</a>  Злочин екологічний <a href="#">270</a>  Злочин проти довкілля <a href="#">287</a>  Зовнішнє середовище <a href="#">17, 26</a>  Зовнішні чинники <a href="#">11</a>  Зовнішньометаболічні зв'язки <a href="#">98</a>  Зона нормальної життєдіяльності <a href="#">47, 48</a>  – оптимуму <a href="#">48, 49</a>  – песимуму <a href="#">47, 48, 49</a>  – толерантності <a href="#">47, 48, 49</a>  Зоологічні парки <a href="#">305</a>  Зооциди <a href="#">202</a></p> <p><a href="#">Ізоосмотичність 62</a>  Ізойонія <a href="#">65</a>  Ізотонія <a href="#">65</a>  Іміграція <a href="#">82</a>  Інбентос <a href="#">21</a>  Інвазія <a href="#">69, 91, 155</a>  Інвайроментологія <a href="#">11, 31</a>  Індекс – екологічного виконання <a href="#">216</a>  – екологічної сталості <a href="#">13</a>  – Жаккара <a href="#">95</a>  – Живі планети <a href="#">214</a>  – оптимальності середовища <a href="#">228</a>  – процентної схожості <a href="#">96, 111</a>  – Сьоренсена <a href="#">95</a>  – Фішера-Корбета-Вільямса <a href="#">145</a>  – Шеннона <a href="#">142</a>  – Щасливої планети <a href="#">215</a>  Індивідуальна ефективна еквівалентна доза <a href="#">58</a>  Індикатори ризику <a href="#">257</a>  Інсектициди <a href="#">202</a>  Інтерстиційні води <a href="#">183</a>  Інформаційна структура екосистем <a href="#">141</a></p>
--	---

[Іонна регуляція](#) 64, 65  
[Іонний коефіцієнт](#) 65  
[Іхтіоциди](#) 202  
 – пасовищний 128, 129

[Каатинга](#) 189  
[Календар екологічних дат](#) 307  
[Канали](#) 183  
[Карпози](#) 99  
[Класифікація біотичних взаємодій](#) 98  
 – екосистем 171  
[Клімаксні угруповання](#) 156  
[Коефіцієнт оксикалорійний](#) 130  
 – екологічної якості 199  
 – радіаційного ризику 57  
 – хлорний 64  
[Коллективна ефективна еквівалентна доза](#) 58  
[Коливальний режим екофакторів](#) 73  
[Коменсалізм](#) 99  
[Компенсаційна точка](#) 132  
[Комплексний екологічний моніторинг](#) 29  
[Конвенція](#)  
 – про біорізноманіття 349  
 – про водно-болотні угіддя, Рамсарська конвенція 353  
 – про доступ до інформації... , Оргуська конвенція 348  
 – про заборону військового чи будь-якого іншого, ворожого використання засобів впливу на природне середовище 1976 р. 348  
[Конкуренти](#) 90  
[Конкурентного виключення принцип](#) 107, 110  
[Конкуренція](#)  
 – дифузна 101  
 – експлуатаційна 99, 160  
 – інтерференційна 99  
[Консорція](#) 97, 103  
[Континентальні водойми](#) 180  
 – лентичні 180  
 – лотичні 180  
[Концепція Державної програми протекції](#)  
[Концепція сталого розвитку агроєкосистем в Україні на період до 2025 року](#) 362  
[Коралові рифи](#) 176  
[Кормові коефіцієнти](#) 102  
[Криві виживання](#) 81  
[Криптофіти](#) 19

[Критичне навантаження](#) 200  
[Ксенобіотик](#) 263  
[Курортні зони](#) 305

[Ланцюг живлення](#) 128  
 – детритний 128, 129  
 – пасовищний 128, 129  
[Листопадні ліси помірної зони](#) 185  
[Лімітуючий показник шкідливості](#) 219  
[Лімітуючі чинники \(фактори\)](#) 46  
[Лімнобіонти](#) 181  
[Літораль](#) 173  
[Логістична крива](#) 72  
[Логістичне рівняння](#) 85  
[Лотки-Вольтерри рівняння](#) 100

[Макроелементи](#) 70  
[Мезоєкосистема](#) 36  
[Мезосфера](#) 67  
[Менеджмент екологічний](#) 284  
[Мережа живлення](#) 128  
[Мерологічний підхід](#) 28  
[Метаболізм біоценозу](#) 229  
[Метод біоіндикації](#) 32  
[Метод темних і світлих склянок](#) 126  
[Механізми регуляції екосистемних процесів](#) 152  
[Міжнародна організація стандартів \(ISO\)](#) 260  
[Міжпопуляційні взаємовідносини](#) 98  
[Механізм зворотнього зв'язку](#) 148  
 – негативний 148  
 – позитивний 148  
[Мікроелементи](#) 70  
[Мікрокосм](#) 15, 35, 119  
[Мінприроди України](#) 298  
[Моделі](#) 35  
 – заклепок 147  
 – ідеальні 40  
 – імітаційні 40  
 – класифікація 40  
 – концептуальні 40  
 – Лотки-Вольтерри 41  
 – математичні 40  
 – пасажирів 147  
 – реальні 39  
[Моделювання](#) 35  
[Моніторинг](#) 30  
 – біологічний 32  
 – імпактний 31  
 – навколишнього середовища 30

Отформатировано: По левому краю, Отступ: Перед: 0 пт

Отформатировано: Шрифт: 11 пт, украинский

Отформатировано: Шрифт: 11 пт, украинский

Отформатировано: Шрифт: 11 пт, украинский

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто, украинский

<p><a href="#">– регіональний 31</a>  <a href="#">– фоновий 31</a>  <a href="#">Мутуалізм 99</a></p> <p><a href="#">Наземні екосистеми 183</a>  <a href="#">Напіввічнозелені сезонні тропічні ліси 188</a>  <a href="#">Національний парк 304</a>  <a href="#">Небезпечні речовини 199</a>  <a href="#">Негентропія 121</a>  <a href="#">Нейтралізм 99</a>  <a href="#">Нейсталь 20</a>  <a href="#">Нейстон 20, 21</a>  <a href="#">Нектон 19, 20</a>  <a href="#">Нематоциди 202</a>  <a href="#">Неоекологія 9</a>  <a href="#">Неповночленні біоценози 132</a>  <a href="#">Неритична зона 173</a>  <a href="#">Нестійке господарство 193</a>  <a href="#">Нітрифікація 135</a>  <a href="#">Ніша екологічна 105</a>  <a href="#">Ноосфера 171</a>  <a href="#">Норма і патологія екосистем 24, 122, 212</a>  <a href="#">Нормування екологічне 218</a></p> <p><a href="#">Озера 180</a>  <a href="#">Озоновий шар (екран) 55, 131</a>  <a href="#">Океанічна зона 173</a>  <a href="#">Оптимальні умови 73, 74</a>  <a href="#">Осмоконформісти 62, 64</a>  <a href="#">Осморегулятори 62, 64</a>  <a href="#">Оцінка ризику 257</a>  <a href="#">Очікувана (повна) колективна ефективна еквівалентна доза 58</a></p> <p><a href="#">Пам'ятки природи 304</a>  <a href="#">Парадокс солонуватих вод 65</a>  <a href="#">Паразитизм 99</a>  <a href="#">Парки-пам'ятки 305 садово-паркового мистецтва 305</a>  <a href="#">Пасивний сольовий обмін 65</a>  <a href="#">Патієнти 89</a>  <a href="#">Патологія екосистем 225</a>  <a href="#">Парниковий ефект 137</a>  <a href="#">Пелагіаль 20</a>  <a href="#">Пелагос 20</a>  <a href="#">Перифітон 19, 21</a>  <a href="#">Пермеанти 183</a>  <a href="#">Пестициди 202</a>  <a href="#">– карбамати 203</a>  <a href="#">– фосфорорганічні 203</a></p>	<p><a href="#">– хлорорганічні 203</a>  <a href="#">Печерні води 183</a>  <a href="#">Північні хвойні ліси 184</a>  <a href="#">Підземні води 183</a>  <a href="#">Піраміда трофічна (екологічна) 127</a>  <a href="#">– біомаси 127</a>  <a href="#">– енергії 128</a>  <a href="#">– продукції 128</a>  <a href="#">– чисельності 127</a>  <a href="#">– в екосистемі 77</a>  <a href="#">– фотосинтетично активна (ФАР) 55</a></p> <p><a href="#">Планктон 19, 20</a>  <a href="#">«Планктонний парадокс» 109</a>  <a href="#">Плейстон 20, 21</a>  <a href="#">Повночленні біоценози 132</a>  <a href="#">Погіршення якості 200</a>  <a href="#">Пойкілотерми 54</a>  <a href="#">Популяція 17, 77, 78</a>  <a href="#">– віковий склад 79</a>  <a href="#">– вікові групи 81</a>  <a href="#">– динамічні показники 82-84, 82-86</a>  <a href="#">– опортуністичні 85</a>  <a href="#">– рівноважні 85</a></p> <p><a href="#">Правило – Аллена 54</a>  <a href="#">– Бергмана 54</a>  <a href="#">– Вант-Гоффа 54</a>  <a href="#">– Глогера 55</a>  <a href="#">– 10% 128</a>  <a href="#">– Дарлінгтона 146</a>  <a href="#">– компенсації 145</a>  <a href="#">– Крогеруса 145</a></p> <p><a href="#">Принцип – емерджентності 25</a>  <a href="#">– запобігання 270</a>  <a href="#">– Коммонера 44</a>  <a href="#">– конкурентного виключення Гаузе</a>  <a href="#">– Ле Шательє–Брауна 149</a>  <a href="#">– максимізації енергії 122</a>  <a href="#">– нерівноважної термодинаміки Пригожина–Онсагера 161</a>  <a href="#">– Олі 82</a></p> <p><a href="#">Природокористування 11</a>  <a href="#">– збалансоване 12</a>  <a href="#">Природно-заповідний фонд України 302</a>  <a href="#">Продукція 123</a>  <a href="#">– вторинна 129</a>  <a href="#">– екосистеми 129</a>  <a href="#">– індивідуальна 123</a>  <a href="#">– особини 123</a>  <a href="#">– первинна 129</a>  <a href="#">– питома 123, 124</a>  <a href="#">– популяції 125</a></p>
---	---

Отформатовано:  
Шрифт: 11 пт, український

Отформатовано:  
Шрифт: 11 пт, український

Отформатовано:  
Шрифт: 11 пт, український

Отформатовано:  
Шрифт: 11 пт, український

<p>– склянковий метод визначення <a href="#">125</a>  – угруповання <a href="#">125</a>  – чиста <a href="#">126</a>  Продуценти <a href="#">127</a>  Прозорість води <a href="#">55</a>  Простір екофакторів <a href="#">51</a>  Протокооперація <a href="#">99</a>  Пустелі <a href="#">188</a></p> <p>Радіація  – іонізуюча <a href="#">56</a>  – поглинута доза <a href="#">57</a>  Радон <a href="#">59</a>  Регіональний ландшафтний парк <a href="#">304</a>  Резерват <a href="#">304</a>  Резервний фонд елемента <a href="#">133</a>  Рекреаційна зона <a href="#">305</a>  Ресурси – відновлювальні <a href="#">24</a>  – невідновлювальні <a href="#">24</a>  Референційні умови <a href="#">200</a>  Рецептор <a href="#">257</a>  Речовина-забрудник <a href="#">199</a>  Резервати <a href="#">304</a>  Речовинна структура екосистем <a href="#">133</a>  Ризик <a href="#">257</a>  Ризик екологічний <a href="#">251</a>  Рівень народжуваності <a href="#">83</a>  – смертності <a href="#">83</a>  Рівняння Бергаланфі <a href="#">124, 125</a>  Рівняння Бойсен-Йенсена <a href="#">125</a>  Різноманіття видове <a href="#">96</a>  – альфа- <a href="#">143</a>  – бета- <a href="#">143</a>  – гама- <a href="#">144</a>  Ріст чисельності популяції  – j-подібний <a href="#">82, 83</a>  – S- подібний <a href="#">82, 83</a>  Річки <a href="#">180, 141</a>  РНБО України (в системі екобезпеки) <a href="#">300</a>  Рудерали <a href="#">90</a></p> <p>Світло <a href="#">55</a>  Світовий океан <a href="#">172</a>  Сівозміни <a href="#">199</a>  Синекологія <a href="#">10</a>  Синергізм <a href="#">50</a>  Синузія <a href="#">102</a>  Система <a href="#">25</a>  Система репарації <a href="#">61</a>  Системний підхід <a href="#">41</a></p>	<p>Склянковий метод визначення продукції <a href="#">150</a>  Солоність води <a href="#">64</a>  Сонячна стала <a href="#">55</a>  Спостереження <a href="#">29</a>  Стабільність екосистем <a href="#">153</a>  Ставки <a href="#">183</a>  Стан благополуччя системи <a href="#">23</a>  Стан поверхневих вод <a href="#">200</a>  Статичні показники популяції <a href="#">79</a>  Стація <a href="#">105</a>  Стенобіонти <a href="#">47</a>  Стеногалінність <a href="#">64</a>  Степи помірної зони <a href="#">186</a>  Стійке господарство <a href="#">193</a>  Стійкий (сталий) розвиток <a href="#">12,13, 269</a>  Стійкість екосистем – пружна <a href="#">153</a>  – резистентна <a href="#">153</a>  Стратопауза <a href="#">67</a>  Стрес <a href="#">75</a>  Стрес-толеранти <a href="#">90</a>  Структура екосистем <a href="#">121</a>  Сублітораль <a href="#">173</a>  Супралітораль <a href="#">173</a>  Сукупні властивості <a href="#">25</a>  Сукцесія <a href="#">16, 155</a>  – автотрофна <a href="#">155</a>  – гетеротрофна <a href="#">155</a>  – первинна <a href="#">156</a>  – вторинна <a href="#">156</a></p> <p>Температура <a href="#">54</a>  Теорія катастроф <a href="#">166</a>  Теорія оптимального живлення <a href="#">233</a>  Течія <a href="#">70</a>  Тератологія <a href="#">217</a>  Термосфера <a href="#">67</a>  Терофіти <a href="#">19</a>  Тест-об'єкт <a href="#">226</a>  Тест-функція <a href="#">226</a>  Техногенез <a href="#">190</a>  Типи росту популяцій <a href="#">82</a>  – J- подібний <a href="#">82, 83</a>  – S - подібний <a href="#">82, 83</a>  – динаміки чисельності популяцій <a href="#">82, 84, 85</a>  – життєвих стратегій Раменського-Грайма <a href="#">88-89</a>  – розподілу організмів у просторі <a href="#">81</a>  Тиск <a href="#">71</a>  Токсикант <a href="#">198</a>  Токсикологічний контроль <a href="#">218</a></p>
---	--

Отформатовано: Шрифт: 11 пт,  
русский Россия

[Токсичні чинники 226](#)  
[Токсичність 226](#)  
[Точка біфуркації 92, 161](#)  
[Точка Беркнера-Машалла 68](#)  
[Точка Пастера 68](#)  
[Трансформація екосистем 23, 163](#)  
[Троглобіонти 183](#)  
[Троглоксени 183](#)  
[Тропічні дощові ліси 189](#)  
[Тропічні степи і савани 188](#)  
[Тропічний скреб 189](#)  
[Тропосфера 67](#)  
[Трофічний ланцюг 128](#)  
   – мережа 128  
   – піраміда 127  
   – рівень 128  
[Тундри арктична і альпійська 184](#)  
  
[Убіквісти 47](#)  
[Угруповання 17, 93](#)  
   – біотичне 93  
   – індикаторне 220  
   – пірогенне 153  
[Ультраабісаль 173](#)  
[Ультраабісопелагаль 173](#)  
  
[Фанерофіти 19](#)  
[Фенологія 162](#)  
[Флуктуації 23, 158](#)  
[Формула Шеннона 142](#)  
   – живої речовини 133  
[Фотоавтотрофи 127](#)  
[Фотосинтетично активна радіація \(ФАР\) 55](#)  
[Фреатичні води 183](#)  
[Фунгіциди 202](#)  
[Функція благополуччя 52, 226](#)  
   – відгуку узагальнена 52

[Хамефіти 19](#)  
[Хемосинтетикиз 1217](#)  
[Хижацтво 99](#)  
[Холістичний підхід 28](#)  
[Хлорний коефіцієнт 64, 174](#)  
  
[Ценопопуляція 78](#)  
[Ценотипи 89](#)  
  
[Чапараль 188](#)  
[Червона книга України 350](#)  
[Чинник екологічний 45](#)  
   – абіотичний 53  
   – антропогенний 71  
   – антропічний 71  
   – біологічний 71  
   – біотичний 71  
   – залежні від щільності 72  
   – зовнішнього середовища 45  
   – імперативний 52  
   – класифікація за Мончадським 72  
   – коливальний режим 73  
   – незалежні від щільності 72  
   – неперіодичні 72  
   – оптимальне значення 73  
   – періодичні 72

[Швидкість народжуваності 83](#)  
[Шкодочинність 214, 246](#)  
[Штучні водойми 182](#)  
[Штучні екосистеми 189](#)

[ЮНЕП 262](#)

[Якість середовища 212, 215](#)  
   – і здоров'я людини 215  
   – кількісна оцінка 214, 215  
[Ятрохімія 198](#)

**Удалено: ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК**  
 ¶  
 -----Разрыв страницы-----  
 Абісаль 169¶  
 Абісопелагаль 169¶  
 Автохтонна речовина 15¶  
 Агроекосистеми 185¶  
 Агроіндустрія 186¶  
 Адаптація до токсикантів 206¶  
 Адитивність 48¶  
 Азотфіксація 130¶  
 Активний сольовий обмін 63¶  
 Алохтонна речовина 15¶  
 Альbedo 126¶  
 Альфа-випромінювання 55¶  
 Альфа-різноманіття 139¶  
 Аменсалізм 95¶  
 Амоніфікація 132¶  
 Асамблея 93¶  
 Аутоекологія 10¶  
 ¶  
 Багатомірна екологічна ніша 101, 102¶  
 Базальний (основний) обмін 47¶  
 Балансовий підхід 122¶  
 Батгаль 169¶  
 Батгепелагаль 169¶  
 Бекерель 56¶  
 Бенгаль 19¶  
 Бентос 20¶  
 Бета-випромінювання 55¶  
 Бета-різноманіття 139¶  
 Біогенні елементи 67¶  
 Біогеохімічні колообіги 129¶  
   – газоподібних речовин 130¶  
   – осадовий цикл 130, 135¶  
   – карбогену 132¶  
   – нітрогену 130¶  
   – сірки 134 ¶  
   – фосфору 135 ¶  
 Біогеоценоз 16, 115¶  
 Біоіндикатор 216¶  
 Біоіндикація 216, 217¶  
 Біоманіпуляція 160, 161¶  
 Біоморфа 17¶  
 Біологічна безпека 268¶  
 Біологічна індикація 254¶  
 Біологічна продуктивність 119¶  
 Біологічна продукція 119¶  
 Біологічні інвазії 151¶  
 Біологічні інтродуценти 151¶  
 Біом 179¶  
 Біоморфа 17¶  
 Гомойотерми 52¶  
 Гомосфера 65¶  
 Гормезис 58¶  
 Гранично допустима концентрація 214¶  
   – іригаційні ГДК 215¶  
   – рибогосподарські ГДК 215¶  
   – санітарно-гігієнічні ГДК 215¶  
 Гранично допустимі викиди 214¶  
 Греї 55, 56¶  
 Грунтові води 179¶  
 ¶  
 Демекологія 10¶  
 Денітрифікація 132¶  
 Дендролічні парки 299¶  
 Державна комісія з питань техногенно- екологічної безпеки 296¶  
 Держава система – моніторингу довкілля України 246¶  
   – управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екологіч... [26]

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяції, сообщества: В 2-х т. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. Т. 1. – 667 с.; Т. 2. – 477 с.
2. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Под редакцией А.Ф. Алимova и Н.Г. Богуцкой. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 436 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис, 2007. – 576 с.
4. Гаузе Г.Ф. Борьба за существование. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 160 с.
5. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: Теорія, методи, практика використання / За ред. Олексіва І.Т., Брагінського Л.П. – Львів: Світ, 1995. – 440 с.
6. Гиляров А.М. Популяционная экология. – М.: МГУ, 1990. – 191 с.
7. Дажо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. – 415 с.
8. Джиллер Р. Структура сообществ и экологическая ниша. – М.: Мир, 1988. – 184 с.
9. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. Учебник для вузов. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.
10. Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища. Підручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / За ред. О.І. Бондаря, Г.І. Рудька. – К.: Вид-во «ЕКМО», 2004. – 423 с.
11. Екологічна енциклопедія: У 3 т. / Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. ред.) та ін. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації» – Т. I: А-Е. – 2007. – 432 с.; Т. 2: Є-Н. – 2007. – 416 с.; Т. 3: О-Я. – 2008. – 472 с.
12. Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высш. шк., 1986. – 472 с.
13. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
14. Кучерявий В.П. Урбоекологія: Підручник. – Львів: Світ, 2001. – 440 с.
15. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник. – К.: Т-во “Знання”, КОО, 2002. – 550 с.
16. Некос В.Ю., Некос А. Н., Сафранов Т. А. Загальна екологія та неоекологія: Підручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 596 с.
17. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 742 с.
18. Одум Ю. Экология: В 2 т. – М.: Мир, 1986. –Т. 1. –328 с, Т.2. –376с.
19. Пианка Э. Эволюционная экология. – М.: Мир, 1981. – 400 с.
20. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Журнал „Россия Молодая”, 1994. – 367 с.
21. Романенко В.Д. Основы гідроекології: Підручник. – К.: Обереги, 2001. – 728с.
22. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.



23. Руденко С.С., Костишин С.С., Ситнікова І.О. Штучні системи в екології. Навч. посібник для вищих навч. закладів. – Чернівці: Рута, 2006. – 200 с.
24. Рудский В.В., Стурман В.И. Основы природопользования. Учебное пособие. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 271 с.
25. Снакин В.В. Экология и природопользование в России. Энциклопедический словарь. – М.: Academia, 2008. – 816 с.
26. *Современные глобальные изменения природной среды*. В 2 - х томах /Под ред. Касимова Н.С., Клиге Р.К. – М.: Научный мир, 2006. – 1472 с.
27. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.
28. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: МГУ, 1980. – 464 с.
29. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – 5-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 512 с.
30. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособления и среда. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 416 с. – Т. 2. – 384 с.

#### *Додаткова:*

31. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – Л.: Наука, 1981. – 248 с.
32. Арнольд В.И. Теория катастроф. Серия "Синергетика: от прошлого к будущему". Изд. 6. URSS, 2009. – 136 с.
33. Афанасьев С. А., Гродзинский М. Д. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты. – К.: АйБи, 2004. – 59 с.
34. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Гидробионты в оценке качества вод суши. – М.: Наука, 2006. – 239 с.
35. Барабой В.А. Стресс: природа, биологическая роль, механизмы, исходы. – К.: Фитосоциоцентр, 2006. – 424 с.
36. Басов В. М. Задачи по экологии и методика их решения «ЛКИ», 2011. – 162 с.
37. Беклемишев В.Н. Пространственная и временная структура популяций // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 1960. – Т. 65, №2. – С. 41-50.
38. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основы екології: теорія та практикум. Навч. посіб. – К.: Лібра, 2004. – 368 с.
39. *Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем*. Сб. материалов Международ. конф. СПб.: ЛЕМА, 2007.
40. *Биоразнообразие и качество среды антропогенно измененных гидроэкосистем Украины* / Харченко Т.А., Протасов А.А., Ляшенко А.В. и др. – К.: ИГБ НАН Украины, 2005. – 314 с.
41. Бондар О.І., Браєвич І.М. Аналіз та шляхи реалізації державної системи моніторингу довкілля України // Агроекологічний журн. – 2006. – №4. – С. 5-10.

42. Буравльов Є.П. Основи сучасної екологічної безпеки. – К.: ВАТ "Інститут транспорту нафти", 2000. – 238 с.
43. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
44. Водна рамкова директива ЄС 200/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.
45. Впровадження Європейських стандартів і нормативів у Державну систему моніторингу довкілля України: Наук.-метод. посібник /О.І. Бондар, О.Г. Тараріко, Є.М. Варламов та ін. – К.: Інрес, 2006. – 264 с.
46. Галковская Г.А., Суцень Л.М. Рост водных животных при переменной температуре. – Минск: Наука и техника, 1981. – 141 с.
47. Гандзюра В.П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами. – К.: ВГЛ „Обрії”, 2002. – 248 с.
48. Гандзюра В.П., Грубінко В.В. Концепція шкочочинності в екології. – Київ-Тернопіль: Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
49. Геоботанічне районування Української РСР /Андрієнко Т.Л., Білик Г.І., Брадїс Є.М., Голубець М.А. та ін. – К.: Наук. Думка, 1977. – 304 с.
50. Гиляров А.М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. – М.: Наука, 1987. – 192 с.
51. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
52. Гребневик *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения / под ред. С.П. Воловика. – Ростов н/Д.: АзНИИРХ, 2000. – 497 с.
53. Гродзинський М.Д. Основи ландшафтної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
54. Гутельмахер Б.Л. Метаболизм планктона как единого целого. – Л.: Наука, 1986. – 155 с.
55. Джеффферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. – М.: Мир, 1981. – 252 с.
56. Емельянов И.Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. – К.: Б.и., 1999. – 168 с.
57. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. – К.: Наук. думка, 1983. – 208 с.
58. Ивантер Э.В., Медведев Н.В. Экологическая токсикология природных популяций птиц и млекопитающих Севера. – М.: Наука, 2007. – 229 с.
59. Ивлев В.С. Экспериментальная экология питания рыб. – К.: Наук. думка, 1977. – 272 с.
60. Ивлева И.В. Температура среды и скорость энергетического обмена у водных животных. – К.: Наук. думка, 1981. – 231 с.
61. Карзинкин Г.С. Основы биологической продуктивности водоемов. – М.: Пищепромиздт, 1952. – 342 с.
62. Київ як екологічна система: природа-людина-виробництво-екологія. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2001. – 259 с.

63. Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. – М.: Наука, 2008. – 427 с.
64. Корогодина В.И. Информация и феномен жизни. – Пушино: АН СССР, 1991. – 202 с.
65. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л.: Изд-во АН СССР. – 1974. – 53 с.
66. Марковская Е.Ф., Сысоева М.И. Роль суточного температурного градиента в онтогенезе растений. – М.: Наука, 2004. – 119 с.
67. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод /О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін.; За ред. В.Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
68. Михайловский Г.Е. Описание и оценка состояний планктонных сообществ. – М.: Наука, 1988. – 214 с.
69. Михеев В.Н. Неоднородность среды и трофические отношения у рыб. – М.: Наука, 2006. – 191 с.
70. Мончадский А. С. О классификации факторов окружающей среды // Зоологический журнал, 1958. – Т. 37, № 5. – С. 680-692.
71. Мороз С.А. История биосферы Земли. – К.: Заповіт, 1996. – 440 с.
72. Мусієнко М.М. Екологія рослин: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 432 с.
73. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України. Науково-методичний посібник / за редакцією О.І. Лисенка, С.М. Чумаченка, Ю.І. Ситника. – К., ННДЦ ОТ і ВБ України, 2006. – 424 с.
74. Ньюмен А. Легкие нашей планеты. – М.: Мир, 1989. – 335 с.
75. Общая экология: Учебник для вузов / Автор-составитель А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 510 с.
76. Океани. – К.: Махаон-Україна, 2007. – 304 с.
77. Олійник Я.Б., Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основы экологии: Підручник. – К.: Знання, 2012. – 558 с.
78. Охорона навколишнього середовища. Монографія /За редакцією Я.Б. Олійника – К.: Ніка-центр, 2006. – 263 с.
79. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
80. Протасов А.А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии. – К.: Академперіодика, 2011. – 704 с.
81. Прохоров Б. Б. Экология человека. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2011 (Тверь). - 359 с.
82. Радиоэкологические исследования макрофитов Каневского водохранилища после аварии на Чернобыльской АЭС / Иванова И.Ю., Паньков И.В., Широкая З.О. и др. // Гидробиол. журн. – 2000. – Т. 36, №5. – С. 78-85.
83. Риклефс Р. Основы общей экологии. – М.: Мир, 1979. – 419 с.

84. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусилловский П.М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). – Тольятти, 1994. – 182 с.
85. Современное состояние экосистемы Черного моря. – М.: Наука, 1987. – 240 с.
86. Состояние и проблемы продукционной гидробиологии / Сб. научн. работ Междунар. конф. «Водная экология на заре XXI века». – М., 2006. – 329 с.
87. Стратегия сохранения биологического и ландшафтного разнообразия бассейна Днепра / Романенко В.Д., Афанасьев С.А., Гродзинский М.Д. и др.: Под ред. В.Н. Билоконя. – К.: Из-во Ай-Би, 2004. – 106 с.
88. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / за ред. В.Д. Романенка. – К.: Наукова думка, 2010. – 262 с.
89. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. – М.: Наука, 1999. – 462 с.
90. Физиология и токсикология пресноводных животных. Сборник статей. – Рыбинск: Из-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2007. – 340 с.
91. Фізична географія Української РСР /О.М. Маринич, А.І. Ланько, М.І. Щербань, П.Г. Шищенко /Під ред. Маринича О.М. – К.: Вища школа, 1982. – 208 с.
92. Филленко О.Ф., Михеева И.В. Основы водной токсикологии. – М.: Колос, 2007. – 144 с.
93. Хайлов К.М. Экологический метаболизм в море. – К.: Наук. думка, 1971. – 252 с.
94. Хаскин В.В., Акимова Т.А., Трифонова Т.А. Экология человека. – М.: Экономика, 2008. – 376 с.
95. Хімко Р.В., Мережко О.І., Бабко Р.В. Малі річки – дослідження, охорона, відновлення. – К.: Інститут екології, 2003. – 380 с.
96. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. – М.: Мир, 1988. – 568 с.
97. Чернов Ю.И. Основные синэкологические характеристики почвенных беспозвоночных и методы их анализа // Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – С. 160-216.
98. Чернобыль. Зона відчуження. – К.: Наук. думка, 2001. – 548 с.
99. Шилов И.А. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. – М.: Из-во Моск. ун-та, 1977. – 261 с.
100. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
101. Элтон Ч. Экология животных. – М.:Л.: Наука, 1934. – 83 с.
102. Эрхард Ж.-П., Сежен Ж. Планктон. Состав, экология, загрязнение. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 256 с.
103. Яблоков А.В. Популяционная биология. – М.: Высш. школа, 1987. – 303 с.

## ПРО АВТОРА

**Гандзюра Володимир Петрович** народився 10 червня 1957 року в Києві в родині письменника. У 1974 р. після закінчення 92-ої школи вступив до Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка, де навчався на біологічному факультеті та спеціалізувався на кафедрі зоології хребетних. У 1979 р. закінчив біологічний факультет КДУ за спеціальністю «зоологія і ботаніка» і був залишений при кафедрі зоології хребетних – старший лаборант, інженер, асистент, з 1992 р. – доцент, з 2005 р. – професор кафедри зоології біологічного факультету (з 2011 – кафедри екології та охорони навколишнього середовища) Київського національного університету імені Тараса Шевченка. У 1986 р. в Інституті гідробіології АН УРСР захистив кандидатську дисертацію «Накопичення і трансформація азоту і фосфору молоддю риб дніпровських водосховищ» зі спеціальності 03.00.18 – гідробіологія. В 2004 р. у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича захистив докторську дисертацію «Продуктивність біосистем у токсичному середовищі» зі спеціальності 03.00.16 – екологія.

*Наукові дослідження* присвячені спряженості речовинно-енергетичних та інформаційних процесів у екосистемах різного ступеня антропогенного навантаження, метаболічним процесам у гідробіонтів за токсичного впливу, кількісній оцінці стану екосистем та якості середовища для біосистем, відновленню антропогенно трансформованих екосистем, проблемам екобезпеки оборонного комплексу тощо. Автор понад 120 наукових праць, зокрема монографій «Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами» (2002), «Охорона навколишнього середовища» (2006, у співавт.), «Концепція шкочодчинності в екології» (Гандзюра, Грубінко, 2008) та навчальних посібників «Екологія (системний підхід)» (2003), «Екологія» (2008, 2009) тощо. У 1995 р. науковий проект (у співавторстві з Л.Л. Малишевою) «Моніторинг забруднень басейну Дніпра» посів перше місце в Європі на конкурсі наукових проектів НАТО. Розширює контакти фахівців Київського національного університету імені Тараса Шевченка з НАТО – шляхом навчання на курсах Школи НАТО в Обераммергау, участі у конференціях, робочих групах тощо. Член Координаційно-наглядової ради з питань реалізації «Програми реабілітації територій, забруднених унаслідок військової діяльності на 2002-2015 роки» при Міністерстві оборони України. Член кількох редколегій, двох спеціалізованих вчених рад з захисту докторських дисертацій. З 2004 р. – міжнародний експерт Комітету Викликів Сучасному Суспільству (НАТО) з систем управління станом середовища у військовому секторі, національний представник України в НАТО з Військової океанографії. З 2006 р. очолює Центр екобезпеки та євроатлантичного співробітництва. Випускник Перших Вищих Міжнародних курсів з політики безпеки в Північній Європі (диплом Національного Оборонного Коледжу Швеції – Стокгольм, 2000). Закінчив низку міжнародних курсів із екобезпеки Школи Верховного Головнокомандувача НАТО в Європі (Обераммергау), зокрема: С-75-А-00 (Захист навколишнього середовища у військовому секторі, 2000 р.); С-77-А-01 (Захист довкілля у військовому секторі для генералів, 2001; М3-78-В-05 (Екологічне планування для операцій і навчань, які проводяться НАТО), 2005 р. тощо. Багаторазово представляв Україну на міжнародних нарадах і робочих групах з екобезпеки, зокрема: Міжнародному семінарі «Безпека в Північно-Європейському Регіоні» (Стокгольм, 1999); I (Гун, Швейцарія, 2001), II (Вишков, Чехія, 2002) і III (Сонтофен, Німеччина, 2004) Робочій групі НАТО з систем управління станом середовища у військовому секторі; 39-ій Робочій групі НАТО з проблем застосування ядерної, біологічної і хімічної зброї у військових операціях (Брюссель, 2001); 36-ій (Гдиня, 2001), і 37-ій (Брюссель, 2002) Головніч групі НАТО з військової океанографії; Робочій групі НАТО з проблем взаємовідносин військових і цивільних структур (Братислава, 2003); Робочій Групі НАТО з проблем екобезпеки урбанізованого довкілля (Афіни, 2006) тощо.

Хобі: паранормальні явища, дайвінг, бойові мистецтва, людинознавство тощо.

Удалено: 0

Отформатовано: без підкривання, Цвет шрифта: Авто, украинский

Навчальне видання

Гандзюра Володимир Петрович

**ЕКОЛОГІЯ**

Навчальний посібник

*Збережено авторський стиль та орфографію*

Комп'ютерна верстка – **Є. Цвеліх**

Підписано до друку **09.08.2012** р.  
Авт. друк. арк. **22,6**. Обл.-вид. арк. 23,1.  
Друк – різнограф. Формат 60х90/16.  
Наклад 300 прим. Зам. № 55.

**Віддруковано**  
**ТОВ Видавництво «Сталь»**  
Свідоцтво Декржжкомінформ України  
ДК № 1212 від 28 січня 2003 року  
Київ, вул. Визволителів, 1  
Телефон 229-83-51, 516-55-92  
Tov\_steel@ukr.net

<b>Стр. 351: [1] Удалено</b>	<b>Admin</b>	<b>30.05.2012 0:26:00</b>
Списки відібраних для включення до Червоної книги тварин було розповсюджено серед відповідних установ і фахівців, зауваження узагальнювалися Міжвідомчою комісією з питань підготовки Червоної книги України (з 1992 р. – Національна комісія з питань Червоної книги України). Рішення про занесення видів тварин до Червоної книги України прийнято Міністерством охорони навколишнього природного середовища України. Рідкісні й такі, що перебувають під загрозою зникнення у природних умовах на території країни види тварин і рослин підлягають особливій охороні і заносяться до Червоної книги України.		
<b>Стр. 351: [2] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
Отступ: Первая строка: 28,35 пт		
<b>Стр. 351: [3] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>30.05.2012 0:27:00</b>
Шрифт: курсив		
<b>Стр. 351: [4] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
Обычный, По ширине, Не изменять интервал между восточно-азиатскими и латинскими буквами		
<b>Стр. 351: [5] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [6] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [7] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [8] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [9] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [10] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [11] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [12] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [13] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [14] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [15] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [16] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [17] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [18] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [19] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [19] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		

<b>Стр. 351: [19] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [19] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [19] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [19] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [20] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [21] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [21] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [22] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [23] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [23] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [23] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [23] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [23] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [24] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>30.05.2012 0:25:00</b>
Шрифт: курсив		
<b>Стр. 351: [24] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>30.05.2012 0:25:00</b>
Шрифт: курсив, без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [24] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>30.05.2012 0:25:00</b>
Шрифт: курсив, без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [24] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>30.05.2012 0:25:00</b>
Шрифт: курсив, без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто		
<b>Стр. 351: [24] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
Шрифт: курсив		
<b>Стр. 351: [25] Отформатировано</b>	<b>Admin</b>	<b>29.05.2012 17:28:00</b>
Отступ: Первая строка: 28,35 пт		
<b>Стр. 383: [26] Удалено</b>	<b>Admin</b>	<b>01.06.2012 1:36:00</b>

### ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абісаль 169 Абісопелагіаль 169 Автохтонна речовина 15 Агроекосистеми 185 Агроіндустрія 186	Біосфера 15, 164, 165 «Біос-3» 34 «Біосфера-2» 34-37 Біотестування 219 Біотичне угруповання 16, 89
--	--



- Адаптація до токсикантів 206  
 Адитивність 48  
 Азотфіксація 130  
 Активний сольовий обмін 63  
 Алохтонна речовина 15  
 Альbedo 126  
 Альфа-випромінювання 55  
 Альфа-різноманіття 139  
 Аменсалізм 95  
 Амоніфікація 132  
 Асамблея 93  
 Аутокологія 10
- Багатомірна екологічна ніша 101, 102  
 Базальний (основний) обмін 47  
 Балансовий підхід 122  
 Батіаль 169  
 Батіпелагаль 169  
 Бекерель 56  
 Бенталь 19  
 Бентос 20  
 Бета-випромінювання 55  
 Бета-різноманіття 139  
 Біогенні елементи 67  
 Біогеохімічні колообіги 129  
 – газоподібних речовин 130  
 – осадовий цикл 130, 135  
 – карбогену 132  
 – нітрогену 130  
 – сірки 134  
 – фосфору 135  
 Біогеоценоз 16, 115  
 Біоіндикатор 216  
 Біоіндикація 216, 217  
 Біоманіпуляція 160, 161  
 Біоморфа 17  
 Біологічна безпека 268  
 Біологічна індикація 254  
 Біологічна продуктивність 119  
 Біологічна продукція 119  
 Біологічні інвазії 151  
 Біологічні інтродуценти 151  
 Біом 179  
 Біоморфа 17  
 Гомойотерми 52  
 Гомосфера 65  
 Гормезис 58
- Гранично допустима концентрація 214  
 – іригаційні ГДК 215  
 – рибогосподарські ГДК 215
- Біотичний потенціал популяції 79  
 Біотоп 16, 89  
 Біохори 168  
 Біоценоз 16, 89  
 – повночленний 128  
 – неповночленний 128  
 Біоценологія 10  
 Біоценологічні принципи Тінемана 141  
 Біоцикли 168  
 Болота 177  
 Ботанічні сади 299  
 Буш 185
- Важкі метали 200  
 Венеціанська система 62  
 Вид-едифікатор 93  
 Види-інтродуценти 87  
 Видова насиченість 90  
 Видове багатство 92  
 Видове різноманіття 92  
 Видовий склад 90  
 Віоленти 85  
 Вітер 67  
 Внутрішнє опромінення 56  
 Вода 60,  
 – колообіг 136
- Водна рамкова директива ЄС 7, 194  
 Водневий показник 63  
 Водні екосистеми 168  
 Водосховища 178
- Гази у повітрі та воді 64  
 Гама-випромінювання 55  
 Гама-різноманіття 140  
 Гаряча точка 254
- Генетично модифіковані організми 326  
 Гемікриптофіти 18  
 Геміпопуляція 17, 74, 102  
 Гербіциди 198  
 Гільдія 93, 126  
 Гіперосмотичність 60  
 Гіпонейстон 20  
 Гіпоосмотичність 60  
 Гіпотеза Геї 153  
 – кількісна оцінка перекриття 107  
 – реалізована 101  
 – фундаментальна 101  
 Екологічна піраміда 123  
 Екологічна політика 264  
 Екологічне нормування 214  
 Екологічне прогнозування 20

<ul style="list-style-type: none"> <li>– санітарно-гігієнічні ГДК 215</li> <li>Гранично допустимі викиди 214</li> <li>Грей 55, 56</li> <li>Грунтові води 179</li> <li>Демекологія 10</li> <li>Денітрифікація 132</li> <li>Дендролічні парки 299</li> <li>Державна комісія з питань техногенно- екологічної безпеки 296</li> <li>Держава система – моніторингу довкілля України 246</li> <li>– управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і екологічної безпеки 289</li> <li>Детермінант консорції 93</li> <li>Детритний ланцюг живлення 124, 125</li> <li>Дефоліанти 198</li> <li>Динаміка екосистем 151</li> <li>Динамічні показники популяції 78</li> <li>Дисипативна структура 158</li> <li>Дифузна конкуренція 97, 98</li> <li>Еврибіонти 46</li> <li>Евригалінність 62</li> <li>Евтрофікація 159</li> <li>Едафоценоз 90</li> <li>Едифікатор консорції 93</li> <li>Еквітабельність 92</li> <li>Екзосфера 65</li> <li>Екобезпека 7, 267, 268</li> <li>Екотехнологія 160</li> <li>Екотоксикологія 220</li> <li>Екотонний ефект 140</li> <li>Емерджентні властивості 23</li> <li>Екологізація людської діяльності 193</li> <li>Екологічна – безпека 267 <ul style="list-style-type: none"> <li>– валентність 46</li> <li>– катастрофа 258</li> <li>– класифікація 17 <ul style="list-style-type: none"> <li>– криза 258</li> </ul> </li> <li>– мережа 30-333</li> <li>– небезпека 259</li> </ul> </li> <li>Екологічна ніша 17, 101 <ul style="list-style-type: none"> <li>– багатомірна 101, 102</li> </ul> </li> <li>Експеримент 30 <ul style="list-style-type: none"> <li>– однофакторний 31</li> <li>– багатофакторний 31</li> </ul> </li> <li>Експлеренти 85</li> <li>Експлуатаційна конкуренція 95, 96</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Екологічний злочин 266</li> <li>Екологічний метаболізм 94</li> <li>Екологічний стан 253</li> <li>Екологічний шум 50</li> <li>Екологічні – нормативи 214 <ul style="list-style-type: none"> <li>– проблеми 255</li> <li>– ризику 12, 253, 254</li> <li>– стандарти 214</li> </ul> </li> <li>Екологічні сукцесії 21, 151 <ul style="list-style-type: none"> <li>– автотрофні 151</li> <li>– вторинні 152</li> <li>– гетеротрофні 151</li> <li>– первинні 152</li> </ul> </li> <li>Екологічний – метаболізм 90, 94 <ul style="list-style-type: none"> <li>– стан 196</li> <li>– стандарт якості 195 <ul style="list-style-type: none"> <li>– шум 50</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Екологічні чинники (фактори) 20, 43 <ul style="list-style-type: none"> <li>– абіотичні 51</li> <li>– антропічні 68</li> <li>– антропогенні 51</li> <li>– біогенні 68</li> <li>– біологічні 51, 68</li> <li>– біотичні 51</li> <li>– залежні від щільності популяції 69 <ul style="list-style-type: none"> <li>– класифікація 51</li> <li>– комплексний вплив 48</li> <li>– незалежні від щільності 69 <ul style="list-style-type: none"> <li>– неперіодичні 51</li> <li>– періодичні 51</li> </ul> </li> <li>– типи взаємодії 48</li> </ul> </li> <li>Екологія 9</li> <li>Еколого-ценотичні стратегії 85</li> <li>Екосистема 14, 16, 115 <ul style="list-style-type: none"> <li>– імпульсної стабільності 15</li> <li>– космічного корабля 192 <ul style="list-style-type: none"> <li>– лотична 68</li> <li>– неповночленна 15</li> <li>– повночленна 15</li> <li>– транзитна 15</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Екосфера 166</li> <li>Екотехнологія (біоманіпуляція) 160, 161 <ul style="list-style-type: none"> <li>Екотоксикологія 220</li> <li>Екотонний ефект 140 <ul style="list-style-type: none"> <li>– різноманіття Жаккара 141</li> <li>– функціонування системи 25</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Закон України Про державну систему біобезпеки ... 326-330 <ul style="list-style-type: none"> <li>– про екологічну мережу 330-339</li> <li>– про основи нац. безпеки 285-288</li> <li>– про охорону навколишнього при-</li> </ul> </li> </ul> </li></ul>
---	--

Енергетична структура екосистем 117	родного середовища 288-293
Енергетичні субсидії 128	Закони України з окремих питань еко-безпеки та охорони довкілля 344
Енергетичний баланс організму 119, 120	– природне середовище 344
Енергія в біосфері 117, 126	– соціальне середовище 345
Ентропія 117	– техногенне середовище 345
Епібентос 20	Заповідник 296
Епігенема 116	– біосферний 297
Епіморфа 116	– природний 296
Епінейстон 20	Заповідні урочища 299
Епіпелагіаль 169	Зелена книга України 325, 326
Ефект галявини 140	«Зелена революція» 185
Ефект Пастера 66	Зіверт 55, 56
Ефективна еквівалентна доза 55	Злочин екологічний 266
Євроатлантична інтеграція 275	Злочин проти довкілля 283
Європейська агенція з охорони на-вколишнього середовища 257, 258	Зовнішнє середовище 16, 24
Ємність екосистем 21	Зовнішньометаболічні зв'язки 94
– буферна 150	Зона нормальної життєдіяльності 45, 46
– середовища 80	– оптимуму 45, 46
Жива речовина 165, 166	– песимуму 45, 46
Життєва форма 17	– толерантності 45, 46
– гідробіонтів 18	Зоологічні парки 299
– рослин 17, 18	Зооциди 198
– тварин 18	
Життєве середовище 164	Ізоосмотичність 62
Життєві стратегії популяції 84	Ізойонія 62
– система Макартура-Вілсона 85	Ізотонія 62
– система Раменського-Грайма 85	Імміграція 78
	Імперативні чинники 50
Забруднення 194-196	Інбентос 20
– біосфери 196	Інвазія 87
– екосистем 194	Інвайроментологія 11, 29
– нафтопродуктами 197	Індекс – екологічного виконання 212
– середовища 194	– екологічної сталості 13
– радіоактивне 197	– Жаккара 91
– харчових продуктів 205	– Живої планети 210
Заказник 298	– оптимальності середовища 224
Закон – Бугера-Ламберта 53	– процентної схожості 92, 107
– Генрі 66	– Сьоренсена 91
– Ліндемана (10%) 124	– Щасливої планети 211
– толерантності Шелфорда 45	Індивідуальна ефективна еквіва-лентна доза 55
– Мітчерліха 49	Індикатори ризику 253
– сумісної дії факторів Бауле 49	Інсектициди 198
– мінімуму Лібіха 44	дення моніторингу навколишнього природного середовища 347
Інтерстиційні води 179	– сталого розвитку агроекосистем в Україні на період до 2025 року 339-344
Інформаційна структура екосистем 137	Коралові рифи 172-176
Іонна регуляція 62	Кормові коефіцієнти 98
	Криві виживання 77

Іонний коефіцієнт 63  
Інтегральні тест-функції 219  
Інтерференційна конкуренція 95, 96  
Інтродуценти 87  
Іхтіоциди 198  
  
Каатинга 185  
Календар екологічних дат 302  
Канали 179  
Карпоза 95  
Класи небезпечності 214  
Класифікація біотичних взаємодій 94  
– екосистем 167  
Кліматограма 32  
Клімакс 151  
Клімаксні угруповання 151, 152  
Коефіцієнт оксикалорійний 126  
– екологічної якості 195  
– радіаційного ризику 55  
– хлорний 170  
Коллективна ефективна еквівалентна доза 55  
Коливальний режим екофакторів 70-72  
Коменсалізм 95  
Компенсаційна точка 128  
Комплексний екологічний моніторинг 27  
Конвенція  
– про біорізноманіття 322  
– про водно-болотні угіддя, Рамсарська конвенція 353  
– про доступ до інформації... ,  
Оргуська конвенція 321, 322  
– про заборону військового чи будь-якого іншого, ворожого використання засобів впливу на природне середовище 1976 р. 321  
Конкуренти 86  
Конкурентного виключення принцип 103-107  
Конкуренція 95  
– дифузна 97, 98  
– експлуатаційна 95, 96  
– інтерференційна 95  
Консорція 93, 98-100  
Континентальні водойми 176  
– лентичні 176

Криптофіти 18  
Критичне навантаження 196  
Ксенобіотики 259  
Курортні зони 300  
  
Ланцюг живлення 124  
– детритний 124  
– пасовищний 124  
Листопадні ліси помірної зони 181  
Лімітуючий показник шкідливості 215  
Лімітуючі чинники (фактори) 44  
Лімнобіонти 177  
Літораль 169  
Логістична крива 79  
Лотичні екосистеми 68  
Логістичне рівняння 74  
Лотки–Вольтерри рівняння 96, 97  
  
Макроелементи 67  
Мезоекосистема 34  
Мезосфера 63  
Менеджмент екологічний 280  
Мережа живлення 124  
Мерологічний підхід 26  
Метаболізм біоценозу 225  
Метод біоіндикації 30, 217  
Метод темних і світлих склянок 122, 146  
Методи екологічних досліджень 23  
Механізми регуляції екосистемних процесів 144, 148  
Міжнародна організація стандартів (ISO) 256  
Міжнародні конвенції та угоди 346  
– природне середовище 346  
– соціальне середовище 347  
– техногенне середовище 347  
Міжпопуляційні взаємовідносини 94, 96  
Механізм зворотнього зв'язку 144  
– негативний 144  
– позитивний 144  
Мікроелементи 67  
Мікрокосм 14, 33, 115  
Мінприроди України 294-296  
Моделі 33  
Осмоконформісти 60, 62  
Осморегулятори 60, 62  
Охорона навколишнього середовища в ЄС 257  
Очікувана (повна) коллективна ефективна еквівалентна доза 56

- лотичні 176
- Концепція Державної програми прове-
  - аналітичні 38
  - заклепок 143
  - ідеальні 33, 38
  - імітаційні 38
  - класифікація 38
  - концептуальні 38
- Лотки-Вольтерри 39, 69, 96, 97
  - математичні 38, 39, 96
- міжпопуляційних взаємодій 96
  - пасажирів 143
  - реальні 33
- Моделювання 33
- Моніторинг 28, 237
  - біологічний 30
  - імпактний 29
- навколишнього середовища 289
  - регіональний 29
  - фоновий 29
- Мутуалізм 95
  
- Наземні екосистеми 179
- Найкомфортніше для життя місто 212
- Найчистіше місто світу 212
- Напіввічнозелені сезонні тропічні ліси 184
- Народжуваність в популяції 78
- Національна комісія з радіаційного захисту населення України 297
- Національний парк 298
- Небезпечні речовини 195
- Негентропія 117
- Нейтралізм 95
- Нейсталь 19
- Нейстон 19
- Нектон 19
- Нематоциди 198
- Неповночленні біоценози 128
- Неритична зона 169
- Нестійке господарство 189
- Нітрифікація 131
- Ніша екологічна 17, 101-103
- Ноосфера 167
- Норма і патологія екосистем 21, 118, 208
- Нормальні умови 65
- Нормування екологічне 214
  
- Озера 176
  
- Пам'ятки природи 299
- Парадокс солонуватих вод 63
- Паразитизм 95
- Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва 299
- Пасивний сольовий обмін 62
- Патієнти 85
- Патологія екосистем 221
- Парниковий ефект 133
- Пелагіаль 19
- Пелагос 19
- Перифітон 20
- Пермеанти 179
- Пестициди 198
  - карбамати 199
  - фосфорорганічні 199
  - хлорорганічні 199
- Печерні води 179
- Північні хвойні ліси 180
- Підземні води 179
- Піраміда трофічна (екологічна) 123
  - біомаси 123
  - енергії 124
  - продукції 124
  - чисельності 123
- Протокооперація 95
- Природокористування 11
  - збалансоване 11, 265
- Природно-заповідний фонд України 297
- Пустелі 184
- Планктон 19
- «Планктонний парадокс» 105
- Плейстон 20
- Повночленні біоценози 128
- Погіршення якості 196
- Пойкілотерми 52
- Польові спостереження 27
- Популяція 16, 73, 74
  - в екосистемі 73
  - віковий склад 75
  - вікові групи 77
  - динамічні показники 78
  - опортуністичні 80
  - рівноважні 80
- Речовина-забрудник 195
- Речовинна структура екосистем 129
- Ризик екологічний 253
- Рівень народжуваності 78, 79
  - смертності 78, 79
- Рівняння Бергаланфі 120, 121

Озоновий шар (екран) 53, 127  
Океанічна зона 169  
Оптимальні умови 70, 71, 72  
Оптичні властивості води 53  
– статичні показники 75  
– типи динаміки чисельності 80  
– типи розподілу 77  
– типи росту 78  
– склад і структура 74  
Потік енергії в біосфері 126  
Правило – Алена 52  
– Бергмана 52  
– Вант-Гоффа 52  
– Глогера 53  
– 10% 124  
– Дарлінгтона 135  
– компенсації 141  
– Крогеруса 141  
Принцип – емерджентності 23  
– конкурентного виключення Гаузе 103  
– Ле Шательє–Брауна 145  
– максимізації енергії 118  
– нерівноважної термодинаміки  
Пригожина–Онсагера 157  
– Олі 78  
Природні заповідники 297  
Продуктивність (біологічна) 119  
Продукція 119  
– вторинна 125  
– екосистеми 125  
– індивідуальна 119  
– особини 119  
– первинна 125  
– питома 119  
– популяції 121  
– склянковий метод визначення 122  
– угруповання 121, 122  
– чиста 122  
Продуценти 123  
Прозорість води 53  
Простір екофакторів 49  
  
Радіація  
– іонізуюча 54  
– поглинута доза 55  
– фотосинтетично активна (ФАР) 53  
Радон 57  
Регіональний ландшафтний парк 298

Рівняння Бойсен-Йенсена 121  
Різноманіття видове 92, 138, 139  
– альфа- 139  
– бета- 139  
– гама- 140  
– диференціююче 141  
– інвентаризаційне 141  
Ріст чисельності популяції 78  
– j-подібний 78, 79  
– S- подібний 78-80  
Річки 176  
РНБО України (в системі екобезпеки) 296  
Рудерали 86  
  
Світло 53  
Світовий океан 168  
Серія 151  
Синекологія 10  
Синергізм 48  
Синузія 98  
Система 23  
– біологічна 14  
– екологічна 14  
Система репарації 59  
Системний підхід 39-42  
Склад системи 24  
Солоність води 62  
Сонячна стала 53  
Спостереження 27  
Стабільність екосистем 149  
Ставки 179  
Стан поверхневих вод 196  
Статичні показники популяції 75  
Стація 101  
Степи помірної зони 182  
Стеногалинність 62  
Стійке господарство 189  
Стійкий (сталій) розвиток 12, 13  
Стійкість екосистем 149 – пружна 149  
– резистентна 149  
Стратопауза 65  
Стрес-толеранти 86  
Структура екосистем 24  
Сублітораль 169  
Сукупні властивості 23  
Фанерофіти 18  
Фенологія 158  
Флуктуації 21, 154  
Формула Шеннона 85  
– живої речовини 129  
Фотоавтотрофи 123

Резерват 299  
Резервний фонд елемента 129  
Рекреаційна зона 300  
Ресурси – відновлювальні 21  
– невідновлювальні 21  
Референційні умови 196  
Рецептор 253  
Сукцесія 15  
– автотрофна 151  
– гетеротрофна 151  
  
Температура 52  
Теорія катастроф 162  
Теорія оптимального живлення 229  
Течія 67  
Тератологія 213  
Термодинаміки закони 117  
Термосфера 65  
Терофіти 18  
Тест-об'єкт 222  
Тест-функція 222  
Техногенез 186  
Типи росту популяцій 78  
– J- подібний 78, 79  
– S - подібний 78-80  
– динаміки чисельності популяцій 80  
– життєвих стратегій Раменського-Грайма 85  
– розподілу організмів у просторі 77  
Тиск 68  
Токсикант 194  
Токсикологічний контроль 214  
Токсичні чинники 222  
Токсичність 222  
Точка біфуркації 157  
Трансформація екосистем 159  
Троглобіонти 179  
Троглоксени 179  
Тропічні дощові ліси 185  
Тропічні степи і савани 184  
Тропічний скреб 185  
Тропосфера 65  
Трофічний ланцюг 124  
– мережа 124  
– піраміда 123  
– рівень 124  
Тундри арктична і альпійська 180  
  
Убіквісти 46  
Угрупування 16, 89

Фотосинтетично активна радіація (ФАР) 53  
Фреатичні води 179  
Фунгіциди 198  
Функція благополуччя 51, 222  
– відгуку 50 – узагальнена 50  
  
Хамефіти 18  
Хемосинтетикиз 123  
Хижацтво 95  
Холістичний підхід 26  
Хлорний коефіцієнт 62, 170  
  
Ценопопуляція 74  
Ценотиби 85  
  
Чапараль 184  
Червона книга України 323-325  
Чинник екологічний 43  
– абіотичний 51  
– антропогенний 68  
– антропічний 68  
– біологічний 68  
– біотичний 68  
– залежні від щільності 69  
– класифікація за Мончадським 69  
– незалежні від щільності 69  
– оптимальне значення 46, 71, 72  
– неперіодичні 69  
– періодичні 69  
Чинник зовнішнього середовища 44  
  
Швидкість народжуваності 78  
Шкодочинність 210, 242  
Штучні водойми 178  
Штучні екосистеми 185  
  
ЮНЕП 258  
  
Якість середовища 208, 222  
– і здоров'я людини 211  
– кількісна оцінка 223  
Ятрохімія 194

– біотичне 16, 89  
– індикаторне 216  
– пірогенне 149  
Ультраабісаль 169  
Ультраабісопелагіаль 169



—————Разрыв страницы—————