

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

В.В. Рома, О.В. Степова

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ
ПОСІБНИК**

**з дисципліни
ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ
(ТА НЕОЕКОЛОГІЯ)**

для студентів напрямку підготовки 6.040106
«Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

Полтава 2014

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК з дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – 164 с.

Укладачі: Рома В.В., старший викладач; Степова О.В., к.т.н., доцент.

Рецензенти:

Смоляр Н.О. – завідувач кафедри екології та охорони довкілля
Полтавського національного педагогічного
університету імені В.Г. Короленка, к.б.н., доцент

Булавенко Р.В. – к.с-г.н., доцент кафедри прикладної екології
та природокористування Полтавського національного
технічного університету імені Юрія Кодратюка

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри прикладної екології
та природокористування
Ю.С. Голік, к.т.н., професор.

Друкується в авторській редакції

Рекомендовано до друку вченою радою
Полтавського національного
технічного університету
імені Юрія Кодратюка,
Протокол № 5 від 18 грудня 2014р.

Зміст

	стр
ВСТУП	6
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ	8
ТЕМА 1 ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК	8
1.1 Визначення, предмет і завдання екології	
1.2 Галузі і підрозділи екології.....	12
ТЕМА 2 ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ	18
2.1 Еврибіонти й стенобіонти	19
2.2 Діапазони стійкості. Межі стійкості. Оптимум. Песимум	19
2.3 Правило обмежуючих або лімітуючих факторів	20
2.4 Екологічний і еволюційний оптимум	20
2.5 Світло як екологічний фактор	21
2.5.1 Ультрафіолетова частина спектру	22
2.5.2 Вплив видимого випромінювання на організми .	23
2.5.3 Інфрачервоні промені та їх вплив на живі істоти	24
2.5.4 Екологічні групи рослин за відношенням до світла	25
2.6 Вологість як екологічний фактор	26
2.6.1 Властивості води	26
2.6.2 Водозабезпечення й витрати вологи у рослин ...	28
2.6.3 Характеристика екологічних груп рослин за відношенням до вологи	28
2.6.4 Шляхи надходження й витрат вологи у тварин ..	29
2.7 Клімат	30
2.8 Температура як екологічний фактор	31
2.8.1 Джерела тепла для організмів	31
2.8.2 Типи теплообміну в організмів	32
2.8.3 Температурні межі існування організмів	32
2.8.4 Специфіка теплового обміну в рослин	33
2.8.5 Шляхи регуляції теплообміну в рослин	34
2.8.6 Специфіка температурного обміну в тварин	35

2.8.7	Ефективні температури для розвитку пойкилотермних тварин	36
2.8.8	Шляхи регуляції температури тіла в тварин	36
2.9	Екологічні правила Бергмана й Аллена	37
2.10	Біотичні фактори	38
2.10.1	Міжвидові взаємовідносини	40
2.10.1.1	Загальна характеристика конкуруючих видів	41
2.10.1.2	Еволюційні наслідки конкуренції	44
2.10.1.3	Хижацтво	45
2.10.1.4	Еволюційні наслідки хижацтва	47
2.10.1.5	Паразитизм	47
2.10.1.6	Позитивні взаємовідносини, аменсалізм, нейтралізм	49
ТЕМА 3	ПОПУЛЯЦІЇ	50
3.1	Основні особливості популяції як біологічної системи	51
3.2	Динаміка популяцій	56
3.3	Таблиці виживання й криві виживання	57
3.4	Криві росту чисельності популяцій	58
3.5	Основні типи багаторічної динаміки популяцій	60
3.6	Множинність механізмів регуляції чисельності популяцій	66
ТЕМА 4	БІОЦЕНОЗИ	67
4.1	Просторова структура біоценозів	69
4.2	Динаміка біоценозів	70
4.3	Краєвий ефект. Поняття про екотон	70
ТЕМА 5	ЕКОСИСТЕМИ	71
5.1	Енергетика екосистем	71
5.2	Категорії організмів у екосистемах	72
5.3	Кругообіг речовин в екосистемах	74
5.4	Біомаса. Продуктивність екосистем. Продукція первинна та вторинна. Чиста та валова продукція	75
5.5	Шляхи підвищення біологічної продуктивності екосистем	77
5.6	Класифікація екосистем	77
5.7	Динаміка екосистем	78
ТЕМА 6	БІОСФЕРА	83
6.1	Біогеохімічні цикли	87

ТЕМА 7	КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ЕКОСИСТЕМ СВІТУ	91
7.1	Тундри	91
7.2	Лісові екосистеми помірного поясу	93
7.3	Вічнозелений тропічний дощовий ліс	95
7.4	Степи	96
7.5	Пустелі	98
7.6	Болота	100
7.7	Водні екосистеми	101
ТЕМА 8	ОСНОВНІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ	105
2. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ		111
Лабораторна робота №1	Санітарно-топографічна оцінка джерела питної води	112
Лабораторна робота №2	Визначення кислотності та лужності води	116
Лабораторна робота №3	Визначення окислюваності води	118
Лабораторна робота №4	Визначення ХСК та БСК води	121
Лабораторна робота №5	Визначення вмісту CO ₂ у воді	124
Лабораторна робота №6	Дослідження основних фізичних властивостей ґрунту	125
Лабораторна робота №7	Визначення водопроникності, пористості, вологості ґрунту	127
Лабораторна робота №8	Визначення рН середовища, гігроскопічної води, вмісту органічних речовин у ґрунті	128
Лабораторна робота №9	Дослідження повітряного середовища. Хімічний склад повітря	132
Лабораторна робота №10	Дослідження повітряного середовища. Фізичні властивості води	135
Лабораторна робота №11	Визначення ролі редуцентів у екологічних нішах	139
Лабораторна робота №12	Визначення продуцентів у екологічних нішах	140
3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ		142
4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ		146
5. ПРАВИЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ		148
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК		150
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		160

ВСТУП

Навчальний курс «Загальна екологія (та неоеккологія)» є базовим загальноосвітнім світоглядним курсом, який сформувався як міждисциплінарна наука, що вивчає місце людського суспільства в природному середовищі.

Для сучасної людини знання основ загальної екології не менш важливе, ніж основ фізики, хімії, математики. Екологізація виробництва – один із провідних напрямів науково-технічної революції, покликаної не тільки забезпечити узгоджене функціонування природних і технічних систем, а й значно підвищити ефективність останніх.

Екологія розглядає закономірності процесів та явищ на таких рівнях організації живого в природі, як організмівий, популяційний і угруповань організмів. Велика увага приділяється процесам біологічних кругообігів речовин та енергії, що становить матеріальну основу біосфери.

Завдання курсу – висвітлити основні причини виникнення на нашій планеті глобальної екологічної кризи, що загрожує подальшому існуванню людства на Землі, і показати можливі шляхи виходу з цієї кризи; ознайомити студентів з основами загальної екології, а також основні закономірності біосферних процесів, взаємовідносини організмів та надорганізмівих систем із навколишнім середовищем і між собою, узагальнює дії екологічних факторів на живі організми та їх угруповання, вплив останніх на окремі фактори навколишнього середовища.

Екологія, постійно збільшуючи набір факторів зовнішнього середовища, вивчає їх вплив на особини, популяцію, людину. Звідси випливає прямий зв'язок знань основ загальної екології з господарською діяльністю людини, особливо з такими масштабними виробництвами, як енергетика, хімія, транспорт, лісове й сільське господарство тощо.

Навчальний посібник видається відповідно до навчального плану та робочої програми навчальної дисципліни «Загальна екологія (та неоеккологія)» з урахуванням розробок інших вузів, а також літературних джерел, наведених у посиланнях. У ньому розкриті базові питання класичної та сучасної екології, зокрема її фундаментальних підрозділів: вчення про фактори навколишнього середовища, демекологію, біоценологію, екосистемологію та біогеоценологію, глобальну екологію.

Навчальний посібник підготовлено на кафедрі прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Призначено для студентів, що навчаються за напрямом підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», і може бути використаний як основна навчальна література при вивченні дисциплін «Загальна екологія (та неоеккологія)», а також як основна чи додаткова навчальна література для студентів інших спеціальностей при вивченні дисципліни «Основи екології».

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчення оптимальних шляхів координації гармонійного еколого-економічного збалансованого співіснування техносфери й біосфери, принципів і критеріїв ефективності локальної та глобальної екополітики, заснованого на ґрунтовних екологічних знаннях та культурі спілкування з природою, оволодіння теоретичними основами екології та надбання практичних навичок з екологічної безпеки, раціонального природокористування.

Завдання: дати студентам теоретичні знання про вивчення загального стану сучасної біосфери (біологічних систем усіх рівнів), умов і чинників його формування, причин і обсягів змін під впливом різних природних і антропогенних чинників; прогнозування динаміки стану екосистем і біосфери в цілому в часі й просторі; розроблення, з урахуванням основних екологічних законів та закономірностей, шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства і Природи, збереження здатності біосфери до саморегуляції і самовідновлення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати :

- головні фундаментальні основи існування і розвитку Всесвіту;
- теоретичні і практичні аспекти сучасної екології: еволюцію взаємовідносин людини і природи, структуру навколишнього середовища,
- особливості функціонування біосфери і окремих екосистем, великий та малий колообіги речовин, енергії та інформації в біосфері, формування і динаміку природних ресурсів Землі;
- характер основних екосистем, основні екологічні поняття і закони;
- основні джерела антропогенного забруднення довкілля, основні причини розвитку глобальної екологічної кризи;
- методи збереження компонентів природного середовища (атмосфери, гідросфери, літосфери, рослинного і тваринного світу).

вміти :

- виконувати екологічні узагальнення і розрахунки;
- застосовувати базові екологічні знання під час виконання польових екологічних досліджень і експертиз, розробки заходів з охорони й збереження екосистем різних ландшафтів;
- знаходити оптимальні екологічні рішення під час планування й здійснення природокористування, розв'язання регіональних і локальних проблем трансграничних міграцій забруднень.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Тема 1. Екологія в системі природничих наук.

1.1. Визначення, предмет і завдання екології.

1.2. Галузі і підрозділи екології.

1.1. Визначення, предмет і завдання екології

Термін «екологія» (oikos-дім, logos-наука) був вперше вжитий німецьким біологом Е.Геккелем у 1866 р. в двотомній праці, присвяченій морфології організмів. У буквальному розумінні екологія - наука про місцезростання. Часто вживане таке визначення: *екологія — наука про взаємодію в живій природі*, а детальніше — це *наука про взаємодію живих істот між собою і з навколишньою неорганічною природою; про зв'язки в надорганізованих системах, структуру і функціонування цих систем*.

Відомий американський еколог Юджін Одум дає, на його думку, «найкоротше і найспеціальніше» визначення: *екологія — це «біологія навколишнього середовища»*. Людина з давніх-давен цікавилася "біологією навколишнього середовища". Щоб вижити, вона мусила мати уявлення про рослинний і тваринний світ, що її оточував. Фактично, - зазначає Ю.Одум, цивілізація виникла тоді, коли людина навчилася використовувати вогонь та інші засоби, які дали змогу їй змінити середовище свого існування. Сьогодні ж, коли людина вивільнила колосальні сили природи і невпізнанне змінила це середовище, коли знання законів природи стає необхідним, екологічна освіта зайняла чільне місце у сучасному суспільному житті.

Щоб краще зрозуміти предмет і завдання екології, треба, як пише Ю.Одум, розглянути ставлення цієї науки до решти галузей біології та інших «логій». Сьогодні, в епоху спеціалізації людської діяльності, зв'язки між різними науковими дисциплінами зникають з нашого поля зору внаслідок величезного потоку інформації в межах кожної дисципліни. Пощастило екології, суспільний інтерес до якої, особливо в останні десятиріччя, відкрив їй, так би мовити, кордони до суміжних наукових дисциплін, а останнім - кордони екології. Сьогодні слово «екологія» для багатьох означає «спільність людини і навколишнього середовища».

Розглянемо спочатку більш традиційне, академічне становище екології в сім'ї біологічних наук. Зупинімося коротко на тому, як

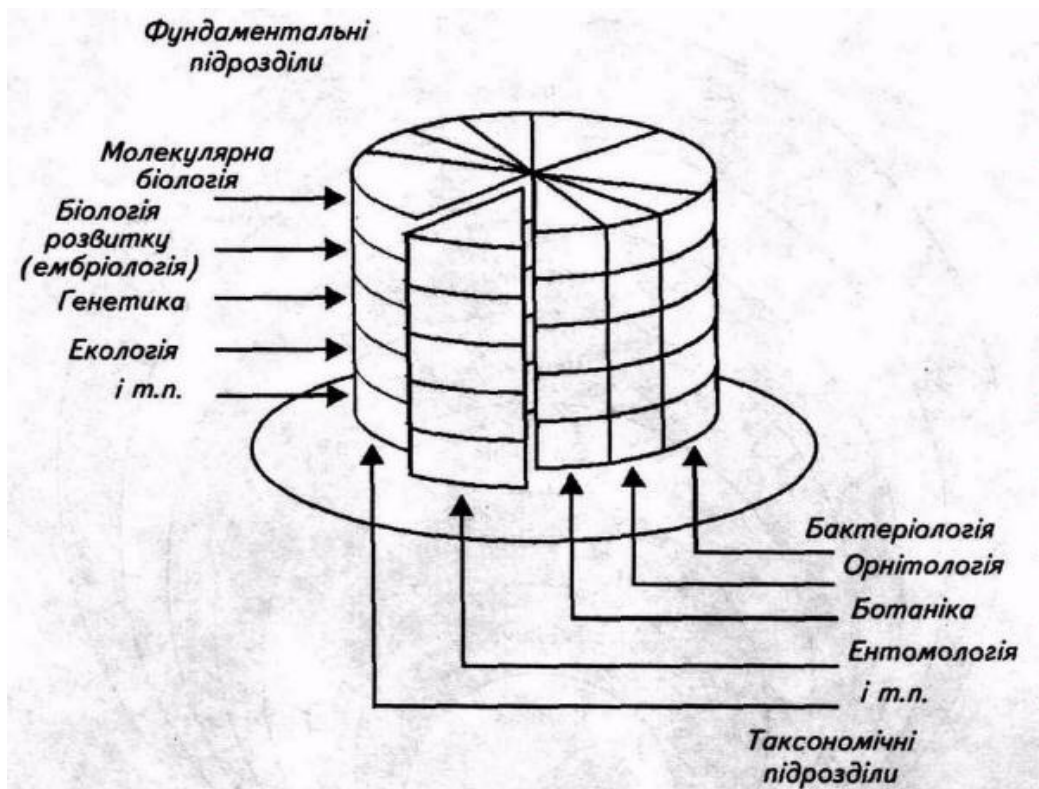


Рис. 1.1. "Листковий пиріг" біології.

Фундаментальні (горизонтальні) та таксономічні (вертикальні) підрозділи.

поділяється «наука про життя» — біологія. Якщо уявити собі структуру біології у вигляді "листяного пирога" (Ю.Одум), то цей пиріг можна поділити на шматки двома різними способами (рис. 1.1).

Якщо цей пиріг - конгломерат біологічних наук - розкряти по горизонталі, то відокремляться фундаментальні науки, які вивчають основні, фундаментальні властивості життя. Це, передусім, **морфологія, фізіологія, генетика, теорія еволюції, молекулярна біологія і біологія розвитку**. Вертикальний розріз показує таксономічні підрозділи.

Угруповання, популяція, організм, орган, тканина, клітина, органела, ген - головні рівні організації життя. Вони розміщені в ієрархічному порядку - від великих систем до малих. Взаємодія з фізичним середовищем (енергією і речовиною) на кожному рівні зумовлює існування певних функціональних систем - впорядкованих взаємодіючих і взаємозв'язаних компонентів, які утворюють єдине ціле (рис. 1.2).

Таким чином, **системи, що містять живі компоненти (біосистеми), можна виділяти на будь-якому рівні: генетичному, клітинному, організменному, популяційному і, нарешті, екосистемному**. Виділення можливе не тільки на рівні системи, а й на проміжних рівнях, наприклад, популяції й угруповання (рослинний вид в умовах угруповання, тобто проміжний рівень між популяцією й екосистемою).

Отже, **предметом вивчення екології є переважно системи, розміщені вище рівня організмів, — популяції й угруповання**. Іншими словами,

екологія вивчає сукупність живих організмів, які взаємодіють між собою, утворюючи із оточуючим середовищем певну єдність (тобто систему), в межах якої здійснюється процес трансформації енергії й органічної речовини.

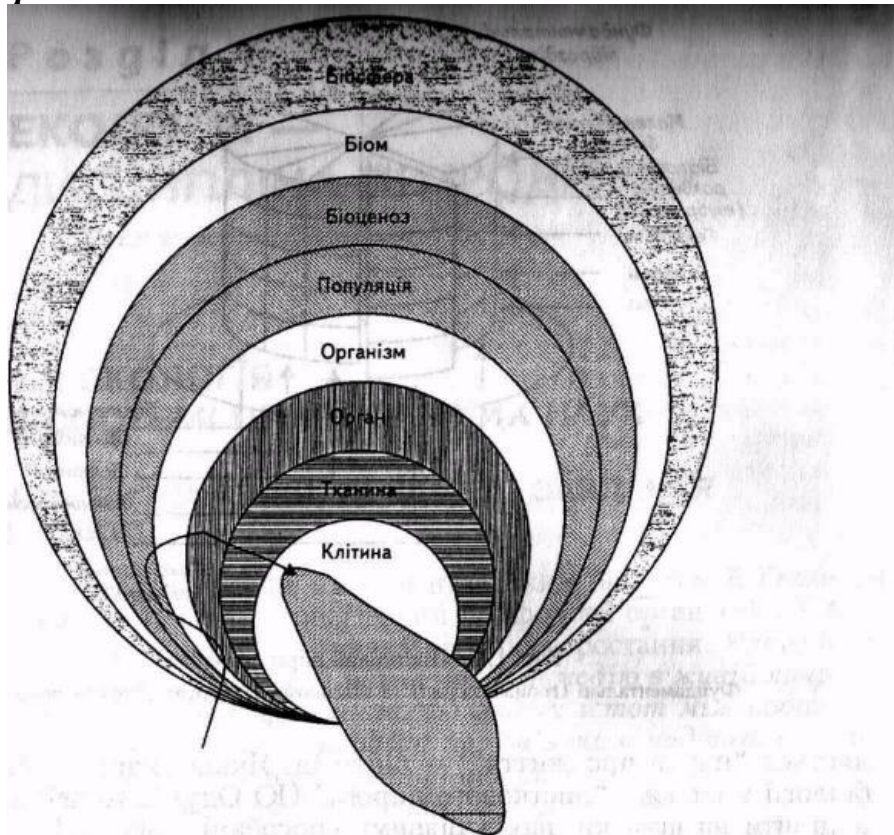


Рис. 1.2. Ієрархія організменних систем у біосфері.

Таким чином, екологія належить до групи наук функціональної біології, основні принципи якої живлять такі науки, як екологія рослин, екологія грибів і т.п.

Таке трактування екології залишається надто широким, внаслідок чого виникає потреба уточнення *об'єкта* сучасної екології навіть у межах надорганізмального рівня організації біологічних систем. Такими рівнями, за І.І. Шмальгаузенем (1961), є організменний, популяційний і біоценозичний, а Є.М. Лавренко (1964) додає четвертий – «рівень живої речовини», тобто біосферний. Отже **екологія як фундаментальна дисципліна вивчає цілісні комплекси (екосистеми), утворені угрупованнями різної складності разом із взаємодіючим з ними біотопом (місцем зростання). Як функціональна дисципліна екологія вивчає популяції (утворення однорідних і різноякісних особин) і їх сукупності (утворення простих і складних угруповань), внаслідок чого варто обмежити сферу цієї науки популяційним і біоценозичним рівнями організації життя.**

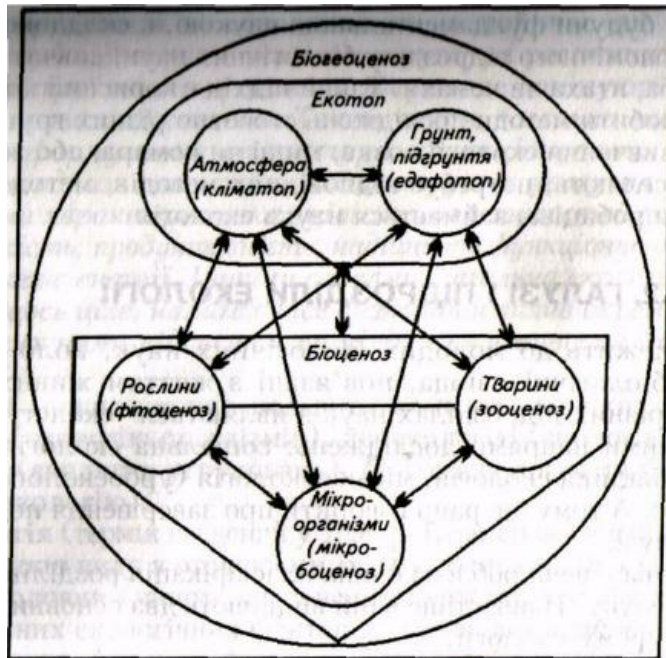


Рис 1.3 Схемі будови біогеоценозу (за В. М. Сукачовим)

Вищі рівні організації (ландшафт, біом, біосфера), як вважають більшість вчених, лише частково належать до біологічної галузі, а тому їх не можна відривати від географічних дисциплін.

Термін *популяція* (від лат *популюс* - народ) спочатку використовували для визначення груп людей, в екології він набув ширшого значення і характеризує групу особин будь-якого виду. Одночасно угруповання (рос - *сообщество*) в екологічному розумінні (інколи кажуть "біотичне угруповання") включає всі популяції, які займають дану площу. Наприклад, у діброві на території конкретної асоціації (осоково-волосистої грабової діброви) ми маємо популяції дуба, граба, клена, явора дикої яблуні, горобини, ліщини, осоки волосистої, барвінку, печіночниці тощо.

Слід зауважити, що *екосистема*, а не *угруповання*, є об'єктом екологічної науки. Адже організми, які утворюють прості чи складні угруповання взаємодіють між собою не взагалі, а в реальному просторі біотопу.

Угруповання і неживе середовище функціонують разом як екологічна система (екосистема). Угрупованню відповідає термін *біоценоз*, а екосистемі — *біогеоценоз*. Таким чином накладаються не тільки два терміни — *екосистема* (запропонований А. Тенслі) і *біогеоценоз* (запропонований В.М. Сукачовим), а й два дещо різних підходи *Екосистемою*, наприклад, *може бути*, за широким трактуванням західних учених, і *океан, і крапля води* в уявленні В. М. Сукачова, *біогеоценоз — це екосистема в межах конкретного фітоценозу* (рис 1.3).

Екологія, будучи фундаментальною наукою, є складеною частиною кожного таксономічного підрозділу біологічних наук, вивчає, наприклад, екологію гриба, птаха чи комахи. Такий підхід є корисний хоча б тим, що дає змогу виробити методи досліджень стосовно різних груп організмів.

Наприклад, вивчення екології вовка, миші чи комара, або ж усього гаю, який вони заселяють, потребує відповідних методів, методик. Якраз їх пошуком та апробацією займається наука екологія.

1.2. Галузі і підрозділи екології.

Екологія належить до молодих біологічних наук, коло зацікавлень яких - це біологічні явища, пов'язані з життям живих організмів (рис.1.4). У різних підрозділах наук з'являються «екологічні школи» і пов'язані з ними напрями досліджень: *соціальна екологія, інженерна екологія, радіаційна екологія, міська екологія (урбоєкологія), космічна екологія тощо*. А тому ще рано говорити про завершення поділу екології на окремі галузі.

До цього часу не вироблена єдина класифікація розділів, які входять в екологічну науку. Найчастіше в ній виділяють два основних підрозділи: *загальну й окрему екологію*.

Загальна екологія займається дослідженням головних принципів організації та функціонування різних надорганізменних систем. Окрема екологія, зокрема екологія рослин, досліджує головним чином зв'язки рослинних організмів зі середовищем, в той час як фітоєкологія (фітоценологія) займається аналізом структури рослинних угруповань.

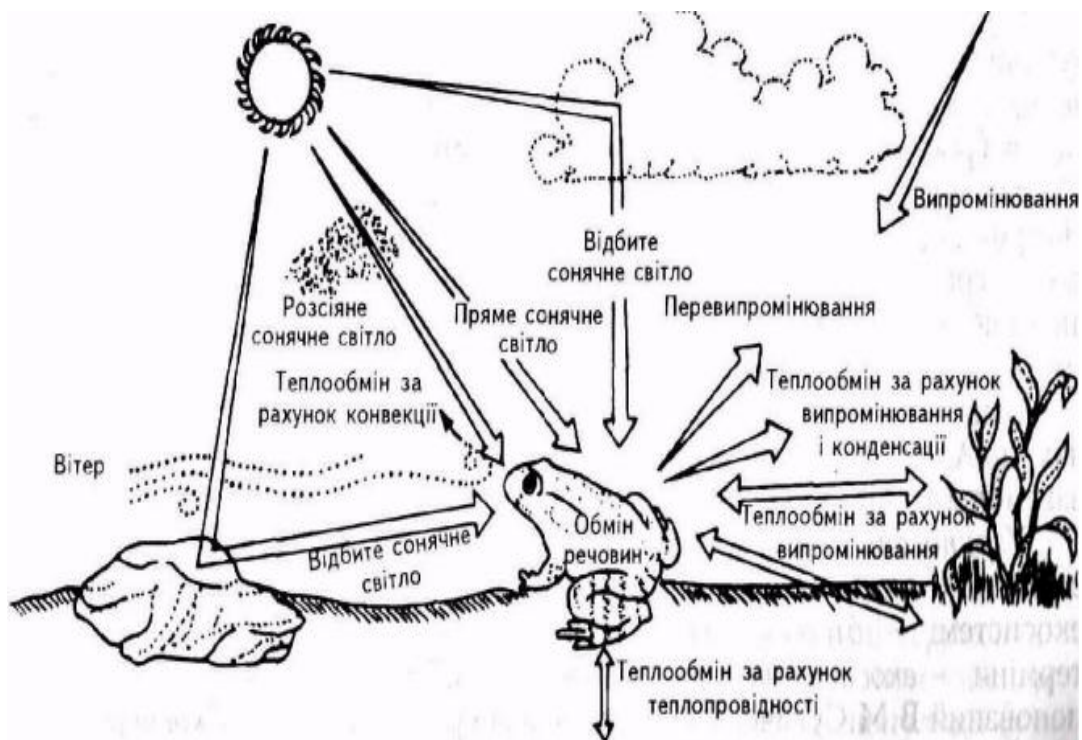


Рис. 1.4. Шляхи теплообміну між організмом і різноманітними оточуючими його тілами (монотопом).

Особливою (проблематика екології тварин, де домінують дослідження динаміки й організації системи. Таким чином, *загальна екологія досліджує закони формування структури, функціонування, розвитку і*

загибелі природних екосистем, концентруючи увагу на пов'язаних з цими станами характеристиках цілісних властивостей екосистем, таких, як стійкість, продуктивність, надійність функціонування, кругообіг речовин і баланс енергії. Іншими словами, загальна екологія вивчає екосистему як щось ціле, намагаючись визначити вплив окремих елементів або утворених ними підсистем на цілісні властивості біокосного утворення.

Екологію можна умовно поділити на п'ять великих підрозділів:

- аутекологію (екологію організмів);
- демекологію (екологію популяцій);
- синекологію (екологію угруповань);
- біогеоценологію;
- біосферологію (глобальну екологію).

Аутекологія (термін введений у 1896 р. Шретером) вивчає взаємозв'язки представників виду з оточуючим їх середовищем. Цей розділ екології займається, головним чином, визначенням меж стійкості виду і його ставленням до різних екологічних факторів. Аутекологія вивчає також вплив середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів.

Демекологія (термін введений у 1963 р. Швердтфегером) описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини. Цей розділ ще називають динамікою популяцій, або популяційною екологією.

Синекологія (Шретер, 1902) аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і оточуючим середовищем. Термін біоценологія, введений у 1918 р. Гамсом, є практично синонімом синекології. В синекології дослідження проводять в двох напрямках: *статичному і динамічному*.

Статичний напрям (описова синекологія) займається встановленням видового складу угруповань, чисельністю, частотою виявлення виду, видовим представництвом і просторовим розміщенням.

Динамічний напрям (функціональна синекологія) обіймає два аспекти. Перший стосується розвитку угруповань і дослідження причин, які призвели до їх зміни. Другий займається обміном речовин та енергії між різними компонентами екосистеми, а також вивчає кормові ланцюги, біомасу і енергію, продуктивність біоценозів. Цей напрям ще називають кількісною синекологією.

Біогеоценологія, або екосистемологія, вивчає біогеоценотичний шар Земної кулі і, зокрема, конкретні біогеоценози (суходільні, водні), в яких взаємодіють біоценози і абіотичне середовище.

Біосферологія (глобальна екологія) вивчає біосферу як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери.

Зв'язки па різних щаблях живої матерії аналізують різні біологічні дисципліни. Щабель молекулярних досліджень, наприклад, посідають біохімія, біофізика і генетика, які об'єднуються під назвою *молекулярної біології*. Органи і клітини досліджує цитологія, тканини - гістологія і т.д. Отож, важливо знати ці щаблі, вміти розпізнати біологічні і фізико-хімічні процеси, які перебігають в:

- 1) молекулі;
- 2) органоїді;
- 3) клітині;
- 4) тканині;
- 5) органі;
- 6) системі органів;
- 7) організмі;
- 8) популяції;
- 9) виді;
- 10) біоценозі;
- 11) біогеоценозі;
- 12) біосфері.

Кожний із зазначених щаблів організації живої матерії складається з менших підрозділів, між якими існує взаємний зв'язок і надзвичайно сильні взаємовпливи, характерні для інтегрованої системи. Завдяки цьому вся організація являє собою функціональне ціле і становить під кутом зору біологічної науки щось більше ніж сума властивостей окремих складових елементів.

На кожному із зазначених щаблів організації природи виступає окреслена група явищ з притаманними лише йому особливостями. На щаблі молекулярному - явища фізико-хімічні, на тканинному і організмі - фізіологічні на видовому - еволюційні, на біоценотичному — матеріально-енергетичні і т.ін. Цей ряд щаблів характеризується зростанням ступеня складності.

Отже, екологія досліджує явища, які займають шість рівнів організації живої природи організму, виду, популяції біоценозу, біогеоценозу, біосфери.

Організм Вивчаючи особину конкретною виду, ми досліджуємо, по суті, організм. Організацією і функцією організму займається досить успішно ряд біологічних дисциплін: анатомія, систематика, фізіологія, ембріологія і частково генетика. Ставлення організмів до середовища вивчає екологія організмів.

Популяція — угруповання особин які належать до одного виду і заселяють спільну територію. Наприклад, це й люди однієї етнічної групи, що живуть в Українських Карпатах (бойки гуцули, лемки), поліські чорногузи, колонії форелі у верхів'ї Дністра. Кожне угруповання особин, що належить до одного виду, має окреслену *генетичну структуру*, яка

виражена в певних морфологічних особливостях виду. Одночасно виступає **екологічна структура**, яка є результатом відмінності демографічного типу, наприклад, вікова структура, народжуваність, смертність. Процеси, які відбуваються в межах популяції, пов'язані зі змінами чисельності організмів або ж з морфологічними. Популяція є основною біологічною одиницею в межах якої реалізуються процеси **природного добору**.

Біоценоз є найвищим щаблем організації живої природи, сталою системою разом з існуючими на певній ділянці суші або водойми організмами і створеним ними ж біоценотичним середовищем. Популяції різних видів, пов'язані між собою різноманітними біологічними сосунками, є елементами структури цієї одиниці. В межах біоценозу відбувається кругообіг матерії й енергії, а також формування середовища життя організмів - *біотопу*.

Біогеоценоз (БГЦ) - сукупність рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів і певної ділянки земної поверхні, які пов'язані між собою обміном речовини та енергії. БГЦ включає в себе певне угруповання організмів, ґрунт, ґрунтову воду і нижні шари тропосфери. Його межа визначається головним чином межею фітоценозу (рослинного угруповання).

Біосфера - оболонка Землі, яка включає частини атмосфери, гідросфери і літосфери, населені живими організмами. Верхня межа біосфери має озоновий екран, що затримує більшу частину згубних для живих істот ультрафіолетових променів, а нижня - тепловий бар'єр.

На найвищих щаблях організації живої матерії, де взаємодіють біологічні системи із неживим середовищем, впливаючи один на одного, екологія виступає як чітко окреслена наукова дисципліна з своїми **методами досліджень** і власним **науковим понятійним апаратом**.

Багато методів наукових досліджень вона позичає в біологічних наук: біохімії, фізіології, анатомії, морфології, а також у наук, які вивчають природне середовища (ґрунтознавство, гідрографія, кліматологія тощо). **Екологія** в широкому розумінні **є наукою міждисциплінарною, синтезуючою, залишаючись при цьому наукою біологічною, оскільки об'єктом її досліджень є живий світ, який заселяє розмаїте середовище нашої планети**.

Кожний рівень існування живої матерії можна розглядати з екологічних позицій, причому всі оцінки її стану мають не лише теоретичне, але й практичне значення. Наприклад, працівники лісового господарства мусять прогнозувати розвиток популяцій мисливської фауни - оленя, козулі, дикої свині. Невміла регуляція тієї чи іншої популяції може призвести до перенаселення угідь і пошкодження лісу, особливо молодого.

Відзначаючи шкідливість викидів певного підприємства у місцеву річку, екологи підраховують, як шкодить це забруднення популяціям конкретних видів риб, раків чи водяних рослин. Екологи передбачають розвиток популяцій шкідників сільськогосподарських угідь і планують заходи з їх знешкодження. Ця робота ведеться на рівні біоценозу.

Дослідження умов місцезростання еродованих земель і кар'єрів дає можливість підібрати рослини для їх фітомеліорації. Особливо це важливо при хімічних забрудненнях середовища.

Екологія все більше стає наукою про моделювання екосистем, основою для раціонального ведення господарства й охорони природи.

Завдання екології як науки, як твердить американський еколог Р.Ріклефс (1979), полягає в тому, що людина повинна пізнавати закони й функції природи для того, щоб не підкорити її, а врегулювати взаємовідносини між природою й людиною. В історії розвитку екологічних знань виділяють такі етапи.

Перший етап — до 1866 року. Це підготовчий етап накопичення екологічних знань. Елементи екології з'являються в працях зоологів, ботаніків, фізіологів, анатомів. Характерна риса цього періоду — відсутність свого понятійного апарату.

Другий етап — 1866-1936 роки (до введення визначення «екосистема»). Це період формування факторіальної екології. А.М.Гіляров називає його аутекологічним редукціонізмом.

Третій етап — з 1936 року до початку 70-х років. Це період синекологічних досліджень. На перший план вийшло вчення взаємовідносин між популяціями в екосистемах. Основний метод — системний підхід. Набуває розвитку математична екологія. Основу нього періоду складають шість положень:

- формування екології як фундаментальної теоретичної дисципліни;
- уявлення про перебування природи найчастіше в стані рівноваги;
- формування синекологічних поглядів;
- провідна роль конкурентних відносин у формуванні угруповань ;
- уявлення про дискретність екосистем;
- незначна роль еволюційних факторів у розвитку екосистем.

Четвертий етап — з початку 70-х до середини 80-х років ХХ сторіччя. Основу цього періоду складають такі положення:

- неможливість виділити якісь загальні закони розвитку екосистем;
- постійне порушення стану рівноваги в екосистемах;
- розвиток популяційних досліджень;
- відмова від конкуренції як основного фактора формування угруповань;
- під час вивчення екосистем домінує концепція їх дискретності;
- з'являється погляд про зростаючу роль випадкових факторів в функціонуванні екологічних систем.

П'ятий етап — кінець ХХ сторіччя. Відбувається об'єднання популяційного, синекологічного і стохастично-популяційного періодів. Поєднуються другий, третій і четвертий етапи, тобто має місце синтез найбільш значних ідей усіх попередніх етапів.

Наведений розподіл розвитку екології на етапи звичайно умовний. Кожний етап характеризується своїми значними відкриттями.

Екологія як точка зору на природу відображена в чотирьох афористичних законах, які сформулював у 60-і роки ХХ ст. американський біолог Коммонер:

- все пов'язане з усім;
- нічого не дається дарма;
- все повинно кудись діватись;
- природа знає краще.

У наступні роки слово «екологія» широко вживається для позначення всіх форм взаємодії людини з оточуючим середовищем.

Ніхто не протестує проти такого вживання слова «екологія», тому що служить воно благородним завданням збереження культури й природи (А.М. Гіляров, 1990).

Часто ставлять знак рівності між екологією й охороною природи. Зв'язок між цими двома поняттями такий самий, як між медициною та охороною здоров'я.

Таким чином, екологія з суто біологічної науки за довгий час перетворилась на значний цикл знань. За Реймерсом, це наука про виживання людства в навколишньому середовищі, яка сьогодні нараховує понад 50 різних напрямків.

ТЕМА 2. ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ.

Розділ екології, який вивчає вплив різних факторів довкілля на живі істоти, називають ауте колегією або факторіальною екологією.

Під середовищем існування розуміють сукупність усіх факторів природи, які тим чи іншим чином впливають на організм.

Фактори, які впливають на живі істоти, називають **екологічними факторами**. Існує багато підходів до класифікації екологічних факторів. Наприклад, екзогенні й ендогенні фактори.

Екзогенні фактори — це фактори які впливають на живі організми із зовнішнього середовища, і зворотної дії на екосистеми не мають. Це радіація, інтенсивність атмосферних опадів, тиск, швидкість повітря, температура і т. ін.

Ендогенні фактори — фактори, які виходять з самої системи, утворюють її склад. Це — чисельність особин, біомаса, взаємодія популяцій.

Є вчені, які віддають перевагу екзогенним факторам і їх впливу на живі організми. Вони вважають, що зовнішніми умовами можна змінити навіть вид (І.Г. Лисенко, І.П. Павлов).

Але найбільш поширеною в екології є така класифікація екологічних факторів:

1. Абіотичні фактори — сукупність неорганічних факторів (неживої природи) фізичної або хімічної дії (клімат, світло, температура, тиск, вологість повітря, вітер, радіоактивне випромінювання, склад води, повітря, рельєф місцевості тощо), які прямо або опосередковано впливають на живі організми.

2. Біотичні фактори — сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших, а також на неживе середовище. Так хижаки впливають на чисельність жертв, а паразити — на чисельність хазяїв.

3. Антропогенні фактори — фактори, які впливають на людину, на її формування в процесі антропогенезу.

4. Антропічні фактори — сума різних впливів людини на органічний світ. Виробнича діяльність людини — найсуттєвіший фактор, який останнім часом обумовлює рельєф і хімічний склад земної поверхні, перерозподіляє баланс прісної води, змінює склад, властивості атмосфери й клімат у цілому.

Наведемо ще один тип класифікації екологічних факторів.

1. Постійні фактори (фактори, що не змінюються) — сонячна радіація, склад атмосфери, сила тяжіння і т. ін.

2. Фактори, які змінюються. Вони поділяються на періодичні (температура — сезонна, добова, щорічна; приливи й відливи, освітлення,

вологість) і неперіодичні (вітер, пожежа, гроза, всі форми людської діяльності).

Усі наведені класифікації умовні.

2.1. Еврибіонти й стенобіонти.

У екології широко використовуються такі поняття, як еврибіонти і стенобіонти.

Еврибіонти — це організми, які витримують широкі коливання якогось фактора. Вони можуть бути евритермними (стосовно до температури), еврибатними (тиску), евригалійними (вмісту солі) і т. ін. Наприклад, сосна звичайна або заєць-біляк можуть виносити коливання температури від $+30^{\circ}\text{C}$ до -40°C . Це — евритермні організми.

Стенобіонти — організми, які існують у вузьких межах коливання якогось фактора. Про них говорять і стенобатні, стенотермні, стеногалійні і т. ін. Наприклад, тепловодні рачки *Coripia* sp. підтримують найкращу життєдіяльність при $+23^{\circ}\text{C}$... $+29^{\circ}\text{C}$.

Поряд з поняттями еврибіонти й стенобіонти у факторіальній екології широко використовується поняття «екологічна валентність». Це властивість видів пристосовуватись до того чи іншого діапазону факторів середовища. Організми можуть мати широку або вузьку екологічну валентність стосовно до якогось фактора.

Сума екологічних валентностей стосовно до окремих факторів утворює **екологічний спектр**.

2.2. Діапазони стійкості. Межі стійкості. Оптимум. Песимум.

Екологічні фактори по-різному впливають на різні організми. Але всі вони мають одну загальну особливість, яку можна виразити графічно (рис. 1).

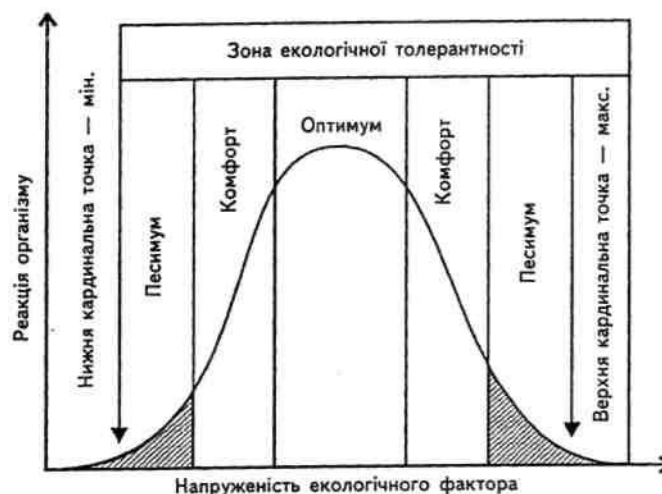


Рис. 1. Стосунки в діапазоні екологічної толерантності (за В.П. Кучерявим, 2000 р.)

В основу екологічної характеристики організмів покладено їх реакцію на вплив факторів середовища. Організм живе в діапазоні мінливості певних факторів. Цей діапазон називають амплітудою. Як дуже високі (максимальні), так і дуже низькі (мінімальні) значення факторів середовища можуть бути згубними для організму. Граничні значення даного фактора, виражену в цифрах, вище або нижче якого організм не може існувати, називають критичною точкою. Між цими критичними значеннями й розташована зона екологічної толерантності.

2.3. Правило обмежуючих або лімітуючих факторів.

У 1840 році німецький вчений хімік Юстус фон Лібіх обґрунтував правило про обмежуючі або лімітуючі фактори. Це правило так і називається правилом або законом Лібіха. Воно стверджує, що якщо хоч один з екологічних факторів, які впливають на організм, наближається до мінімальної величини, то, незважаючи на оптимальне значення інших факторів, особинам загрожує загибель. Цей фактор називають обмежуючим або лімітуючим.

Взаємодія факторів. Усі фактори впливають на організм одночасно. Тому зона оптимуму на графіку може зміститись залежно від сили впливу іншого фактора.

Наприклад, спеку легше переносити в сухому, а не вологому кліматі. Або загроза замерзнути більша за умови морозу з сильним вітром. Взаємна компенсація факторів також має певні межі. Наприклад, у полярних пустелях дефіцит тепла не може замінити вологість або сильне освітлення.

2.4. Екологічний і еволюційний оптимум.

Перш ніж перейдемо до розгляду впливу окремих абіотичних і біотичних факторів на живі системи, зупинимося на одному з провідних термінів у екології — «адаптації».

Адаптація — це пристосування живих систем до тих чи інших умов середовища існування. Усі види адаптації — це результат дії еволюційного процесу на основі природного добору. Адаптації можуть виникати до абіотичних та біотичних факторів і бути направлені на підвищення стійкості організмів. Природу й механізм адаптацій в кібернетичній системі можна уявити як біологічне відбиття, компоненти якого такі:

- прийняття інформації;
- переробка інформаційного потоку;
- відповідна регуляція та управління на рівні організму.

Шляхи адаптацій можуть бути різними, а саме:

1. Морфологічні (захисне забарвлення, колючки, товста кутикула, волосяний покрив, жировий шар і т. ін.).

2. Фізіологічні адаптації (стійкість фізіологічних параметрів: постійна температура тіла, вміст кисню, вуглекислого газу, вміст цукру в крові і т. ін.).
3. Біохімічні адаптації (постійність біохімічних процесів).
4. Етологічні адаптації (поведінкові реакції як адаптації організму).

Яскравим прикладом адаптацій організмів до умов середовища є адаптивні біологічні ритми й життєві форми організмів.

Адаптивні біологічні ритми — ритми, що склалися в живих організмів під час еволюції як пристосування до періодичних змін факторів середовища та закріплені в їх генетичній структурі. Розрізняють **екзогенні біологічні ритми**, як реакцію організмів на зміну зовнішніх умов середовища, та **ендогенні біологічні ритми** — ритми, що генеруються організмом і прямо не залежать від зовнішніх умов. Частота екзогенних біологічних ритмів відповідає циклічним змінам середовища. По суті, вони теж мають ендогенну природу, але на їх формування суттєво впливають фактори середовища. Це добові або циркадні ритми, місячні ритми, приливні ритми, річні ритми тощо.

Життєвою (біологічною) формою називається адаптація тварин та рослин до відповідних специфічних умов існування, яка виражається в змінах морфологічних ознак та способу життя незалежно від систематичного походження виду. Прикладом життєвих форм є адаптація, яка однаково змінила спосіб життя кенгуру та тушканчиків. Ці тварини пересуваються за допомогою стрибків.

2.5. Світло як екологічний фактор.

Життя на Землі підтримується завдяки потоку енергії, який випромінює велика зірка — Сонце. Сонячна енергія має велике значення для всіх процесів, що відбуваються на Землі: фізичних, хімічних, біологічних.

Від Сонця Земля отримує 99% енергії. Енергія, що йде від Сонця, перетворюється. Ці перетворення підкоряються універсальним законам природи — законам термодинаміки. Пригадаємо два з них.

Перший закон — енергія може переходити з однієї форми в іншу, але вона не зникає й не утворюється наново.

Другий закон або закон ентропії читається так: ефективність переходу одного виду енергії в інший ніколи не буває 100%, деяка частина енергії розсіюється у вигляді недоступної теплової радіації.

Сонячна енергія використовується на створення й перетворення органічної речовини, на підтримання теплового й водного балансів Землі.

Кількість сонячної радіації, що доходить до верхньої межі атмосфери, залежить від:

- географічної широти;
- вмісту пилу в атмосфері;
- добових і сезонних змін.

Сонце — це зірка, яка випромінює в простір космосу величезну кількість енергії — десь приблизно $10,5 \cdot 10^6$ кДж/м кв у рік. Не вся сонячна енергія досягає поверхні нашої планети. Деякі автори (Чернова Н.М., Білова О.М., 1986) подають таку схему розподілу сонячної енергії:

СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ

19% поглинається атмосферою	34% відбивається в космічний простір	47% досягає поверхні Землі
-----------------------------	--------------------------------------	----------------------------

З тієї енергії, що доходить до Землі, 2/3 повторно випромінюється й нагріває атмосферу, а 1/3 використовується живими системами планети. Промені атмосфери можуть бути представлені у вигляді шкали, але не всі вони досягають поверхні Землі.

Сонячна енергія, що досягла земної поверхні, в ясний день розподіляється на окремі частини спектру й складається приблизно (за Ю.Одумом, 1986) з таких частин:

- ультрафіолетової — 10%;
- видимої (ФАР) — 45%;
- інфрачервоної — 45%.

Розглянемо дію цих хвиль на живі системи.

2.5.1. Ультрафіолетова частина спектру

Ультрафіолетові промені поділяються на короткохвильові (менше 290 нм) і довгохвильові (290-380 нм) (доцільно пригадати з курсу фізики, що світло має подвійну природу: квантову та хвильову. Нанометр (нм) — величина вимірювання довжини хвилі, $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

Короткохвильові ультрафіолетові промені згубні для всього живого на планеті. Вони поглинаються озоновим екраном, який розташований в атмосфері на висоті 25-27 км.

Останнім часом озоновий шар руйнується. Це одна з глобальних екологічних проблем сучасності. Руйнування озонового шару відбувається внаслідок дії таких факторів: виробництво хлор-, фтор-, галогенопохідних, дезодорантів, фреонів, запуску космічних ракет, штучних супутників Землі, сучасних літаків, природних флуктуацій атмосфери. Руйнування озонового шару дуже небезпечно для живих систем, оскільки короткохвильові промені (у-промені, рентген-промені, короткохвильові

ультрафіолетові промені) мають малу довжину, але несуть дуже велику енергію.

Вплив випромінювання на організм залежить від довжини хвилі та від поглинання цих хвиль тканинами. Якщо енергія кванта не перебільшує 1 еВ (1 еВ = $1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж; це енергія, яку електрон набуває в електромагнітному полі з різницею потенціалів у 1 В), то хімічних змін у властивостях молекул не відбувається, а викликаються коливання, й енергія випромінювання переходить у теплову. Якщо ж енергія кванта світла перебільшує 5 еВ, то протони й електрони вибиваються з молекул і відбувається розрив хімічних зв'язків у молекулах. Утворюються радикали, а це дуже небезпечно для організмів, особливо, якщо зміни відбуваються в молекулах ДНК і РНК.

Довгохвильові ультрафіолетові промені (290-380 нм) у великих дозах шкідливі, в малих — корисні. Вони мають бактерицидну дію, сприяють утворенню в організмі вітаміну Д, стимулюють утворення антоціану; згубно діють на мікоризу.

Так, під впливом УФ-випромінювання (довгого) в шкірі людини утворюється меланін (пігмент), який інтенсивно його поглинає. Цим пояснюється ефект загару.

Нижчі рослини, бактерії, гриби відчутно реагують на вплив УФ-променів, оскільки вони повністю прониклі для них. Кварцеві та ртутні лампи, що випромінюють УФ-промені, виконують аналогічну функцію у лікарнях, під час стерилізації питної води та води в басейнах.

Плоди лимонів, які опромінені УФ-променями, не пошкоджуються грибковими захворюваннями і тому краще зберігаються.

Вищі рослини не мають потреби в отриманні доз УФ-променів для розвитку. Але довгі ультрафіолетові промені стимулюють процес синтезу антоціанових пігментів, а також гальмують ріст стебла.

2.5.2. Вплив видимого випромінювання на організми

Видиме світло, або ФАР (фотосинтетична активна радіація) — це частина спектру сонячного випромінювання в діапазоні від 380 до 700 нм.

Довжина та інтенсивність світла, фотоперіодизм значно впливають на всі живі істоти. Так, у межах цього спектру відбувається велике планетарне явище — фотосинтез.

Різні види рослин по-різному реагують на інтенсивність освітлення. Але для багатьох рослин із збільшенням інтенсивності освітлення інтенсивність фотосинтезу падає.

Інтенсивне освітлення руйнує хлоропласти. У рослин C_4 -шляху фотосинтезу світлове насичення досягається за більш високих значень інтенсивності освітлення.

Видиме світло впливає на ріст, розвиток і розмноження тварин і рослин, на утворення хлорофілу, газообмін, транспірацію, фотоперіодизм у рослин і тварин. Для тварин видиме світло має інформаційне значення. Пригадаємо, що фотосинтез відбувається не у всіх спектрах ФАР, а тільки в червоній і синьо-фіолетовій частинах. У наземних екосистемах якісні характеристики сонячного світла не дуже змінюються, і це не значно впливає на фотосинтез. Але коли світло проходить через воду, то червона й синя частини спектру одфільтровуються, й залишається зелене світло, яке слабо поглинається хлорофілом. Проте червоні водорості, що живуть у морях, мають доповнюючі пігменти (фікобіліни), які дозволяють їм використовувати цю енергію й жити на більшій глибині, ніж зелені водорості.

Фотоперіодизм — це реакція організмів на зміну довжини світлового дня. Він впливає на ріст і цвітіння багатьох рослин, накопичення жиру, міграції й розмноження та на інші процеси.

Фотоперіодизм пов'язаний з широко відомим механізмом біологічного годинника і є універсальним механізмом регулювання функцій за часом.

Представники тваринного світу проявляють чітку залежність від добового циклу. Є тварини денної активності, у яких 75% активності припадає на денні години (багато ссавців, бджоли, денні метелики). До тварин з нічною активністю відносять гризунів, земноводних, деяких лускокрилих, сов та інших. Тварини з цілодобовою активністю — це осетрові, лосось, личинки лускокрилих.

Видиме світло впливає на розмноження організмів. Так, тонконіг потребує світла ще до початку проростання. Насіння його повинно лежати на поверхні ґрунту. Насіння моркви, ялини може проростати без впливу світлових імпульсів.

У птахів відмічено вплив довжини світлового дня на розвиток статевих залоз.

Світло може впливати на поведінку тварин. Наприклад, фототаксис — орієнтація тварин відносно світла. Поліпи мають позитивний фототаксис. Від'ємний фототаксис у планарії, у дощового черв'яка. Довжина дня обумовлює діапаузу комах.

2.5.3. Інфрачервоні промені та їх вплив на живі істоти

Ці промені мають довжину більше ніж 750 нм. На їх долю припадає 45% променевої енергії Сонця. Оком людини вони не сприймаються. До певного часу вважали, що вони не мають біологічної активності. Інфрачервоні промені поділяються на ближні та дальні. Ближні інфрачервоні промені відбиваються й несуть основну частину сонячної енергії. Дальні — сильно поглинаються водою і листям.

Сьогодні відомо, що додання цих променів збільшує фотосинтез, що вони впливають на фотоперіодичні явища в рослин. Тварини

використовують інфрачервоні промені головним чином як джерело теплової енергії.

Що стосується радіохвиль, то невідомо, чи мають вони якесь екологічне значення. Відмічено їх використання перелітними птахами.

2.5.4. Екологічні групи рослин за відношенням до світла

За відношенням до світла рослини поділяються на світлолюбиві (геліофіти) — рослини відкритих місць існування, які постійно й добре освітлюються, та тіньюлюби (сціофіти) — рослини нижніх ярусів лісів, глибоководні рослини, лісові трави. Вони зростають у місцях, де світла мало, погано переносять освітлення прямими сонячними променями. Є ще одна група рослин за відношенням до світла — це тіньовитривалі, тобто факультативні геліофіти. Вони можуть зростати як на світу, так і виносити затінення.

Існують різні шляхи пристосування рослин до освітлення: морфологічні, анатомічні, біохімічні й фізіологічні. Розглянемо їх.

Геліофіти. Світло гальмує ріст. Пагони мають укорочені міжвузля. Листя геліофітів має розсічену пластинку, восковий наліт, густе опушення, велику кількість продихів, густу сітку жилок. Листя фотометричне. Добре розвинута палісадна хлорофілоносна паренхіма. Висока фотосинтетична активність. Багато хлорофілу П 700. Відношення хлорофілу «а» до хлорофілу «b» приблизно 5:1, підвищена концентрація клітинного соку, велика всисна сила.

Сціофіти — постійно перебувають в умовах сильного затінення (мохи, плауни, грушанки, веснівка дволиста, кисличник двостовбчатий та інші). Пагони витягнуті, листя темно-зелене, нерідко добре виражена листова мозаїка. Добре розвинута губчаста паренхіма. Клітини епідермісу великі, але оболонки в них тонкі. Палісадна паренхіма одношарова. Продихів мало, площа жилок менша, ніж у геліофітів. Концентрація клітинного соку менша. Всисна сила менша (порівняно з геліофітами). Інтенсивність фотосинтезу швидко досягає максимуму і при дуже сильному світлі починає падати. Відношення хлорофілу «а» до хлорофілу «b» приблизно 3:2.

Тіньовитривалі (дуб звичайний, липа серцелиста, лісові трави, чагарники, деякі лугові рослини та інші). Листя в цієї групи рослин по периферії крони має структуру, як у геліофітів, а в середині — як у сціофітів.

Відношення до світла в рослин може змінюватись посезонно. Так, листя яглиці, що зростає в дубраві, навесні має світлову структуру, а влітку — тіньову. Змінюється відношення до світла і в онтогенезі. Так, проростки та ювенільні рослини багатьох деревинних порід більш тіньовитривалі, ніж дорослі форми. Деякі рослини, якщо їх перенести в інші кліматичні або

едафічні умови, змінюють своє відношення до освітлення. Так, чорниця в тундрі стає геліофітом.

2.6. Вологість як екологічний фактор.

Вологість — це кількість водяних парів, які містяться в одиниці об'єму повітря за даної температури. Але частіше в екології використовують поняття не «вологість», а «відносна вологість». **Відносна вологість** — це відношення абсолютної вологості до тієї кількості водяних парів, які зможуть наситити даний простір за даної температури, або це відношення дійсної пружності водяних парів до пружності в стані насичення.

Величина, від якої залежить швидкість випаровування води організмами, називається дефіцитом насичення.

$$d = E - e,$$

де d — ненасиченість атмосфери, або дефіцит насичення простору водяними парами; E — пружність парів води, що насичують даний простір; e — пружність парів води в навколишньому просторі за температури поверхні, що випаровує.

Залежність інтенсивності випаровування від умов середовища описується рівнянням Дальтона

$$V = K(E - e) \cdot \frac{760}{p}, \quad (4)$$

де V — інтенсивність випаровування або кількість води, що випаровується з одиниці поверхні;

K — коефіцієнт дифузії;

$(E - e)$ — ненасиченість атмосфери парами води;

p — тиск на момент досліду.

2.6.1. Властивості води.

Унікальні властивості води визначаються здебільшого її структурою, а саме дипольністю її молекули (рис. 4).

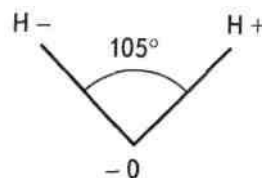


Рис. 4. Дипольний характер молекули води

Когезія — це здатність молекул води зчіплюватись одна з одною. Цим пояснюється поверхнєве натягіння. Завдяки цьому клоп-водомирка ковзає по поверхні води.

Адгезія — здатність молекул води зчіплюватись із молекулами інших речовин. Цим пояснюється підйом води по тонких капілярах, судинах рослин, по паперу, тканині.

Вода — дуже добрий розчинник, це середовище, в якому відбувається велика кількість біохімічних процесів. Але деякі речовини не розчиняються у воді.

Вода має високу теплопровідність — здатність теплоти швидко розповсюджуватись у речовині. У живих істотах постійно відбувається виділення тепла, але локального перегріву немає.

У води висока температура кипіння, тобто потрібно багато енергії, щоб відірвати одну молекулу води від іншої. Тому, випаровуючись, вода охолоджує тіло, оскільки разом з водою уходить і тепло.

Вода має максимальну густину (1 г/см куб) при температурі +4°C. Лід має меншу густину, тому плаває на поверхні, а під ним розміщується вода з більшою густиною, яка підтримує життя істот, тобто шар льоду захищає живі організми.

Під час охолодження вода розширюється. У кристалах льоду відстань між молекулами води більша, ніж у воді в рідкому стані. Тому вода може пошкоджувати структури клітин, наприклад мембран.

У живій матерії вода — найбільш розповсюджена неорганічна речовина. Людина на 60—65% від маси тіла складається з води. Протоплазма багатьох рослин містить від 85 до 90% води. Гриби складаються на 80% з води, медузи — на 98%, водорості — на 96—98%, кишковопорожнинні — на 84%, земноводні — на 93% (Ю.Одум, 1986). У живих клітинах вода зустрічається у двох формах: вільна й зв'язана.

Гідросфера займає 3/4 поверхні земної кулі. 97% води на планеті — це солоня вода і 3% — прісна. Джерелами прісної води є: вода атмосфери, льодовики, ґрунтові води, озера, річки, болота. Форми вологи на суші: град, сніг, дощ, роса.

Стосовно ролі води в житті організмів, то еволюція тварин і рослин проходила в двох напрямках: перший — пойкилогідрізм, другий — гомойогідрізм.

Пойкілогідричні рослини мають непостійний вміст води, який значно залежить від вологості навколишнього середовища. Вони не здатні регулювати транспірацію, легко й швидко втрачають і поглинають воду. За відсутності води перебувають у стані анабіозу. Зустрічаються там, де короткі періоди зволоження чергуються з довготривалими періодами посухи. Це синьо-зелені водорості, всі відділи еукаріотичних водоростей (зелені, червоні, діатомові, бурі та ін.), більшість грибів, лишайники, мохи, деякі види вищих рослин. У їх клітинах немає центральної великої вакуолі, і під час зневожування вони рівномірно стискаються, не порушуючи структури мембран.

Гомойогідричні рослини здатні підтримувати відносну сталість кількості води в клітинах. Це більшість вищих наземних рослин. Вони мають велику центральну вакуоль, пагони, вкриті епідермісом з трихомами й кутикулою; транспірація регулюється про-дихами; мають добре розвинену кореневу систему. Проте здатність гомойогідричних рослин регулювати свій водний обмін різна. Серед них виділяють різні екологічні групи за відношенням до вологи: гідатофіти, гідрофіти, гігрофіти, мезофіти та ксерофіти. Останні поділяються, в свою чергу, на сукуленти й склерофіти.

2.6.2. Водозабезпечення й витрати вологи у рослин.

Нижчі рослини поглинають вологу всією поверхнею. Вони містять води в 10 і більше разів вище, ніж в сухому стані (лишайники, сфангові мохи).

Вищі рослини поглинають воду: усією поверхнею тіла, повітряними коренями, піхвою листя, кореневою системою з ґрунту.

Вода в ґрунті може бути:

- 1) гравітаційною (рухома, заповнює широкі проміжки між частками ґрунту й утримується силами гравітації; вона добре засвоюється рослинами);
- 2) капілярною (заповнює тонкі проміжки між частками ґрунту; утримується капілярними силами зчеплення; доступна для рослин);
- 3) зв'язаною частково, недоступна для рослин.

Поглинання води рослиною відбувається в зоні корневих волосків.

В основі цього механізму лежить явище осмосу. Поглинання води залежить від температури, рН ґрунту, вмісту солі в ґрунті та інших причин.

Транспорт води в рослині може бути ближній — від клітини до клітини та дальній — по ксилемних шляхах.

Шляхи, якими втрачається волога в рослині, такі: транспірація (продихова, кутикулярна, перидермальна), гутація. Швидкість транспірації залежить від вологості, а точніше, від дефіциту вологості ($F - e$).

Чим більша відносна вологість, тим менша транспірація. У тропічних лісах вологість велика, а транспірація все рівно йде, оскільки градієнт пружності водяних парів високий. Градієнт пружності виникає тоді, коли в поверхні, що випаровує, вміст води більший, ніж на деякій відстані від неї. Якщо поверхня, що випаровує, тепліша від повітря і добре зволожена водою, то виникає градієнт пружності.

2.6.3. Характеристика екологічних груп рослин за відношенням до вологи.

Гідатофіти — водні рослини, які повністю занурені у воду. Це водорості й вищі водні рослини (елодея канадська, рдести, валіснерія спіральна та інші). Якщо їх витягти з води, то вони швидко висихають і гинуть. Ці рослини мають такі ознаки: продихи редуковані, немає

кутикули, відсутня диференціація мезофілу, листя найчастіше розсічене; погано розвинуті механічні тканини, коренева система; добре розвинута аеренхіма; осмотичний тиск клітинного соку низький.

Гідрофіти — рослини, які частково занурені у воду (рогоз вузьколистий, очерет звичайний, калюжниця болотна, частуха подорожникова, сусак зонтичний, стрілиця стрілолиста). У цих рослинах краще розвинуті провідна й механічні тканини, добре представлена аеренхіма; листя за сильної інсоляції мають іншу структуру: епідерміс має продихи; інтенсивність транспірації невелика.

Гігрофіти — наземні рослини, що зростають в умовах підвищеної вологості ґрунту і повітря. Листя у них покриті тонкою кутикулою, продихів мало, міжклітинники великі; осмотичний тиск клітинного соку низький; транспірація мало відрізняється від фізичного випаровування; рослини погано утримують воду (мохи, плавуни, папороті та ін.).

Мезофіти — рослини, що зростають у помірно зволжених місцях існування. Здатність переносити ґрунтову і атмосферну посуху обмежена; добре розвинута коренева система (рослини луків, лісів, бур'яни, культурні рослини). Особливе місце серед мезофітів займають ефемери й ефемероїди. Вони мають такі ознаки: дуже короткий вегетаційний період, не більше 4-6 тижнів; довгий період спокою у вигляді насіння, цибулин, бульб, кореневищ.

Ксерофіти — рослини, що зростають у місцях з недостатньою вологістю й мають пристосування до перенесення посухи. Можуть запасати вологу в листі і стеблах. Добре регулюють водний обмін, тому навіть під час довгої посухи залишаються в активному стані. Ця група рослин поділяється на сукуленти і склерофіти. У **склерофітів** добре розвинута коренева система (підземна маса більша від наземної у 9-10 разів). Вона екстенсивного типу. Ця група рослин має добре розвинену провідну систему (багато жилок), добре розвинені покривні й механічні тканини (наявність товстої кутикули, тріхом), продихи глибоко занурені в епідерміс; вони мають підвищений осмотичний тиск клітинного соку.

Щодо **сукулентів**, то коренева система в них розвинена погано, вони навіть можуть загинути в сильну посуху. Ці рослини накопичують велику кількість води, тканини обводнені на 95-98%, у клітинах багато зв'язаної води. Транспірація в них дуже мала. Це призводить до сильного перегріву рослин. Фотосинтез іде за типом С₃-метаболізму, тому ріст і накопичення маси незначні.

2.6.4. Шляхи надходження й витрат вологи у тварин.

Джерелами води в тварин є надходження її через травний тракт у видів, що п'ють воду; використання води, що міститься у продуктах їжі (гризуни, антилопи, американський кенгуровий пацюк); проникнення води через шкіряні покриви (жаби, комахи тощо);

використання метаболічної води, яка утворюється під час окислення жирів (верблюди, гризуни, комахи).

Втрата води відбувається з випаровуванням через шкіряні покриви, з диханням, з сечею та екскрементами.

Засоби регуляції водного обміну можуть бути такими: етологічні, морфологічні (черепашки, хітин комах, ороговілі покриви плазунів), фізіологічні (здатність до утворення метаболічної води, економія води під час утворення сечі, екскрементів, Мальпігієві судини у комах, потовиділення).

Вологість впливає на тривалість життя й швидкість розвитку багатьох тварин (у жаб тривалість життя зростає із збільшенням відносної вологості); на спарювання (в самок нічних метеликів при вологості повітря 80% не відбувається копуляція); на поведінку (при відносній вологості повітря 40% і меншій комарі перестають нападати на теплокровних тварин).

2.7. Клімат.

Два абіотичних фактори — температура й кількість опадів — визначають розміщення на планеті основних наземних біомів. Режим температури й опадів на деякій території протягом достатньо тривалого часу ми називаємо **кліматом**. Клімат у різних районах земної кулі різний. Річна сума опадів змінюється практично від 0 до 2500 мм і більше. Середньорічна температура також варіює від від'ємних величин до +50°C. Температури бувають або майже постійні протягом усього року (поблизу екватора), або змінюються за сезонами і навіть протягом доби. Зв'язок між режимом опадів й температурою може бути різним.

Специфіка кліматичних умов обумовлює розвиток того чи іншого біому. Волога — основний фактор, який визначає розподіл екосистем на ліси, степи, пустелі. У місцях з кількістю опадів вище 750 мм/рік розвиваються ліси, від 250 до 750 мм/рік — злакові степи, а там, де їх ще менше, — кактуси та інші рослини пустель і напівпустель.

Температура теж має велике значення для визначення характеру екосистем. Проте, за винятком дуже холодних регіонів, які зайняті тундрою або полярними льодовиками, цей фактор має другорядне значення. Так, при кількості опадів 750 мм/рік і більше розвиваються лісові угруповання, а температура тільки обумовлює, який тип лісу буде формуватись у даному регіоні, а саме: хвойні, листяні, вічнозелені.

Дія інших біотичних факторів, таких, як рельєф, вітер, тип ґрунту, проявляється опосередковано — через температуру й вологість. Ось чому на невеликій ділянці земної поверхні кліматичні умови можуть суттєво відрізнитись від середніх для даного регіону в цілому. Такі локальні умови називаються **мікрокліматом**. Саме завдяки мікроклімату в межах біома можуть бути дуже різноманітні екосистеми.

Різноманітність екосистем визначається й особливостями ґрунтів, а від них залежить доступність вологи.

У ряді випадків у ролі головних лімітуючих факторів виступають не тільки температура й вологість, але й деякі інші абіотичні параметри середовища. Наприклад, високу засоленість ґрунту витримує відносно невелика кількість рослин. Внаслідок цього тут розвиваються унікальні угруповання галофітів (рослин, що полюбляють сіль).

Кислотність ґрунту (рН) або лужність відіграють роль лімітуючих факторів. Це особливо важливо у зв'язку з проблемою кислотних дощів. Слід пам'ятати, що ні один з діючих факторів не діє самотійно. Кінцевий результат — це завжди результат дії багатьох абіотичних факторів.

2.8. Температура як екологічний фактор.

Терміни «теплота» й «температура» мають різне значення.

Теплота — це міра енергії, що міститься в даній речовині.

Температура — це міра швидкості руху молекули атомів у системі.

За даної температури молекули різних речовин (дерево, папір) мають однакову кінетичну енергію, але при цьому вони можуть мати різну кількість теплової енергії (залежно від густини, молярної маси).

Наприклад: 1 м куб H_2O і 1 м куб повітря містять різну кількість тепла. Так, 1 м куб H_2O має в 500 разів більше тепла, ніж 1 м куб повітря, оскільки число молекул в цьому об'ємі у 500 разів більше.

Однією з особливостей біологічних систем є їх розвиток як якісний, так і кількісний. Час, протягом якого відбувається розвиток біологічного процесу, залежить від температури, оскільки температура впливає на швидкість хімічних реакцій.

Існує **концепція швидкості** біологічних процесів. В основі цієї концепції лежить правило Вант-Гоффа (1884 р.), або правило Q_{10} . Воно говорить, що при збільшенні температури на $10^\circ C$ швидкість хімічних реакцій збільшується в 2-3 рази.

2.8.1. Джерела тепла для організмів.

Основні джерела тепла для організмів на Землі:

- пряме сонячне випромінювання (інфрачервоні промені здійснюють тепловий ефект);
- тепло ґрунту, повітря й води;
- органічні залишки, що розкладаються під впливом бактеріальної ферментації (силос, компост);
- енергія окислювальних процесів (дисиміляція) органічних речовин.

Рослини й тварини дихають, під час дихання виділяється енергія. Суть цього процесу полягає в тому, що органічна речовина приєднує кисень, в результаті виділяється H_2O , CO_2 й енергія (38 АТФ). Одна молекула АТФ дає 30,6 кДж. Аеробне дихання йде в три етапи: гліколіз,

цикл Кребса, електронно-транспортний ланцюг (останній етап здійснюється в мітохондріях). Утворення цієї енергії пояснюється хеміосматичною теорією Мітчела.

2.8.2. Типи теплообміну в організмів.

Усі живі організми планети за відношенням до температури можна віднести до трьох груп:

Пойкілотерні організми — організми, температура тіла яких залежить від температури навколишнього середовища. Це рослини, мікроорганізми, гриби, найпростіші, членистоногі, риби, земноводні, плазуни.

Гомойотерні організми — організми, температура тіла яких не залежить від температури навколишнього середовища. Ці організми підтримують свою температуру тіла на сталому рівні (птахи, ссавці).

Гетеротермні організми — різновидність гомойотермії. У несприятливий період ці організми впадають у сплячку, оціпеніння. У них гальмується обмін речовин. Це їжаки, ховрах, колібрі, сови, клоачні, кажани.

2.8.3. Температурні межі існування організмів.

У свій час Ф. Енгельс писав, що життя — це спосіб існування білкових тіл, суттєвим моментом якого є обмін речовин. Обмін речовин — це безліч хімічних реакцій, швидкість яких залежить від температури організму, оскільки температура відбиває середню кінетичну швидкість атомів молекул.

Межі існування життя — це температура, за якої можлива нормальна будова та функціонування білків. У середньому це інтервал від 0 до +50°C. Ці температури збігаються з нормальним ходом процесів обміну білкових речовин. Але деякі живі системи можуть існувати й за екстремальних температур. У лабораторних умовах бактерії можуть витримувати деякий час нагрівання до +180°C. Насіння, пилок, спори, нематоди, цисти найпростіших після зневоднення можуть переносити температуру близьку до абсолютного нуля (до -273°C). При цьому організми повертаються в нормальний стан, якщо не порушується структура їх молекул.

У природних умовах високі температури спостерігаються в тропічному поясі: Лівія, Мексика, Каліфорнія: +57, +58°C. Рослини можуть нагріватися до +50°C. В гейзерах, де температура води +92 — +95°C, можуть існувати колонії бактерій.

На планеті зустрічаються організми, які можуть виносити широкі коливання температур (мають велику екологічну валентність) — евритермні організми. Вони переносять коливання температури до 60, а інколи до 90°C. Прикладом таких організмів можуть бути рослини помірного й холодного кліматів, а також червононогі моллюски, деякі

панцирні кліщі, жаба звичайна (зустрічається від 65° північної широти до північної Африки). Тигри в Азії зустрічаються в тропічних джунглях Індії та в Уссурійському краї.

Стенотермні види мають невелику екологічну валентність до температури, вузьку амплітуду коливань. Це дощові тропічні ліси; кріофільні зелені й діатомові водорості; апендикулярії, сифонофори, деякі ектопаразити ссавців і птахів.

Для кожного виду можна виділити нижню летальну (загибель від холоду) і верхню летальну (загибель від жару), а також мінімальну й максимальну ефективні температури. Крім того, розрізняють такі види організмів: мегатермні — пристосовані до високих температур; мікротермні — пристосовані до низьких температур.

2.8.4. Специфіка теплового обміну в рослин.

Рослини — пойкилотермні організми, оскільки їх температура урівноважується з температурою навколишнього середовища. Проте ця відповідність неповна. Температура надземних частин рослин може суттєво відрізнятись від температури навколишнього повітря внаслідок енергообміну з навколишнім середовищем (рис. 5).

За високої температури транспірація не врівноважує температуру пагона й температуру повітря. Температура пагона може бути на 10°-20°C вище від температури повітря.

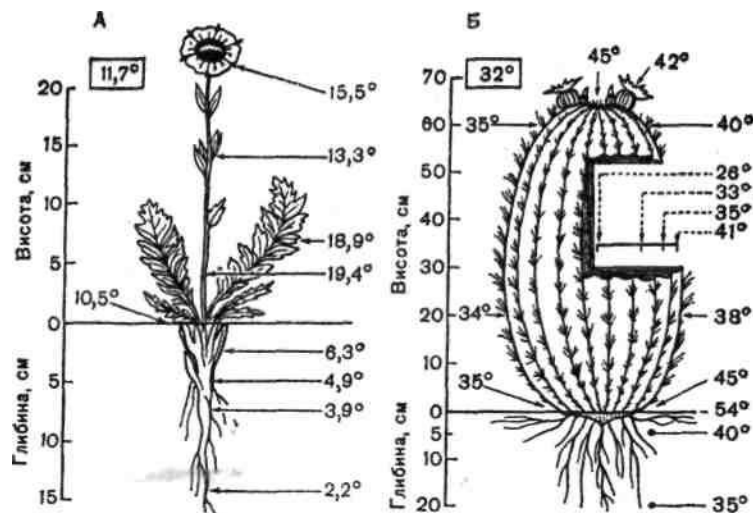


Рис. 5. Температура різних органів рослин (°C) (за Н.М. Черновою, О.М.Биловою, 1986):

А — розеткова рослина арктичної тундри *Novosieversia glacialis* (за Б.А. Тихомировим, 1963); Б — кактус *Ferocactus wislizenii* (за В. Лархером, 1978)

Сукуленти — поганий теплообмінник. Температура їх тіла перевищує на 20°C температуру повітря. Частини одного і того ж органа

можуть мати різні температури. Наприклад, край і верхівка листка мають більш низькі температури, там утворюється роса. Ось чому листки найбільш часто обмерзають з країв під час зниження температури повітря. Дуже низькі й дуже високі температури ті, що виходять за *min* і за *max*, шкодять життєвим функціям і обмежують розповсюдження виду, призводять до його смерті. Під час збільшення температури руйнуються ферменти, змінюється стереохімічна специфічність макромолекул (третинна, четвертинна структура білків) і будова нуклеїнових кислот, відбуваються зміни в організації мембран; іде інактивація та денатурація білків, утворюються отруйні продукти розпаду, які не знешкоджуються в ході обміну речовин, порушується проникливість мембран і припиняється відтік асимілятів.

Під час зниження температури уповільнюється обмін речовин, і стає неможливим здійснення основних життєвих функцій. За температури до +5 — +8°C листя тропічних лісів пошкоджується і відмирає. Причина: порушення обміну речовин, проникливості мембран і припинення току асимілятів.

Загибель від замерзання. Рослини можуть пошкоджуватись за температури нижче нуля внаслідок утворення льоду в тканинах. Відомо, що протопласт багатий на воду. У середині клітин утворюються льодяні кристалики, але найчастіше лід утворюється в міжклітинниках. І тоді він, як сухе повітря, притягує до себе воду. Під час зниження температури відбувається інактивація ферментів, які беруть участь у синтезі АТФ і в процесах фотофосфорелювання, відбувається денатурація білків.

2.8.5. Шляхи регуляції теплообміну в рослин.

У рослин виділяють такі шляхи регуляції теплообміну:

1. Морфологічний шлях: опушеність (наявність трихом); глянцеуватість; видозмінення листя; подушечні рослини (бруньки ближче притиснуті до землі й краще захищені від низьких температур); хвойні, що мають потовщену кору, яка дозволяє їм до певної міри витримувати лісову пожежу.

2. Біохімічний шлях: зменшується або збільшується активність ферментів, швидкість хімічних реакцій, обмін речовин.

3. Фізіологічний шлях: транспірація (при інтенсивній транспірації вода швидко випаровується, температура знижується на 4-6 і навіть 10-15°C); уповільнене утворення льоду в тканинах внаслідок підвищення концентрації клітинного соку та за рахунок здатності води до переохолодження (за умови зниження температури нижче 0°C лід не утворюється, раптово відбувається підвищення температури, оскільки під час кристалізації льоду звільнюється теплота).

Рослини стосовно до умов крайнього дефіциту тепла поділяються на такі екологічні групи:

1. **Теплолюбиві** — сильно пошкоджуються за низьких позитивних температур (вище 0°C до +8°C). Причини: порушення обміну нуклеїнових кислот, порушення проникливості мембран, припинення відтоку асимілятів. Приклад: тропічні ліси, деякі водорості, деякі гриби.

2. **Холодостійкі** — переносять низькі температури, але гинуть, як тільки в тканинах утворюється льод. У цих рослин концентрація речовин у клітинному соку підвищується. Це знижує поріг замерзання. До -5°C — -7°C лід не утворюється. Ці рослини здатні переносити короточасні заморозки. Приклад: субтропічні та середземноморські ліси.

3. **Морозостійкі** (льодостійкі). У холодну пору року ці рослини переносять позаклітинне замерзання води й зневоднення. У них до кінця вегетаційного періоду відбувається накопичення вуглеводів, амінокислот, гідрофільних білків, солей. Це знижує температуру замерзання, оскільки зв'язується вода.

Стійкість різних органів рослин до низьких температур різна. Найбільш чутливі до холоду репродуктивні органи, на другому місці за сприятливістю до холоду стоять підземні органи й коренева шийка. Найбільш стійкі до холоду з вегетативних органів — пагін, з тканин — камбій.

Рослини не тільки різних видів, але й навіть особини одного виду мають різну стійкість до холоду та жару. Це є основою для селекції.

2.8.6. Специфіка температурного обміну в тварин.

Тварини мають високу ступінь метаболізму. Це потребує багато кисню. У процесі дихання виділяється енергія. На відміну від рослин тварини мають мускулатуру. Вони виробляють багато власного внутрішнього тепла.

Під час скорочення м'язів звільнюється багато енергії, більше, ніж під час функціонування інших тканин. Тварини порівняно з рослинами мають більш різноманітні можливості регулювати температуру свого тіла. На відміну від рослин у тварин спостерігаються три типи теплообміну:

- пойкилотермія (холоднокровні);
- гомойотермія (теплокровні);
- гетеротермія (проміжний тип): у активному стані підтримується відносно стала температура, в неактивному — температура тіла мало відрізняється від температури навколишнього середовища.

2.8.7. Ефективні температури для розвитку пойкилотермних тварин.

У пойкилотермних тварин і рослин швидкість росту й розвитку залежить від температури.

Наприклад: розвиток ікри форелі починається при температурі 0°C. За температури +2°C на розвиток ікри піде 205 днів; за +5°C — 82 дні; за +10°C — 41 день. Якщо помножити температуру на кількість днів, то ми отримаємо одну і ту ж величину — 410:

$$2 \cdot 205 = 410,$$

$$5 \cdot 82 = 410,$$

$$10 \cdot 41 = 410.$$

Позначимо через С температуру, нижче якої швидкість розвитку дорівнює нулю. Це поріг розвитку. Т — температура навколишнього середовища; N — число днів або годин з температурою, що перевищує поріг розвитку; S — константа або сума ефективних температур:

$$S = (T - C) \cdot N.$$

Під ефективною температурою розуміють різницю між температурою навколишнього середовища й порогом розвитку. Для того, щоб організм здійснив свій розвиток, йому необхідно отримати певну кількість тепла, певну суму ефективних температур.

Знаючи формулу, можна передбачити число поколінь, що утворюються залежно від температури, а також прогнозувати появу окремої фази або число генерацій якогось виду. Для колорадського жука нулем розвитку є температура +12°C. За температури навколишнього середовища +25°C розвиток від яйця до дорослої форми продовжується 14-15 днів, а за температури +30°C — 5,5 днів. За температури +33°C розвиток зупиняється. Температурним порогом для початку вегетації в рослин помірної зони є середньодобова температура +5°C; для культурних рослин — +10°C; для теплолюбивих рослин — +15°C. Так, мати-й-мачуха зацвітає під Санкт-Петербургом при сумі ефективних температур 77°C, а карагана деревовидна — при 700°C

2.8.8. Шляхи регуляції температури тіла в тварин.

Хімічна терморегуляція в тварин (табл. 1) здійснюється рефлекторним шляхом і зумовлена проходженням інтенсивних окислювально-відновних реакцій. Зміна температури сприймається рецепторами, від яких подразнення передається в центральну нервову систему. Величина тепловіддачі пов'язана з кількістю кисню, що поглинається.

Таблиця 1. Екологічні переваги пойкилотермії та гомойотермії

Тип терморегуляції	Шляхи терморегуляції		
	Хімічний	Фізичний	Етологічний
ПОЙКЛОТЕРМІЯ Екологічні вигоди: висока холодостійкість; за високої температури відсутня транспірація.	Погано розвинутий. Особини нагрівають своє тіло за рахунок м'язових скорочень.	Слабо розвинутий.	Дуже добре розвинутий
ГОМОЙОТЕРМІЯ Екологічні вигоди: комплекс терморегуляційних засобів	Дуже добре розвинутий за рахунок окислювально-відновних процесів. Але для тварин, що мешкають за полярним колом, цей шлях екологічно недоцільний.	Добре розвинутий. Для тварин півночі екологічно доцільний (жировий шар, пір'я, волосяний покрив).	Добре розвинутий.

Фізична терморегуляція — це здатність стримувати або розсіювати тепло. Вона зумовлена морфологічними й фізіологічними особливостями будови організму, а саме: забарвленням, волосяним покривом, покривом з пір'я, жировими, потовими залозами, особливостями будови кровоносної системи.

Етологічні адаптації. Для багатьох тварин поведінка є єдиним і дуже ефективним засобом підтримання теплового балансу. Наприклад: клопи-солдатики збираються в пошуках тепла на ділянках, добре прогрітих сонцем; тварини ховаються від холоду або спеки. Рудий мурашка затикає на ніч вхідний отвір у своєму гнізді сосновими голками. При цьому температура гнізда підтримується на рівні +23-29°C.

2.9. Екологічні правила Бергмана й Аллена.

Деякі морфологічні адаптації увійшли в ранг екологічних правил. Вони носять статистичний характер і звичайно мають винятки.

Правило Бергмана. Якщо два систематично близьких види теплокровних тварин відрізняються розмірами, то більш великі мешкають у більш холодному, а малі — в більш тепломум кліматі. Оскільки втрата тепла відбувається через поверхню тіла, то чим більша за розмірами тіла тварина, тим менше відношення — **поверхня/об'єм**.

У геометричних фігур, що мають однаковий об'єм, найменшу поверхню має куля. Тваринам вигідно мати масивне тіло, що наближається до кулі. Наприклад: найбільші за розмірами пінгвіни (імператорський пінгвін, висота 1,2 м, вага 34 кг) мешкають в Антарктиді. Найменший, 50 см заввишки, мешкає на Галапагоських островах під самим екватором. Правило Бергмана має винятки, якщо види різняться іншими пристосуваннями до терморегуляції.

Правило Аллена. У ссавців, що мешкають в районах з холодним кліматом, спостерігається значне зменшення частин тіла, що виступають (вуха, хвіст, шия, лапи; тіло стає більш приземкуватим). Наприклад: порівняйте за зовнішнім виглядом лисичку — Фенька (мешкає в пустелях і напівпустелях), руду лисицю (мешкає в наших широтах) та песця (мешкає на півночі). Песець має більш короткі вуха, лапи, хвіст.

2.10. Біотичні фактори

Ключові слова: внутрішньовидові й міжвидові стосунки, конкуренція, паразитизм, хижацтво, аменсалізм, коменсалізм, симбіоз, мутуалізм, екологічна ніша.

Розглянемо деякі поняття. **Біотичні фактори** — сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших. Так, хижаки впливають на чисельність жертв, а паразити — на чисельність хазяїв.

Біотичне середовище — це безпосереднє живе оточення організму. Для кожного виду біотичне середовище має свій визначений видовий склад, який утворює угруповання.

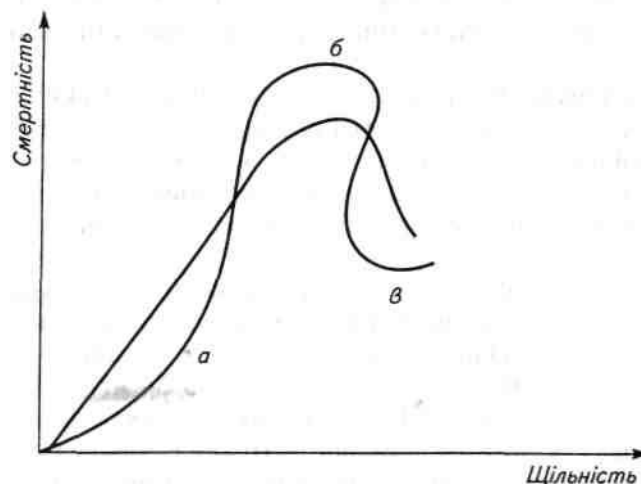


Рис. 6. Залежність особин, що вижили, від щільності:
а — кількість особин, що вижили, не залежить від щільності; б — кількість особин, що вижили, залежить від щільності; в — кількість особин, що вижили, дуже залежить від щільності

Усі біотичні зв'язки між організмами можна поділити на дві великі групи:

- внутрішньовидові стосунки;
- міжвидові стосунки.

Внутрішньовидові стосунки — різні типи відношень, що складаються між особинами одного виду. Одним з них є **внутрішньовидова конкуренція**. Це суперництво між особинами одного виду за життєво важливі ресурси. Конкуренція між особинами одного виду може зменшувати виживаємість і плодючість тварин, вона тим сильніша,

чим більша щільність (рис. 6). Конкуруючі особини не рівноцінні, оскільки мають різний генотип. Така взаємодія асиметрична.

Може бути інша ситуація, коли чисельність особин, що вижили, досягає постійного рівня й тримається на цьому рівні незалежно від щільності (рис. 7).

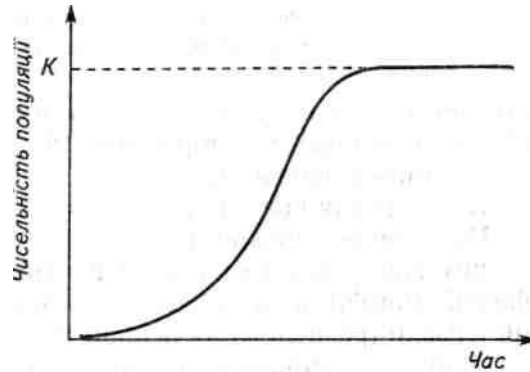


Рис. 7. S-подібний ріст чисельності популяції

Внутрішньовидова конкуренція може регулювати чисельність популяції (рис. 8).

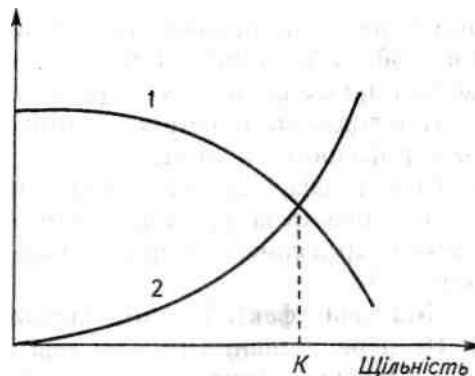


Рис. 8. Залежність між смертністю, народжуваністю й щільністю популяції
1 — питома народжуваність; 2 — питома смертність; K — щільність популяції, за якої смертність і народжуваність перебувають у рівновазі.

За щільності більше K смертність зростає, за щільності менше зростає народжуваність.

Внутрішньовидова конкуренція може сприяти збільшенню пристосованості організмів за рахунок збільшення різноманіття ресурсів, які використовує популяція. З'являються особини, які використовують неоптимальну територію (рис. 9).

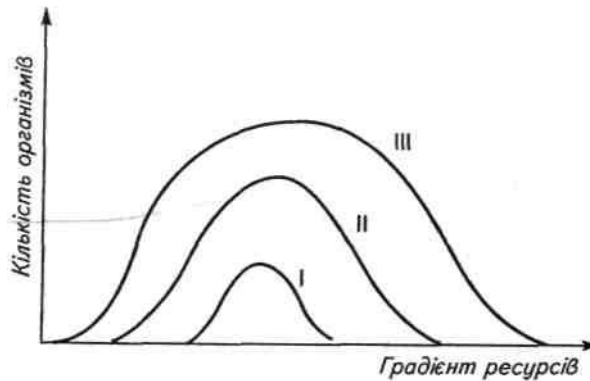


Рис. 9. Зростання градієнта ресурсів в залежності від щільності популяції
 I — низька щільність; II — середня щільність; III — висока щільність.

Внутрішньовидова конкуренція може проявлятися у територіальній поведінці, що збільшує шанси вижити, а також соціальній ієрархії (розподілення особин на домінуючі та підлеглі).

Одним з розповсюджених видів внутрішньовидової взаємодії є ефект групи та масовий ефект.

Ефект групи — це оптимізація фізіологічних процесів, яка веде до підвищення життєздатності під час об'єднання тварин одного виду в групи. Він проявляється як психофізіологічна реакція окремої особини на присутність інших особин свого виду. Спостерігається прискорення темпів росту тварин, підвищення їх плодючості, швидке виникнення умовних рефлексів, збільшення середньої тривалості життя індивідуума. Поза групою в деяких тварин навіть не реалізується плодючість. Наприклад, голуби деяких порід не відкладають яйця, якщо не бачать інших птахів. Досить поставити перед самкою дзеркало, щоб вона почала яйцекладку (Чернова, 1986).

Масовий ефект. Термін «масовий ефект» запропонував Грассі. Це перенаселення середовища існування особинами одного виду. Масовий ефект має негативні наслідки для тварин. Досліди Т.Парка на малому борошняному хрущаківі показали, що існує щільність популяції, за якою число яєць, які відкладає самка, досягає максимуму. А далі плодючість зменшується. У борошні накопичуються екскременти, токсичні виділення. Збільшується термін личиночної стадії. Може з'явитись канібалізм. Це і є прояв масового ефекту. Р. Чепман (США) назвав його ефектом самообмеження.

2.10.1. Міжвидові взаємовідносини.

Міжвидові відносини — це взаємодія між різними видами. Взаємодію двох видів теоретично можна виразити у вигляді таких комбінацій символів: 0 0, --, ++, +0, +-, -+, - 0. Три з них (++ , -- та +-), в свою чергу, найчастіше

підрозділяються. Тоді загальна кількість типів взаємовідносин — дев'ять. Характеристика цих типів наведена в табл. 2.

Таблиця 2. Аналіз взаємодії популяцій двох видів (за Ю.Одумом, 1986)

Тип взаємодії	Види		Характер взаємодії
	1	2	
1. Нейтралізм	0	0	Види не впливають один на одного
2. Конкуренція, безпосередня взаємодія	—	—	Пряме взаємне пригнічення обох видів
3. Конкуренція, взаємодія через ресурс	—	—	Непряме пригнічення за дефіциту загального ресурсу
4. Аменсалізм	—	0	Популяція 2 пригнічує популяцію 1, але сама не відчуває негативного впливу
5. Паразитизм	+	—	Популяція паразита (1) пригнічує життєдіяльність хазяїна (2)
6. Хижацтво (та поїдання рослин)	+	—	Особини хижаків (1) знищують особини жертви (2)
7. Коменсалізм	+	0	Популяція 1 (коменсал) отримує їжу або сховище від популяції 2, не завдаючи їй шкоди
8. Протокооперація	+	+	Взаємодія корисна для обох видів, але не обов'язкова
9. Мутуалізм	+	+	Взаємодія корисна для обох видів і обов'язкова

Зупинимось тепер на характеристиці кожного типу взаємодій.

Конкуренція — виникає між особинами двох або більше видів, коли вони використовують спільні ресурси. Питання конкуренції є центральним у сучасній екології. Досліджувати конкуренцію в польових умовах дуже важко, тому ця тема залишається маловивченою.

2.10.1.1. Загальна характеристика конкуруючих видів.

Під час конкуренції спостерігається зниження чисельності або плодючості видів.

Конкуренція близьких за родом видів може приводити до виключення одного виду іншим. Тенденція до екологічного розподілу, яка спостерігається між близькими за родом видами, відома як принцип конкурентного виключення Гаузе.

Російський вчений-біолог Г.Ф.Гаузе у 30 роках ХХ сторіччя вивчав співіснування двох видів інфузорій (*Paramecium caudata*, *P. aurelia*). Кожний з видів, уміщених окремо в пробірки з сінним настоем, успішно розмножувався, досягаючи певного рівня чисельності. Якщо обидва види зі схожим характером живлення вміщували разом, то спочатку спостерігалось зростання чисельності кожного з них, а потім кількість Р.

caudata поступово скорочувалась, і вони зникали з настою, тоді як кількість *P. aurelia* лишалась постійною (рис. 10).

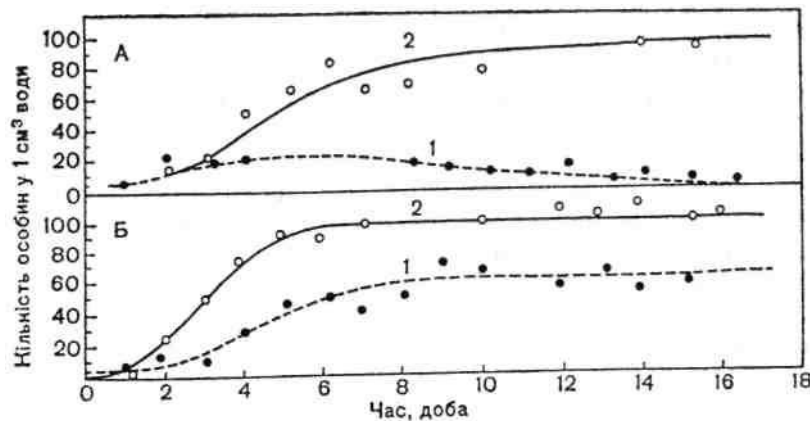


Рис. 10. Зростання чисельності інфузорій у змішаній та роздільній культурах (за Н.М. Черновою, О.М. Біловою, 1986)

Схожі результати були отримані на дрозофілах та на лабораторних культурах борошняних хрущаків. Результати експериментів привели до висновку, який Г.Ф.Гаузе назвав правилом, або принципом конкурентного виключення. Г.Ф.Гаузе (1934) говорить, що два види з подібними екологічними вимогами не можуть тривалий час займати спільну екологічну нішу.

Принцип конкурентного виключення отримав широке визнання. Він має як теоретичні (модель Лотка-Вольтерра), так і практичні докази. Так, відомо, що до 1962 року на Галапагоських островах мешкали велетенські черепахи. Моряки завезли туди кіз. Черепахи й кози мали спільне відношення до ресурсів існування. З часом черепахи, як менш конкурентно здатний вид, покинули ці острови, а кози залишились. Це приклад дії принципу конкурентного виключення (Кемп, Армс, 1988).

Бувають випадки, коли принцип Г. Ф. Гаузе не діє. При цьому конкуруючі види можуть співіснувати, але вони по-різному використовують середовище існування, наприклад *морські жолуді*, що мешкають на літоралі. Або в дослідях Г. Ф. Гаузе *P. aurelia* і *P. barsaria* існували в одній пробірці. Один вид не виключав інший, оскільки один мешкав на дні пробірки, а інший — у товщі сінного настою. Другий приклад: баклан великий і баклан хохлатий мешкають на одній водній поверхні. Це відбувається тому, що один живиться придонною рибою, а другий (баклан великий) використовує в їжу 80% оселедцеподібних (планктонна риба). Третій приклад: чотири види медоносних бджіл мешкають в одному місці, але в них різна довжина хоботка, і нектар вони беруть з різних рослин. У всіх наведених прикладах конкуруючі види співіснують і не виключають один одного. Це пояснюється диференціацією реалізованих екологічних ніш. У цьому випадку екологи сказали б, що види займають різні екологічні ніші.

Термін «екологічна ніша» був введений у 1917 році Гринелом (Одум, 1989). За Гринелом, це функціональна роль і положення організму в угрупованні. Він вважав, що екологічна ніша — поведінкова одиниця. Концепція екологічної ніші з часом розвивалась. Сьогодні це одна з головних концепцій сучасної екології. У 1927 році англійський еколог Елтон (Дажо, 1975) розглядає екологічну нішу як місце організму в біотичному середовищі, його ставлення до їжі та ворогів. У 1957 році американський учений Хатчинсон створює концепцію екологічної ніші, згідно з якою, якщо на організм діють два фактори, то його екологічна ніша має такий вигляд (рис. 11).

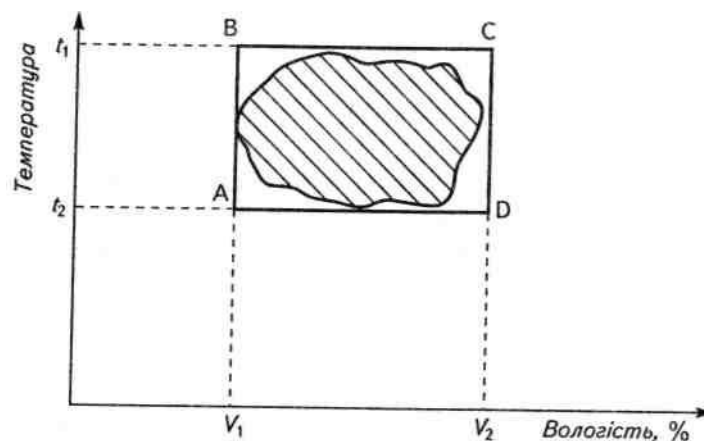


Рис. 11. Екологічна ніша (ABCD) виду за дії на нього двох факторів — температури й вологості

Якщо на вид діють три різних фактори, наприклад вологість, температура й течія, то його екологічна ніша має вигляд, представлений на рис. 12.

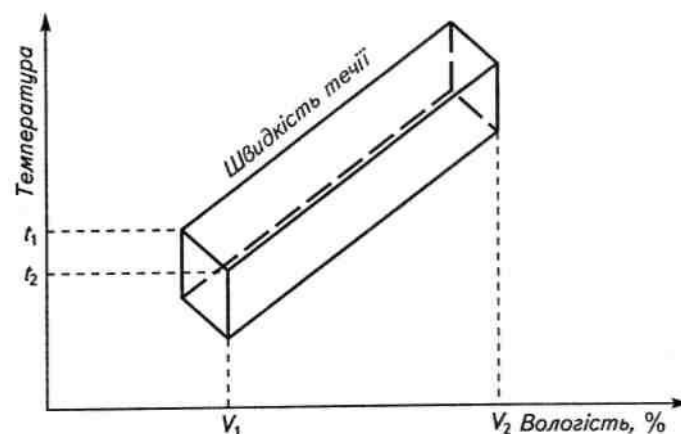


Рис. 12. Екологічна ніша виду за дії на нього трьох факторів

Але найчастіше на вид діють багато різних факторів, тоді екологічна ніша буде як n -мірна споруда, гіпероб'єм, у межах якого реалізується життєздатність організму (рис. 13).

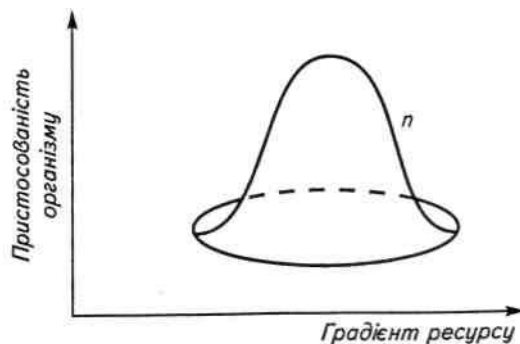


Рис. 13. Гiпероб'єм, n-мiрна споруда, в межах якої реалiзується вся сума адаптацiй

Хатчинсон (Hutchinson G. E.) увiв поняття фундаментальної й реалiзованої екологiчних нiш. Фундаментальна екологiчна нiша — це вся сукупнiсть необхідних для виду умов iснування за вiдсутностi будь-якого тиску з боку iншого виду. Реалiзована нiша — бiльш вузька, вона включає конкурентiв, хижакiв. Таким чином, *екологiчна нiша — це фiзичний простiр з властивими йому екологiчними умовами, що визначають iснування будь-якого організму, мiсце виду в природі (становище в просторі, функцiональна роль у бiоценозi, ставлення до абiотичних факторiв середовища). Екологiчна нiша характеризує ступiнь бiологiчної спецiалiзацiї виду (Кучерявий, 2000).*

2.10.1.2. Еволюцiйнi наслiдки конкуренцiї.

У процесі еволюцiї багато властивостей організмiв виникло внаслiдок конкуренцiї, а саме:

- виживаємiсть;
- турбота про нащадкiв;
- система заплiднення;
- розподiл територiї;
- розподiл нiш.

Конкуренцiя може привести до еволюцiйної дивергенцiї (розходження ознак).

Конкуренцiя особливо впливає на еволюцiю тих видiв, якi в зоні свого розповсюдження є симпатричними (їх екологiчні нiшi перекриваються). У цьому випадку конкуренцiя приводить до виникнення рiзних морфологiчних, екологiчних i етологiчних особливостей, якi дозволяють двом видам по-рiзному використовувати навколишнє середовище. Два види бiльше вiдрiзняються один вiд одного в зоні, де їх нiшi перекриваються, нiж у районах, де вони не стикаються один з одним. Це явище отримало назву «дивергенцiї ознак». Воно було вiдоме ще за

часів Ч. Дарвіна. Дивергенція ознак веде до різноманіття і є однією з причин еволюції.

2.10.1.3. Хижацтво.

Відносини типу хижак-жертва дуже поширені в природі. Один з партнерів цієї системи має негативні, а другий — позитивні наслідки. До цього типу екологічних відносин можна віднести всі варіанти харчових зв'язків. Здебільшого хижаками називають тварин, які живляться іншими тваринами, тобто вони ловлять і умертвляють інших.

Теорія хижацтва в багатьох випадках відстала від теорії конкуренції. Модель цієї системи асиметрична, можливо, тому цей процес важко моделювати.

Лотка (1925) і Вольтерра (1926-1931) запропонували два рівняння, які звели у систему. Розв'язання цих диференціальних рівнянь показало, що щільність популяції хижака й жертви змінюється циклічно й не співпадає по фазі за часом і що в системі хижак-жертва (пізніше це було встановлено й для системи паразит-хазяїн) повинні виникати періодичні коливання, які є функцією чисельності кожного з двох видів, які взаємодіють, інші умови середовища вважалися сталими. Для того, щоб у системі виникли циклічні коливання, реакція хижака повинна запізнюватись на чисельність жертви.

Російський вчений Г.Ф. Гаузе (1934) вивчав у лабораторних умовах систему хижак-жертва, яка була представлена двома видами найпростіших: *Paramecium caudatum* — жертва і *Didinium nasutum* — хижак. Поширене розмноження хижої інфузорії *Didinium nasutum* закономірно наставало щоразу за розмноженням її жертви — тувельки *Paramecium caudatum*. Коли хижак досягав високої чисельності, він повністю знищував парамецій, після чого наставала загибель самих *Didinium*, які лишалися без кормової бази.

Проте, коли пробірки вміщували певну кількість піщинок, під якими частина тувельок могла знайти недоступні для хижаків схованки, після загибелі *Didinium* наставало нове масове розмноження парамецій (рис. 17).

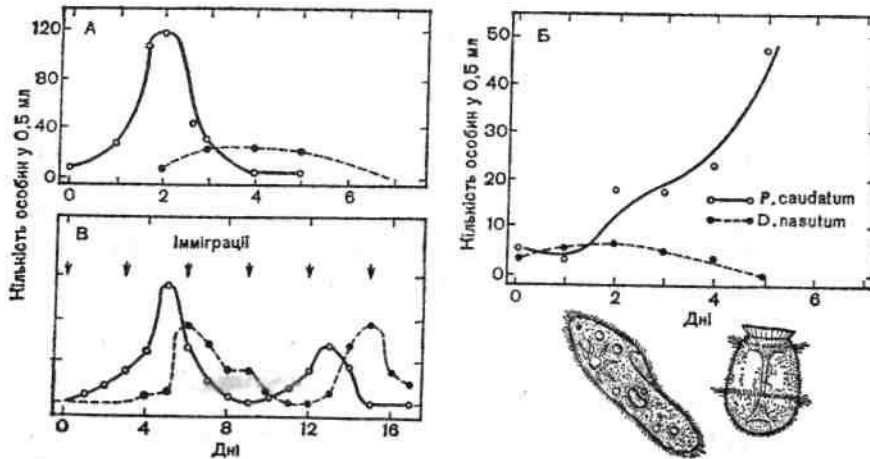


Рис. 17. Зміни чисельності інфузорій *Paramecium caudatum* (жертва) і *Didinium nasutum* (хижак) під час культивування в спільній посудині (за Г.Ф. Гаузе, 1934): А — нема сховищ для *Paramecium*; Б — *Paramecium* мають сховища від хижаків; В — з повторним доданням обох видів або імміграцією

В іншій серії дослідів Г.Ф.Гаузе в гомогенне середовище (без піщинок) з бактеріями, які були кормом для найпростіших, через окремі проміжки часу вносив у пробірку певну кількість нових особин кожного виду (*Paramecium* і *Didinium*). В результаті в системі виникали два повних цикли хижака й жертви (рис. 17).

В інших дослідях Г.Ф.Гаузе, коли в ролі хижака була інфузорія, а жертвою дріжджі, виникали три повних цикли. Досліди Г.Ф.Гаузе підтвердили результати математичних розрахунків, які були зроблені ще в 1925-1926 роках незалежно один від одного Лоткою і Вольтеррою для системи хижак-жертва.

В природних умовах такі закономірні циклічні зміни чисельності двох видів виявити важче, оскільки на них впливає багато різних факторів довкілля. Проте, в ряді випадків і в природному середовищі вдається помітити регулярні періодичні зміни кількісного складу хижаків і їхніх жертв (рис. 18).

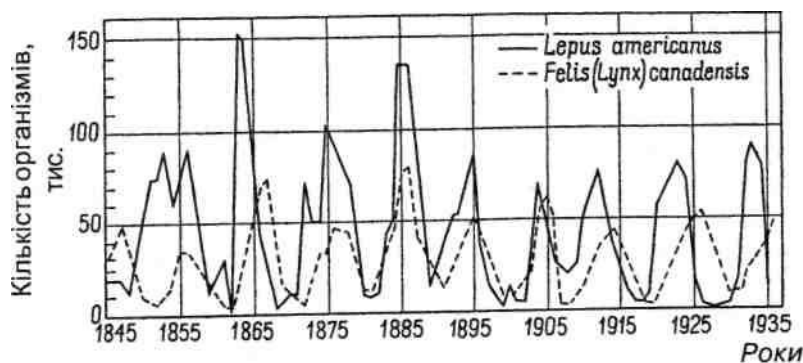


Рис. 18. Періодичні коливання популяцій зайця-біляка та рисі (за Р. Дажо, 1975)

Вплив хижака на динаміку чисельності популяції жертви в природі може бути різним, а саме:

- хижаки значно впливають на динаміку чисельності популяції жертви;
- хижаки в багатьох випадках помітно не впливають на динаміку чисельності своєї жертви;
- чисельність хижака може підтримуватись на достатньо стабільному рівні й не залежить від коливання чисельності жертви;
- чисельність хижака циклічно змінюється слідом за зміною чисельності жертви. Так, відомо, що 100 років тому в Північній Америці було виявлене циклічне коливання чисельності популяції зайця-біляка, через кожні 8-11 років чисельність якого збільшується в 10 разів. За цим збільшенням ішло збільшення чисельності рисі (Р. Дажо, 1975);
- чисельність популяції хижака і жертви коливається незалежно одна від одної.

Математичні моделі системи хижак-жертва показують, що коливання чисельності хижака й жертви взаємопов'язані, але вони дуже нестійкі. Стабільність відносин в такій системі в реальних умовах підтримується самообмеженням в кожній з популяцій, що взаємодіють (внутрішньовидова конкуренція серед хижаків і серед жертв).

2.10.1.4. Еволюційні наслідки хижацтва.

Сумісна еволюція трофічно пов'язаних видів привела до появи протилежно направлених коадаптацій: у жертви вони сприяли зниженню преса хижака, в хижака — підвищенню ефективності полювання.

Пристаосування в жертви надто різноманітні. Вони можуть бути: морфологічні (тверді покриви, шипи, колючки, тип забарвлення), етологічні (активна оборона або, навпаки, жертва може затаїтись), фізіологічні (продукція отруйних залоз, попереджувальне забарвлення і т. ін.). У хижаків у процесі еволюції коадаптації направлені на розвиток центральної нервової системи, етологічної реакції (різного роду інстинкти), продукції отруйних залоз. Наприклад, деякі асцидії в своїй туніці містять кислий секрет ($\text{pH} < 2$), який має репелентну дію для риб, ракоподібних. Або накопичення асцидіями великої кількості ванадію 100 мкг/г сирової маси роблять їх непридатними для споживання рибами. Головоногі молюски виділяють чорнильну рідину, яка не тільки дезорієнтує хижака, але й тимчасово його паралізує.

2.10.1.5. Паразитизм.

Паразитизм — це така форма трофічних зв'язків, коли паразитичний вид використовує хазяїна як їжу й місце свого існування. Він цілком залежить від хазяїна й може викликати його загибель. З екологічної точки

зору паразитизм має багато спільних рис з хижацтвом, проте є й суттєва різниця, а саме:

- паразити менші за свого хазяїна;
- будова, обмін речовин, життєві цикли паразита більш спеціалізовані; це пов'язано з особливостями середовища існування й проблемами розповсюдження від хазяїна до хазяїна;
- паразит знижує життєдіяльність хазяїна, але найчастіше не вбиває його, оскільки зі смертю хазяїна загине й сам;
- немає організмів, які б не були уражені паразитами (двома-трьома й більше видами);
- половина видів на планеті, а може, й більше — паразити (Бігон, Харпер, Таунсенд, 1989).

У ході еволюції спочатку гострі стосунки паразита й хазяїна можуть перейти в нейтральні, а іноді навіть у взаємокорисний постійний зв'язок двох видів. Прикладом такої пом'якшеної дії паразита на хазяїна можуть бути трипаносоми в крові африканських антилоп, які не завдають відчутної шкоди цим тваринам. Проте в людей після передачі їм трипаносом переносником — мухою цеце — розвивається смертельна «сонна хвороба». Або доведено, що помірне об'їдання листя комахами стимулює ростові процеси, внаслідок чого рослини повніше розвивають фотосинтетичний апарат.

Форми паразитизму надзвичайно різноманітні. Щодо пристосованості, то розрізняють морфологічні (спрощена форма тіла, утворення, що полегшують фіксацію паразита в шерсті, травному тракті) та фізіологічні пристосування в паразитів (спеціалізовані залози, які виділяють антикоагулянти, спрощена травна, нервова системи, складні цикли розвитку). Паразитів можна поділити на фіто- та зоопаразитів. Інколи їх поділяють на мікропаразитів (ті, що безпосередньо розмножуються й живуть у клітині хазяїна) і макропаразитів (мешкають у міжклітинному просторі або в порожнині тіла).

Найбільш сильну пошкоджуючу дію мають паразити й хижаки, які є новими в екосистемі. Якщо скласти список паразитів, які викликають хвороби в сільському або лісовому господарствах, то найбільшої шкоди завдають ті паразити, які недавно занесені в нові райони. Стосовно людини, найбільш небезпечні нові збудники хвороб, тобто ті, що завезені вперше. Існує принцип «раптового підсилення патогенності», з якого випливає:

- не можна допускати інтродукцію нових потенціальних шкідників;
- потрібно уникати в міру можливості стресу в екосистемах, виникненню якого сприяють отрутохімікати, які знищують і корисні, і шкідливі організми.

2.10.1.6. Позитивні взаємовідносини, аменсалізм, нейтралізм.

Симбіоз — це співжиття живих істот, що належать до різних систематичних груп. Розрізняють такі різновиди симбіозу: паразитизм (+ -), мутуалізм (+ +), коменсалізм (+ 0).

Мутуалізм — це такі взаємовідносини, коли види приносять один одному певну користь тільки в присутності один одного. Приклади:

- бобові рослини й азотофіксуючі бактерії;
- дерева й гриби;
- лишайники (водорості + гриби);
- терміти й найпростіші у їх шлунку;
- орхідеї й комахоїдні птахи;
- запилення квіток комахами, птахами, кажанами;
- хижі мурашки й мірмекохорні рослини (мімози, акації);
- людина й культурні рослини;
- кишкові симбіонти, які беруть участь у переробці грубих рослинних кормів, що виявлені в багатьох тварин (жуйні, гризуни, жуки-точильники).

Коменсалізм — це така форма взаємовідносин між двома видами, коли діяльність одного з них дає корм або надає притулку іншому (коменсалу). В системі знаків це 0+. В екології коменсалізм ще інакше називають нахлібництвом. Приклади таких взаємовідносин:

- леви й гієни, які підбирають залишки здобичі, що залишилась;
- великі акули й риби-прилипали, що супроводжують їх;
- молодь риб, що ховається під парасольками захищених жалкими нитками медуз;
- поселення рослин-епіфітів на корі дерев.

Відносини типу коменсалізму дуже важливі в природі. Вони сприяють повнішому освоєнню середовища й використанню ресурсів. Іноколи коменсалізм переходить в інші типи відносин, наприклад у паразитизм.

Аменсалізм — це такий тип взаємодії, коли один із видів, що взаємодіють, пригнічується іншим, тоді як другий вид від такого спільного життя не отримує ні шкоди, ні користі. Така форма взаємодії частіше зустрічається в рослин. Наприклад, світлолюбиві трав'янисті види, які ростуть під ялиною, відчують пригнічення внаслідок сильного затінення їх кроною, тоді як для самого дерева їх сусідство може бути байдужим. Або гриб-пеніцил негативно впливає на бактерії в чашці Петрі, тоді як бактерії на гриб не впливають. Аменсалізм широко розповсюджений у водному середовищі. Так, синьо-зелені водорості, розмножуючись, призводять до отруєння водної фауни.

Нейтралізм — це така форма біотичних відносин, коли співжиття двох видів на одній території не викликає для них ані позитивних, ані негативних наслідків. За нейтралізму види не пов'язані один з одним

безпосередньо. Наприклад, білки й лосі, які живуть в одному лісі, практично не контактують один з одним.

Слід відзначити, що типи міжвидових взаємовідносин за певних умов можуть переходити один в другий. Наприклад, мутуалізм у паразитизм, або коменсалізм у конкуренцію (рис. 19).

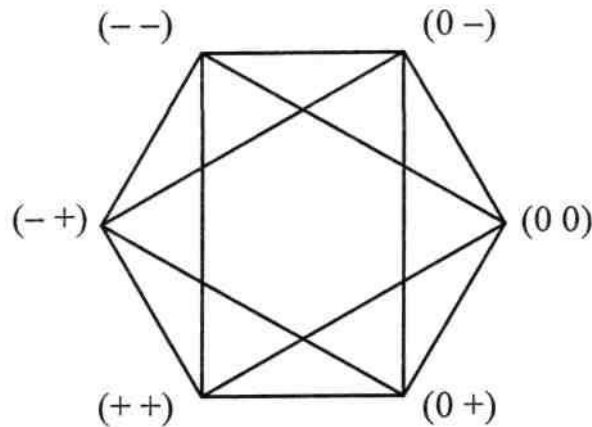


Рис. 19. Перехід форм міжвидових взаємовідносин один в другий

Запитання для контролю знань

1. Які основні групи екологічних факторів ви знаєте?
2. У чому полягає суть законів Лібіха та Шелфорда?
3. Як світло впливає на живі системи природи?
4. Що таке еври- та стенобіонти, толерантність та екологічна валентність?
5. Які типи терморегуляції живих систем вам відомі?
6. У чому суть температури як екологічного фактора?
7. Поясніть суть екологічних правил Алена та Бергмана.
8. Назвіть фізичні й хімічні властивості води та її значення для живих систем планети.
9. Які екологічні групи рослин і тварин за відношенням до вологості вам відомі? Проаналізуйте їх адаптивні пристосування.
10. Охарактеризуйте адаптації з точки зору кібернетичних систем.
11. Назвіть основні типи біотичних взаємовідносин та дайте їм характеристику.
12. Сучасні концепції поняття «екологічна ніша».
13. У чому полягає суть правила конкурентного виключення Г.Ф. Гаузе?
14. У чому полягає суть планктонного парадоксу Хатчинсона?
15. Поясніть значення конкуренції й паразитизму в еволюції видів.

ТЕМА 3. ПОПУЛЯЦІЇ.

Популяція — це фундаментальне поняття в біології. Слово популяція походить від латинського «популюс» — народ, назва, яка використовувалась у XVIII ст.

У 40-50 роках XX сторіччя з'являється вчення про мікроеволюцію. Засновником цього напрямку в Росії був відомий російський генетик М. В. Тимофєєв-Ресовський. Суть учення полягає в тому, що саме популяція, а не особина є елементарною еволюційною одиницею.

У наш час є багато визначень цього поняття. Одні враховують екологічний бік поняття, інші — генетичний. Найбільш поширеним є таке визначення: популяція — сукупність особин одного виду, що займають певну територію, можуть обмінюватись генетичною інформацією і функціонують як частина біоценозу.

3.1. Основні особливості популяції як біологічної системи.

1. Це генетична система (генофонд у всіх популяцій одного виду один і той же, а алелофонд — різний). Тому популяція — унікальна.

2. Це цілісна система. Реагує як єдине ціле на дію різних факторів.

3. Це не гомогенне утворення, а складна структурована система (бо можна говорити про генетичну, екологічну, етологічну, фізіологічну структуру тощо).

4. Структура й межі популяції рухомі, динамічні.

5. Це найменша група особин, яка є одиницею еволюції. Популяційна екологія вивчає структуру й динаміку окремих популяцій.

Головні задачі популяційної екології — вивчити, як змінюється чисельність популяції і з'ясувати причини цих змін.

Практичне значення популяційної екології: регулювання чисельності популяцій різних видів тварин та рослин.

Відомо, що кожен вид на планеті займає певну територію, яка називається ареалом. Вид на території ареалу зустрічається на окремих ділянках, які складають систему популяцій.

Число цих ділянок залежить від таких факторів:

1. Неоднорідності території.

2. Прив'язаності видів до території та здатності долати простір території.

Популяційна структура виду наведена на рис. 20.

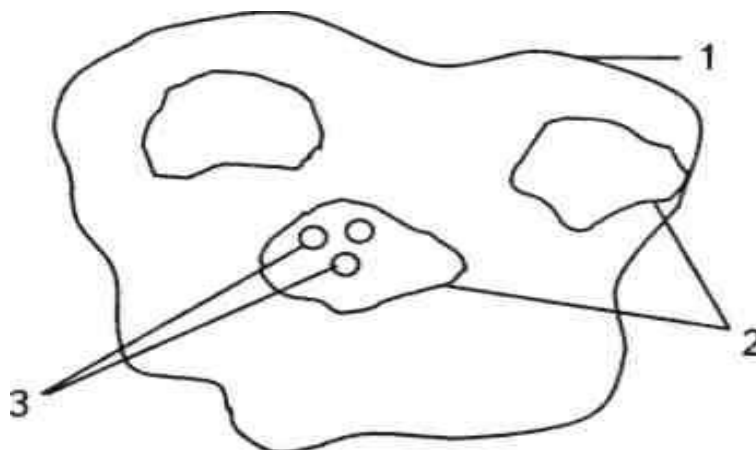


Рис. 20. Популяційна структура виду

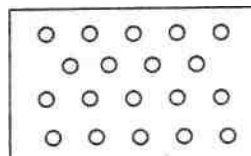
1 — ареал; 2 — географічні популяції — група особин, які населяють територію з однаковими географічними умовами існування; 3 — екологічні або локальні популяції — група особин, які населяють територію в межах одного біоценозу

Питання про межі популяцій дуже складні й потребують подальшого вивчення сучасними методами.

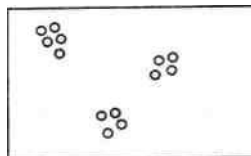
Популяція — це складна структурована система. Звернемося до структури популяції.



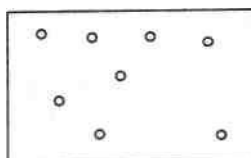
Територіальна структура характеризує розміщення особин популяції по території. Воно може бути:



1. Рівномірне. Зустрічається рідко, за гострої внутрішньовидової боротьби особин.



2. Групове. Спостерігається, коли є:
 а) локальні зміни в середовищі існування;
 б) добові сезонні зміни;
 в) здатність особин до агрегації.



3. Випадкове. Зустрічається найчастіше. На популяцію одночасно впливають численні фактори.

За типом використання території всі рухомі тварини розподіляються на осілі та кочові.

Осілий спосіб життя. За такого способу життя тварини довгий час займають свою ділянку. В них добре розвинуте почуття «хомінгу».

Позитивне значення осілого способу життя:

- добра орієнтація тварин на території;
- здатність утворювати укриття, систему запасів.

На чужій території особини осілого способу життя стають метушливими, частіше гинуть від ворогів. Негативним моментом є швидке виснаження ресурсів біоценозу. Закріплення окремої ділянки за особинами досягається різними засобами, а саме: охороною межі (пряма агресія спостерігається рідко); ритуальною поведінкою (демонстрація загрози та інше).

Кочовий спосіб життя — це спосіб життя, який не залежить від запасу їжі. За таких умов збільшується ймовірність загибелі від хижаків, тому кочує не одна особина, а декілька (деякі риби, птахи, копитні). Іноді спостерігається тимчасовий перехід до осілого способу життя (взагалі північні олені можуть мігрувати, але окремі особини залишаються на одному місці).

Територіальні відносини в рослин проявляються у вигляді агрегації, яка є наслідком вегетативного розмноження, слабого розповсюдження насіння (проростання поблизу материнської особини). З часом спостерігається рівномірне розміщення особин внаслідок внутрішньовидової конкуренції.

У цілому для рослин та для деяких нижчих тварин можна застосувати екологічне правило: тенденція до групового розміщення, до агрегації перебуває в зворотному зв'язку з рухливістю стадій розселення (насіння, спори).

Статеві структура популяцій характеризується співвідношенням особин різної статі в популяції. Це поняття стосується лише різностатевих організмів. Більшість вищих рослин і деякі нижчі тварини є гермафродитами.

Співвідношення статей — це відношення кількості самців до самок. Кількість самців і самок у популяціях майже однакова. Сьогодні відомі генетичні закони, які регулюють це співвідношення.

Іноді на співвідношення статей впливають не тільки генетичні закони, але й умови середовища існування. Наприклад: рудий лісовий мурашка відкладає яйця, з яких за температури менше +20°C розвиваються самці, а за більш високої — майже виключно самки. Механізм цього явища полягає в тому, що мускулатура сім'яприймача, де зберігається після копуляції сперма, активізується тільки за високих температур. З незапліднених же яєць у перетинчастокрилих розвиваються лише самці. Залежно від типу розмноження існують такі популяції організмів:

1. Клональні популяції — це вегетативне потомство однієї особини, ідентична копія материнської особини. Такі популяції генетично збіднені.
2. Панмектичні популяції — утворюються внаслідок вільного схрещування різностатевих особин з різними генотипами. Генетичний резервуар таких популяцій дуже багатий завдяки мутаціям та спадковості.

Вікова структура популяцій. На вікову структуру популяції значно впливають такі показники, як народжуваність і смертність, величина яких залежить від віку особин популяції. Відсоток різних вікових груп у популяціях великою мірою визначає її репродуктивні можливості. У популяціях тварин виділяють три вікові групи:

- пререпродуктивна;
- репродуктивна;
- пострепродуктивна.

Відносна тривалість кожного з цих періодів у різних видів тварин різна. У багатьох тварин перший період — найдовший.

Наприклад, личиночна стадія (пререпродуктивний період) одноденки триває декілька років, а репродуктивний (імагінальна стадія) — декілька днів.

У сучасної людини ці три періоди приблизно однакові, на кожний з них припадає до третини життя.

У популяціях рослин виділяють такі вікові періоди:

1. Латентний — у вигляді насіння.
2. Проростки.
3. Ювенільний — від сім'ядолі до перших фотосинтезуючих листочків.
4. Іматурний — перехід до молодої рослини.
5. Вергільний — вегетативно молоді особини.
6. Генеративний — стадія утворення плодів.
7. Сенільний — старі рослини, які усихають.

Більш стабільна популяція характеризується великою кількістю рослин вергільної й генеративної стадій.

У екології використовують таке поняття, як піраміда віку.

Розрізняють три типи пірамід віку.

1. Піраміда з широкою основою — високий відсоток молодих особин. Така піраміда характерна для популяцій зі швидким ростом.
2. Піраміда з середньою основою — середній відсоток молодих особин.
3. Піраміда з вузькою основою — старі особини чисельно переважають над молодняком. Характерна для популяцій, чисельність яких зменшується.

У багатьох тварин, які є об'єктом полювання чи рибальства, піраміди віку змінюються за волею людини. Для видів, популяції яких кожного року значно поповнюються за рахунок молоді, можна частку особин вилучити з популяції без загрози для її стану.

Етологічна структура популяцій — це система відносин між членами однієї популяції. Форми спільного існування особин у популяціях різноманітні.

1. Одинокий спосіб життя характерний для багатьох видів на певній стадії життєвого циклу.

2. Сім'я — група особин, в якій посилюється зв'язок між нащадками й батьками. Вона може бути змішаного типу (птахи, деякі ссавці); батьківського типу (виховання здійснює самець, наприклад африканський страус, колюшка); материнського типу (саламандра, черв'яга).

3. Колонія — групове об'єднання осілих тварин. Вони можуть існувати довго або виникати лише на період розмноження (птахи, морські котики, тюлені, терміти, бджоли, мурашки, бабаки, лемінги).

4. Зграя — тимчасове об'єднання тварин одного виду (вовки, птахи, риби). Найбільш поширена зграйність серед птахів і риб, через ссавців вона характерна для багатьох собачих. Зграї риб дуже мінливі за величиною, формою, щільністю. У птахів зграї формуються під час сезонних перельотів або зимових годівель (у осілих і кочових форм). У зграях ссавців велику роль відіграють ватажки, специфічні відносини складаються між окремими особинами, що зближує ці групові утворення зі стадами.

5. Стада — триваліші й постійніші об'єднання тварин порівняно зі зграями. Основу групової поведінки тварин у стадах становлять взаємовідносини домінування — підлеглості, що ґрунтуються на індивідуальних відмінностях між особинами.

Система домінування особин у популяціях може бути різною, а саме:

- 1) ієрархія за схемою «трикутника»: А нападає на В, В — на С, а С підпорядковує собі А;
- 2) лінійна ієрархія в ряду рангів А — В — С (особини наступного рангу підпорядковані попередньому). Подібні відносини виникають у зграях їздових собак;
- 3) паралельна ієрархія (окремо серед самців і серед самок); наприклад, у популяціях мавп;
- 4) деспотія (домінування однієї особини над усіма іншими (мавпи)).

Біологічне значення відносин між особинами одного виду: захист особин від ворогів; виховання молоді; здобування їжі тощо.

Екологічна структура популяції — це відношення особин однієї популяції до різних екологічних факторів. Наприклад: особини в популяції можуть різнитись між собою за фенологією, за їжею (імаго та личинки); за рухом (крилаті й безкрилі форми попелиць).

Розглянемо ще одне поняття — *поліморфізм популяції*. Це існування в межах одного виду особин з різко відмінними ознаками.

Основою його є генетичні, цитогенетичні та фенотипічні особливості особин. Це різноманіття підтримується природним добром. Розрізняють такі його види:

1. Сезонний поліморфізм — відмінність особин різних поколінь, що розвиваються в різні пори року. Наприклад, літні та осінні форми деяких метеликів; весняні та літні форми хвою польового.
2. Статевий поліморфізм — різниця в зовнішньому вигляді самців та самок. Наприклад: у бджіл — трутні, матки, робочі бджоли; у термітів — матка, робочі, солдати.
3. Віковий поліморфізм — це існування морфологічних змін в особин популяції за віком. Наприклад: комахи, що проходять повний цикл розвитку (яйце, личинка, лялечка, імаго).

Існування в популяції екологічних та етологічних груп — це теж прояви поліморфізму. Значення поліморфізму:

- розширює середовище існування;
- дає матеріал для виникнення нових видів шляхом дивергенції ознак різних груп особин, які становлять поліморфний вид;
- дозволяє виду нормально існувати, підтримувати гомеостаз в умовах середовища, що змінюється.

3.2. Динаміка популяцій.

Популяції — це динамічні природні системи, в яких весь час відбуваються зміни.

Основні популяційні характеристики:

1. Чисельність — це загальна кількість особин на окремій території.
2. Щільність — середня кількість особин на одиницю площі або об'єму. Приклад: 500 дерев на 1 га; 200 риб на 1 га поверхні водоймища; 5 млн діатомових водоростей на 1 м куб.
3. Народжуваність — кількість нових особин, які з'явилися за одиницю часу.

Питома народжуваність — кількість особин, що народились у популяції за одиницю часу в перерахунку на одну особину.

4. Смертність — кількість особин, що загинули в популяції за одиницю часу.

Питома смертність — кількість загиблих особин популяції за одиницю часу в перерахунку на одну особину.

Теоретичний максимум нащадків від однієї пари або однієї особини за одиницю часу називають **біотичним потенціалом**. Це поняття було введено в екологію Р. Чепменом у 1928 р. Найчастіше його виражають коефіцієнтом r і обчислюють як максимально можливий приріст популяції

ΔN за відрізок часу Δt , віднесений до однієї особини, за початкової чисельності популяції N_0 .

$$r = \Delta N / N_0 \Delta t,$$

де ΔN — максимально можливий приріст популяції;
 N_0 — початкове число особин у популяції;
 Δt — відрізок часу;
 r — біотичний потенціал.

Величина біотичного потенціалу в різних особин різна. У природі біотичний потенціал ніколи повністю не реалізується, оскільки він залежить від народжуваності, смертності, міграції, відношення статей, віку, частоти генерації, від числа періодів розмноження в житті (моноциклічні — лососеві, поліциклічні — багато хребетних).

Плодючість значно залежить від ступеня турботи про нащадків. Чим більша турбота, тим менша плодючість в організмів (птахи, ссавці). Тріскові, навпаки, відкладають 8-10 млн ікринок. У даному прикладі турбота про нащадків майже відсутня. Рибка колюшка відкладає до 100 ікринок, рибка гірчак — 1-2 ікринки в мантию молюска. У цих видів яскраво проявляється турбота про нащадків.

На чисельність популяції впливають також розселювальна дисперсія, міграції, нашестя. **Міграції** — переміщення тварин на значну відстань. Наприклад: птахи розмножуються на арктичному узбережжі Канади, а потім відлітають на північ Патагонії, що складає 40 000 км в обидва кінці. Серед риб міграції на великі відстані спостерігають у лососевих, вугрів.

Нашестя — нерегулярне, спорадичне переміщення за рахунок молодих особин у роки спалаху чисельності або недостатньої кількості їжі.

Розселювальна дисперсія — регулярне розселення молодняку, що призводить до поповнення сусідніх і створення нових популяцій.

3.3. Таблиці виживання й криві виживання.

Для еколога дуже важливо знати, як розподіляється смертність особин у популяціях за віком. Такі дані подають у формі таблиць виживання.

Мета таблиць виживання полягає в тому, щоб показати, як народжуваність і смертність змінюються за віком. Це важливо для розкриття механізмів смертності у популяціях.

Першу спробу скласти такі таблиці зробив засновник демографії, англійський дослідник Джон Грант (1620-1674). Для цього він використовував матеріал щодо смертності мешканців міста Лондона.

Першу таблицю виживання, схожу на сучасну, склав у 1693 році англійський астроном Е. Галілей. Раймонд Пірл (1921) вперше використовував таблиці виживання для розв'язання деяких біологічних проблем.

Діві (1947, 1950) вперше звів усі дані з багатьох природних популяцій і побудував криві виживання.

Існує три типи кривих виживання, які можуть бути побудовані в арифметичній або напівлогарифмічній шкалі (рис. 21).

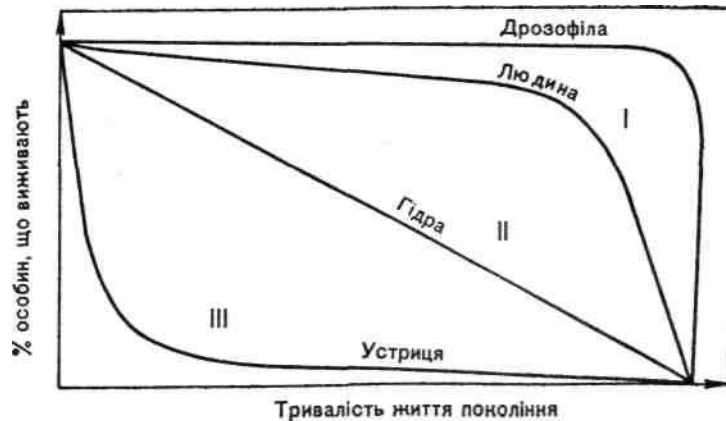


Рис. 21. Різні типи кривих виживання (за Н.М. Черновою, О.М. Биловою, 1986)

1. Крива виживання типу I відображає ситуацію, за якої смертність до певного віку дуже низька, а потім швидко зростає (характерна для більшості ссавців, людини). У напівлогарифмічному масштабі має вигляд дуже випуклої кривої.

2. Крива виживання типу II характеризується відносно постійною для різного віку імовірністю смертності за одиницю часу. Наприклад, у прісноводної гідри коефіцієнт смертності залишається протягом усього життя постійним. Крива представлена у вигляді прямої лінії, або діагоналі (залежно від шкали).

3. Крива виживання типу III характеризує збільшення смертності в ранньому віці. Така крива характерна для організмів з великою плодючістю й відсутністю турботи про нащадків (рослини, риби, безхребетні).

Таблиці виживання не постійні та змінюються залежно від умов існування. Практичне значення кривих виживання полягає в тому, що вони характеризують вікову вразливість виду й можуть використовуватись під час створення мисливських господарств.

3.4. Криві росту чисельності популяцій.

Виділяють два основних типи кривих росту чисельності популяцій: I-подібна, або експонента та S-подібна, або логістична крива. Ці криві, звичайно, можуть ускладнюватись, змінюватись залежно від особливостей організмів та від умов середовища існування.

При I-подібній кривій щільність швидко зростає по експоненті, а потім, коли починає діяти опір довкілля, якийсь лімітуючий фактор, ріст

популяції швидко гальмується й починає падати. Такий тип росту чисельності характерний для популяцій мікроорганізмів, безхребетних, деяких хребетних. Прикладом може бути швидке розмноження кролів у Австралії, ріст їх чисельності йшов по експоненті. Можна сказати, що такий тип росту чисельності популяції характерний для багатьох істот на планеті на певному відрізку часу, поки не діє опір довкілля. Ця крива описується математичним рівнянням Т.Мальтуса й називається експонентою.

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x,$$

де $\frac{dx}{dt}$ — швидкість росту популяції;

α — вроджений коефіцієнт народжуваності;

x — початкова чисельність популяції.

I-подібна крива має різний вигляд залежно від того, в якій шкалі, арифметичній або логарифмічній, вона побудована (рис. 22)

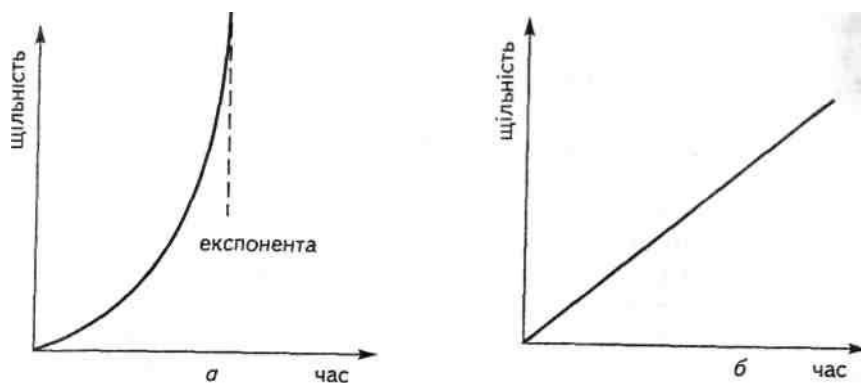


Рис. 22. I-подібна крива росту чисельності популяцій, а — арифметична шкала; б — логарифмічна шкала

При S-подібній, або сигмоїдній кривій ріст популяції спочатку збільшується повільно, потім іде по експоненті, а далі під впливом довкілля уповільнюється, досягається рівновага, яка й зберігається (рис. 23).

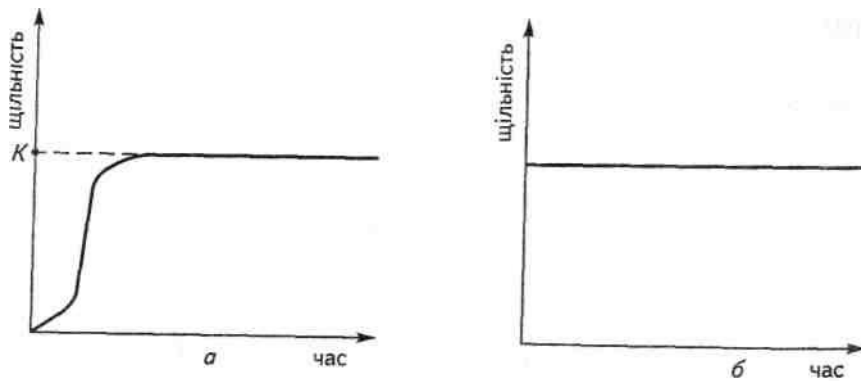


Рис. 23. S-подібна, або сигмоїдна крива росту чисельності популяції.
 а — арифметична шкала; б — логарифмічна шкала; К — ємність середовища — щільність, за якої досягається рівновага між чисельністю популяції та умовами середовища існування

Сигмоїдна, або S-подібна крива описується рівнянням Ферхульста-Пірла:

$$\frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta)x,$$

де $\frac{dx}{dt}$ — швидкість росту популяції;

α — коефіцієнт народжуваності;

β — коефіцієнт, що відбиває внутрішньовидові взаємовідносини;

x — початкова чисельність популяції.

S-подібний ріст чисельності популяцій характерний для багатьох видів на планеті: хребетних та безхребетних організмів.

У природі можуть також спостерігатися ситуації, коли швидкість росту чисельності популяції змінюється нелінійно.

3.5. Основні типи багаторічної динаміки популяцій.

Чисельність особин у популяціях непостійна, вона весь час коливається. Якщо простежити, як змінюється чисельність популяції протягом багатьох років, то можна виділити такі типи багаторічної динаміки популяцій.

Перший тип. Неперіодичні коливання чисельності, що рідко спостерігаються (вибуховий тип). Вони мають непередбачений характер (рис. 24)

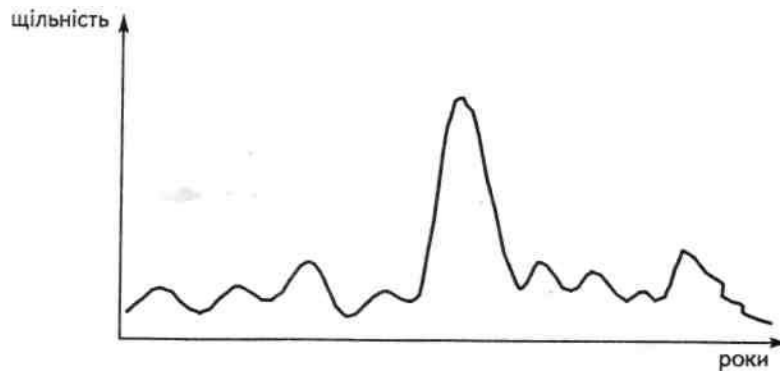


Рис. 24. Вибуховий тип коливання чисельності популяції

Другий тип. Періодичні коливання чисельності популяції (які флюктують). Вони можуть бути:

1. З періодом у декілька років. Наприклад: максимальна чисельність популяції шишкаря спостерігається через кожні три роки та збігається з урожаєм шишок сосни сибірської. Коливання з періодом в 9,6-11 років характерні для системи взаємовідносин заєць-рись. Графічно такі коливання зображені на рис. 25.

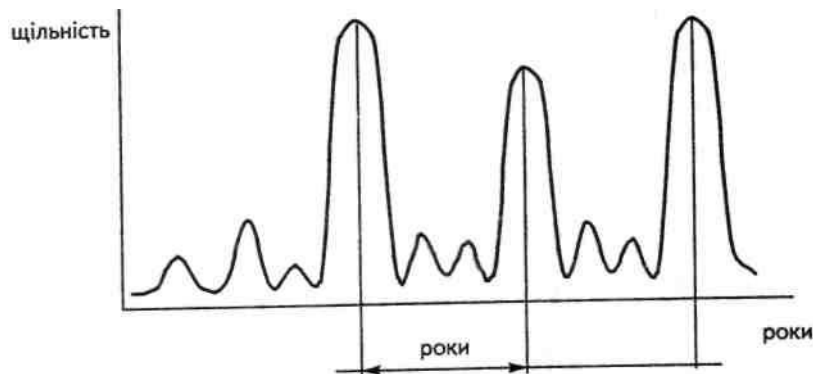


Рис. 25. Коливання чисельності популяції з періодом в 4 або 9,6-11 років

2. Сезонні коливання з періодом у декілька місяців. Наприклад: трипси південної півкулі планети, що живляться нектаром, мають максимум чисельності в грудні (рис. 26).

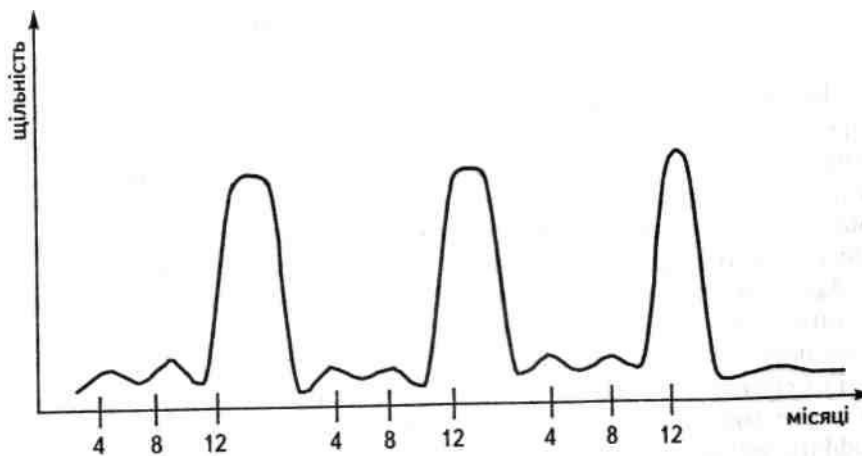


Рис. 26. Сезонні коливання трипсів

Перший та другий типи динаміки популяцій характеризуються регулярними або випадковими вибухами чисельності. Вони називаються інакше ще опортуністичними (Е. Піанка, 1981), тому що середовище існування дуже непередбачене.

Третій тип. Стабільні, або рівноважні популяції. Їх щільність більш-менш стійка. Чисельність особин у популяції перебуває в стані рівноваги зі своїми ресурсами. Довкілля передбачене. У цих популяцій добре розвинуті механізми гомеостазу. Такий тип росту чисельності популяцій характерний для багатьох хребетних та безхребетних тварин (рис. 27).



Рис. 27. Типи динаміки популяції: I — рівноважний; II — опортуністичний

Чисельність особин рівноважних популяцій коливається поблизу рівня, який називають ємністю середовища існування. **Ємність середовища** характеризує щільність або чисельність особин, які перебувають у рівноважному стані з ресурсами довкілля. Тобто чисельність популяції коливається навколо якоїсь середньої величини. Цей стан називають **динамічною рівновагою**.

Здатність популяції або систем організмів підтримувати стійку динамічну рівновагу в умовах середовища, які змінюються, називають **гомеостазом**.

Гомеостаз популяції підтримується, як правило, її внутрішніми механізмами, зокрема генетичною структурою, метаболізмом, трофічними, енергетичними зв'язками. Але він може підтримуватись і зовнішніми факторами (кліматичними).

Гомеостаз популяцій, які існують в умовах середовища, що флуктується, вищий, ніж у популяцій, які існують у стабільних умовах.

Декілька слів про історію виникнення поняття «гомеостаз».

Існує такий вислів (якому понад 2000 років): «Нежить з лікуванням проходить за тиждень, а без лікування — за сім днів». У стародавні часи вчені вважали, що в організмі є «сила життя — ентелехія». І організм сам можевилікуватись, тобто повернутися до рівноваги.

У 1929 році американський вчений Уолтер Кеннон у праці «Мудрость тела» ввів поняття «гомеостаз». Він пояснював його як

властивість живих систем підтримувати сталість свого внутрішнього середовища. На його думку, це властивість організму, яка може змінюватись, але ж залишається постійною. Наприклад, рівень кальцію, цукру, CO₂ в крові змінюються, але завжди залишаються в межах певного інтервалу тощо.

Коли кажуть про гомеостаз популяцій, то перш за все розуміють під цим підтримання чисельності особин у популяції на більш-менш постійному рівні. Наприклад: *Bacillium coli* діляться кожні 20 хвилин. Через 36 годин вони можуть вкрити всю земну кулю. Або інфузорія *Paramecia* за декілька днів може дати таку масу протоплазми, яка за своїм об'ємом у 10 000 разів перевищить об'єм земної кулі. Але цього не буває на планеті, бо існують механізми гомеостазу, фактори, які підтримують чисельність популяцій у природі на більш-менш однаковому рівні.

Усі фактори, які забезпечують гомеостаз популяцій, можна поділити на три групи:

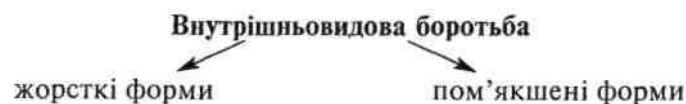
Перша група — фактори, які не залежать від початкової чисельності популяції. Вони називаються ще модифікаційними. Це кліматичні, фізико-географічні фактори (температура, тиск, вологість, світло, радіація, вітер, рельєф і т. ін.).

Друга група — фактори, які частково залежать від початкової чисельності популяції (хижацтво, паразитизм, міжвидова конкуренція).

Третя група — фактори, які цілком залежать від початкової чисельності популяції. До них належать:

- внутрішньовидова боротьба;
- хвороби;
- їжа;
- територіалізм;
- розселення, міграції.

Розглянемо докладніше внутрішньовидову боротьбу як фактор, що впливає на чисельність популяції.



Жорсткі форми внутрішньовидової боротьби виникають, коли запаси їжі, води обмежені, а тварини не здатні до їх пошуку. Прикладом може бути канібалізм — крайня форма внутрішньовидових взаємовідносин, яка супроводжується поїданням собі подібних. Канібалізм відомий більш ніж у 1300 видів тварин.

Пом'якшені форми внутрішньовидової боротьби. До них належать:

1. **Феномен фаз**, який описав у 1921 році російський учений Уваров на прикладі сарани.

Фазовість — це різноякісний стан особин залежно від щільності, тобто коли в популяціях залежно від щільності з'являються різні морфологічні групи особин. У таблиці 3 наведені морфологічні особливості різних стадій розвитку сарани залежно від щільності популяції.

Залежно від щільності в популяції сарани спостерігаються інші морфологічні зміни особин, а саме: змінюється форма спинки, пропорція кінцівок, збільшуються надкрила.

Ці переходи від однієї морфологічної форми до іншої відбуваються за допомогою зору та контактів вусиками між особинами (контакти зростають зі збільшенням щільності). В організмі тварин виникають реакції, які призводять до гормональних перебудов, що, в свою чергу, позначається на зовнішньому вигляді особин.

Таблиця 3. Морфологічні особливості різних стадій розвитку сарани залежно від щільності популяції

Щільність популяції	Морфологічні особливості (забарвлення особин)	
	лялечка	імаго
Низька	зелене	сірувато-зелено-буре
Висока	жовте з чорними плямами	лимонно-жовте

Так звана стадна фаза розвитку відрізняється підвищеною збудженістю комах. Сарана перебуває у стані міграційної активності, дорослі особини рухаються гігантськими зграями й розлітаються на сотні кілометрів від місця існування. На новій території вони не розмножуються. Зграї гинуть або повертаються в зону постійних місць існування, де відбувається перехід до одиночної фази. Таким чином, розлітання зграї не формує нових, а зменшує чисельність старих популяцій.

Явище фазовості спостерігається також у тлі (за умови збільшення чисельності з'являються крилаті форми; в амеби — війкові форми).

2. **Стрес-реакція** або шокова хвороба (огляд гіпотез із цього питання подав Кристіан Девіс — США). Стрес — це неспецифічна нейрогормональна реакція живого організму на будь-який сильний вплив. Під впливом стресорів в організмі виникають біохімічні зміни, спрямовані на подолання стресу шляхом адаптацій організму.

Збільшення щільності популяції може приводити до фізіологічних змін, які, в свою чергу, ведуть до зниження народжуваності й збільшення смертності. Наприклад, зміна щільності в пацюків, у деяких комах сприймається через частоту контактів або звукових сигналів. За таких умов змінюється поведінка організмів. У самок пацюків порушується овуляція, згасають інстинкти турботи про нащадків, збільшується агресивність.

У розвитку стрес-реакції велику роль відіграють сигнали кори головного мозку, які змінюють активність гіпоталамусу (центрального кільця вегетативної нервової системи). Можна записати такий ланцюжок сигналів: сигнали кори головного мозку — гіпоталамус — гіпофізарно-надниркова система — збільшення кортикостероїдних гормонів — стрес-реакція.

3. Пригнічення продуктами метаболізму. Особини однієї популяції можуть пригнічувати продуктами метаболізму особин того ж виду іншої популяції. Наприклад, вода акваріуму, в якій утримувались дафнії, здатна затримувати ріст представників того ж виду, що були взяті з іншого акваріуму, і зберігає цю здатність протягом декількох днів. Або, пуголовки, які виділяють у воду частинки білкової природи, стримують ріст пуголовок іншої популяції. Так регулюється щільність популяції.

4. Розселення та міграції — один з механізмів регуляції чисельності популяцій.

Міграції відрізняються від розселення тим, що це регулярні переміщення на велику відстань з одного просторового регіону в інший. Вони можуть бути обумовлені змінами умов існування чи пов'язані з особливостями циклу розвитку.

5. Територіалізм як механізм регуляції чисельності популяції позначається в тому, що відсутність своєї території не тільки обмежує розмноження особин, але й збільшує імовірність їх загибелі від хвороб, хижаків тощо. Це теж приводить до регуляції чисельності особин у популяції.

Чисельність особин у популяціях також залежить від таких показників, як їжа й хвороба. За умови збільшення чисельності вони виступають як механізми, що впливають на народжуваність та смертність.

Наприклад, у системі заєць-рись для зайця фактором, що обмежує чисельність, є трава, а для рисі — зайці. У популяції кроликів за умови збільшення їх щільності швидше розповсюджуються хвороби (наприклад міксоматоз). Проте, для птахів (на думку багатьох вчених) роль хвороби в регуляції чисельності дуже мала (Ю.Одум, 1986).

3.6. Множинність механізмів регуляції чисельності популяцій.

У екосистемах існують складні взаємовідносини між видами, які працюють за принципом зворотного зв'язку. На чисельність популяції кожного виду впливає багато інших видів — хижаків і паразитів.

Наприклад, чисельність комах (за Г.А.Вікторовим) за невеликої щільності регулюється впливом багатьох хижаків (рис. 28). За більш високої щільності починають розмножуватися спеціальні хижаки та паразити, які стримують подальший ріст комах. Якщо темпи росту продовжують далі зростати, то ріст чисельності популяції виходить з-під контролю. Тоді чисельність може знижуватися внаслідок спалаху інфекційних захворювань.



Рис. 28. Фактори, що регулюють чисельність комах за різної щільності популяції (за Г.А.Вікторовим, 1989)

Багатобічність механізмів регуляції чисельності особин у популяції приводить до того, що в природних угрупованнях дуже рідко спостерігається катастрофічний ріст чисельності особин, їх загибель та підриг ресурсів довкілля.

Висновки

Серед екологів існують різні погляди на природу механізмів, які підтримують чисельність популяції на одному рівні.

Перша точка зору (концепція регуляціоністів). Чисельність кожної популяції коливається навколо якоїсь середньої величини, відхилення від якої вмикає популяційні механізми, які повертають чисельність до початкової величини.

Друга точка зору — стохастистів (стохастизм — це випадковість). Рівноважна чисельність популяції — це міф. Кожне конкретне значення чисельності — результат дії багатьох факторів. Стохастисти стверджують, що фактори, які не залежать від щільності популяції (кліматичні або модифікаційні), мають більше значення для динаміки, ніж фактори, які залежать від щільності.

Третя точка зору — саморегуляція. Популяції починають обмежувати ріст чисельності ще до того моменту, як на особини починають діяти несприятливі умови довкілля. Механізми такі:

- за умови збільшення щільності збільшується імовірність стресового стану, що призводить до скорочення народжуваності;
- за умови збільшення щільності підсилюються міграції;
- за умови збільшення щільності можуть відбуватися зміни в її генетичному складі. Наприклад, зміна генотипів, що швидко розмножуються, на генотипи, які повільно розмножуються та схильні до міграції.

Запитання для контролю знань

1. Популяції. Структура, популяційні характеристики.
2. Криві росту чисельності популяції та їх характеристики.
3. Типи динаміки чисельності популяції.
4. Поняття про гомеостаз популяції та його механізми.
5. Екологічна структура популяцій: стадо, зграя, колонія.
6. Основні періоди й вікові стани в життєвому циклі рослин і тварин.
7. Таблиці та криві виживання.
8. Основні механізми регуляції чисельності в популяціях комах.
9. Основні типи багаторічної динаміки популяцій.

ТЕМА 4. БІОЦЕНОЗИ

Термін «біоценоз» був запропонований К. Мьобіусом (Німеччина) у 1877 році. **Біоценоз** — це сукупність рослин, тварин і мікроорганізмів, які мають певний видовий склад, взаємовідносини, а також зв'язок із середовищем існування. Біоценоз — складова частина біогеоценозу (екосистеми). Місце, яке займає біоценоз, називають **біотопом**.

Сукупність рослин, які входять до біоценозу, називають фітоценозом, сукупність тварин — зооценозом. Існує декілька типів класифікацій біоценозів. Наприклад:

- мікробіоценози (лист, квітка тощо);
- мезобіоценози (ліс, поле, болото);
- макробіоценози (океан, море, гори).

Біоценоз характеризується певною структурою, а саме: видовою, просторовою, екологічною.

Видова структура біоценозів — це їх видовий склад. Кожний біоценоз має певний набір видів і тим відрізняється від інших. Деякі біоценози характеризуються великим біорізноманіттям (тропічні ліси, коралові рифи, естуарії), в інших біорізноманіття мале (пустелі, тундри). Для оцінки кількісного співвідношення видів у біоценозах використовують індекс різноманіття Шеннона:

$$H = \sum p_i \log_2 p_i,$$

де Σ — знак суми;
 p_i — частка кожного виду в біоценозі;
 $\log_2 p_i$ — двоїчний логарифм;
 H — індекс різноманіття.

Це рівняння може розглядатися як цифрове вираження закону співвідношення між числом особин і числом видів. У 1939 році А. Тинеман сформулював два біоценотичні принципи, які визначають цей закон.

Перший принцип: чим різноманітніші умови існування в біотопі, тим більше число видів у даному біоценозі. Наприклад, у тропічному лісі на одному м кв дуже багато видів, але чисельність кожного з них невелика.

Другий принцип: чим більше відхилення умов існування від оптимуму в біотопі, тим бідніший видами біоценоз і тим більше особин має кожний вид.

Крім індексу різноманіття, видову структуру біоценозу можна характеризувати такими показниками, як видове насичення та частота зустрічі виду.

Видове насичення (видове багатство) — кількість видів на одиницю площі або об'єму. Наприклад, кількість птахів, які гніздяться на 1 км кв степової ділянки.

Частота зустрічі характеризує рівномірність або нерівномірність розподілу виду в біоценозі. Вона обчислюється як процентне відношення кількості проб чи облікових площ, де зустрічається вид, до загальної кількості проб чи площ. Чисельність і частота зустрічей виду не пов'язані прямою залежністю. Вид може бути кількісно великим, але зустрічається рідко, і навпаки.

Співвідношення видового складу можна характеризувати за шкалою Друде. Найчастіше ця шкала використовується в геоботаніці (вид може бути представлений дуже рідко, рідко, часто, дуже часто).

Ступінь домінування — показник, що відображає відношення кількості особин даного виду до загальної кількості всіх особин у біоценозі. Наприклад, якщо з 200 птахів на якійсь території 80 становлять зяблики, то ступінь домінування цього виду серед пташиного населення дорівнює 40%.

Залежно від ролі виду в біоценозі розрізняють:

1. **Домінанти** — види, які переважають за чисельністю в біоценозі. Ступінь домінування визначають за групами організмів (серед рослин, хребетних, безхребетних тварин, комах, птахів тощо). Наприклад, в ялинових лісах серед дерев домінує ялина, у трав'яному покриві — квасениця, серед птахів — корольок, берестянка, серед гризунів — руда й червоно-сіра полівка тощо.

2. **Едифікатори** — види, які своєю життєдіяльністю найбільшою мірою створюють середовище для всього угруповання й без яких

існування більшості інших видів неможливе. Вилучення виду-едифікатора з біоценозу викликає, як правило, зміну фізичного середовища (біотопу), насамперед мікроклімату.

Основними едифікаторами наземних біоценозів виступають певні види рослин: в ялинових лісах — ялина, в соснових — сосна, в степах — дернові злаки (ковила, типчак та ін.). У деяких випадках едифікаторами можуть бути й тварини. Наприклад, у степах — копитні. Ховрахи тут можуть також до певної міри визначати умови життя рослин. Роль, яку відіграють едифікатори, відносна.

4.1. Просторова структура біоценозів.

Важливим проявом структури біоценозу є розміщення організмів у просторі. Розрізняють вертикальну й горизонтальну структуру біоценозів.

Вертикальна структура — це ярусність. Ярусність особливо добре помітна у фітоценозах. Вона є наслідком міжвидової боротьби в рослин. Наприклад, надземні й підземні органи розташовуються в декілька ярусів, по-різному використовуючи й змінюючи середовище.

Горизонтальна структура — це розміщення видів у біоценозі по горизонталі, так звана мозаїчність. Причина мозаїчного розміщення видів у біоценозі — неоднорідність мікрорельєфу ґрунтів, вплив діяльності людини, вплив тварин і рослин. Наприклад, чергування території з голим ґрунтом і ґрунтом, вкритим рослинністю.

Екологічна структура біоценозу відображає співвідношення різних екологічних груп організмів. Наприклад, екологічну структуру фітоценозу за відношенням до води характеризують такі групи організмів, як гігрофіти, мезофіти й ксерофіти або гігрофіли, мезофіли й ксерофіли серед тварин у зооценозі.

За класифікацією В.Н. Беклемішева (Чернова, Білова, 1986), виділяють такі форми біотичних зв'язків.

1. **Трофічні зв'язки.** Найбільш поширені в біоценозі. Вони характеризують трофіку, тобто живлення організмів. Мають велике значення в природі.

2. **Топічні зв'язки** — це створення одним видом сфери існування для іншого (паразитизм, коменсалізм). Особливу роль у формуванні середовища існування відіграють рослини. Відомо, що рослинність завдяки особливостям енергообміну є потужним фактором перерозподілу тепла біля поверхні Землі й створення мікро- та макроклімату.

Прикладом топічних зв'язків можуть бути морські жолуді, що поселяються на шкірі кита, личинки мух, що живуть у коров'ячих кізяхах, лишайники на стовбурах дерев тощо.

3. **Форичні зв'язки** — це участь одного виду в поширенні іншого. Відоме таке поняття, як «зоохорія» — перенесення тваринами насіння, спор, пилку рослин. Зоохорія може бути: пасивною (тіло тварини

випадково зіткнулося з рослиною, насіння якої має зачіпки, вирости) та активною (поїдання плодів і ягід).

Форезія — це перенесення тваринами інших дрібних тварин. Поширена переважно серед дрібних членистоногих, особливо в різноманітних груп кліщів.

4. **Фабричні зв'язки** — це використання одним видом продуктів життєдіяльності інших видів для влаштування (фабрикацій) свого помешкання. Наприклад, птахи використовують для спорудження своїх гнізд гілочки дерев, вовну ссавців, траву, пір'я інших видів птахів.

Крім цих зв'язків, між видами в біоценозах існують вже згадані раніше хижацтво, паразитизм, конкуренція, симбіоз, аменсалізм, коменсалізм.

4.2. Динаміка біоценозів.

Біоценози формуються протягом тривалого часу. Розрізняють три фази:

Колонія (піонерське угруповання) — характеризується невеликою кількістю видів; рослини ростуть поодинокі.

Угруповання — незначне збільшення кількості видів порівняно з колонією, рослини вільно розміщені в один ярус.

Зімкнуте угруповання — поверхня повністю вкрита рослинністю, але ще є вільні екологічні ніші.

4.3. Краєвий ефект. Поняття про екотон.

Перехід від одного біоценозу до іншого може бути різним: поступовим або більш-менш різким. Але завжди існує перехідна зона, зона контакту або напруження, яка може займати декілька кілометрів. Наприклад, перехід між природними зонами лісом і степом — лісостеп; між тундрою й лісом — лісотундра. У розглянутому прикладі проміжні зони — лісостеп, лісотундра — є перехідними зонами. Такі зони називаються **екотон**. Найчастіше видовий склад, чисельність видів у перехідній зоні більші, ніж у біоценозах по обидва боки від неї.

Тенденція до збільшення біорізноманіття та щільності організмів на межі біоценозів називається краєвим ефектом.

Прояв краєвого ефекту властивий і узлісся. Виняткове видове багатство флори європейського лісостепу В.В. Альохін називав «курською флористичною аномалією».

Запитання для контролю знань

1. Що таке біоценоз? Хто ввів це поняття?
2. Характеристика біоценозу.
3. В чому полягає суть першого і другого принципів А. Тинемана?
4. Які організми називаються едіфікаторами?
5. Що таке краєвий ефект?

ТЕМА 5. ЕКОСИСТЕМИ

5.1. Енергетика екосистем.

У 1935 році англійський еколог А. Тенслі вводить поняття «екосистема». **Екосистема — це біотоп + біоценоз.**

Біоценоз — сукупність популяцій рослин, тварин і мікроорганізмів, які мають певний склад, їх взаємовідносини, а також зв'язок із середовищем існування.

Біотоп — природний, відносно однорідний життєвий простір певного біоценозу. Включає мінеральні, неорганічні речовини, рельєф, клімат та інші абіотичні фактори.

Таким чином, це система, що включає всі організми (біоценоз) на даній території (біотоп) і взаємодіє з фізичним середовищем.

У 1942 році російський учений В.М. Сукачов вводить поняття **біогеоценоз**. Це поняття дуже близьке до поняття «екосистема». Біогеоценоз, за В.М. Сукачовим — це сукупність однорідних явищ на відомому просторі земної поверхні (атмосфери, гірської породи, ґрунту й гідрологічних умов, рослинності, тваринного світу і мікроорганізмів).

Різниця між цими поняттями полягає в тому, що біогеоценоз — це один з рангів екосистеми й відрізняється більшою однорідністю в порівнянні з екосистемою (табл. 4).

Таблиця 4. Порівняння двох понять

Біогеоценоз	Екосистема
Один з рангів екосистеми; більш однорідне природне утворення; має хорологічні риси (просторові зв'язки екосистеми).	більш широке поняття; більш різноманітне природне утворення; розглядається в основному з трофічних та енергетичних позицій.

Деякі вчені вважають, що біогеоценоз — це екосистема, яка обмежена певним фітоценозом. Наприклад: луг, ліс, болото, агроценоз — це «біогеоценоз»; космічний корабель, акваріум, водний канал — «екосистема».

Але великої різниці між цими поняттями немає. У зарубіжній науковій та науково-популярній літературі термін «біогеоценоз» не вживається. Використовується тільки термін «екосистема».

Характеристика екосистем

1. Екосистеми — це складові одиниці біосфери.
2. Екосистеми складаються з органічної та неорганічної речовин.
3. Між компонентами екосистеми існує обмін речовин та енергії. У термодинамічному відношенні екосистеми — відкриті системи.
4. Екосистеми мають певну стабільність і чітко виражений внутрішній кругообіг речовин. Вони здатні певною мірою до саморегуляції (гомеостаз).
5. Екосистеми склалися в ході довготривалої еволюції. Це результат адаптації видів до навколишнього середовища.

Оскільки екосистеми — відкриті системи, для свого існування вони постійно потребують надходження енергії. Джерелом цієї енергії на Землі є Сонце.

Екологічні системи, як і всі живі істоти, підкоряються двом фундаментальним законам природи: першому та другому законам термодинаміки.

Перший закон термодинаміки — енергія не зникає й не виникає. Вона переходить з однієї форми в іншу. Загальна сума енергії залишається постійною.

Наприклад, світло переходить у тепло, сонячна енергія переходить в енергії хімічних сполук тощо. Вимірюється енергія в ергах, джоулях, калоріях.

Другий закон термодинаміки — ефективність переходу енергії з однієї форми в іншу ніколи не буває 100%. Усі форми енергії спонтанно намагаються перейти в менш організовану, більш хаотичну форму (ентропію). Цей закон інколи ще називають законом ентропії.

Наприклад, система «паливо — мотор — автомобіль — навколишнє середовище». Під час спалювання палива більша частина енергії розсіюється, переходить у хаос. Ентропія — це міра хаосу, міра невпорядкованості. Організми здатні підтримувати складну структуру, впорядкованість. Для цього необхідно, щоб до них увесь час надходила енергія.

Дані про те, скільки енергії Сонця використовується організмами (живими системами), суперечливі. Згідно з одними джерелами, це 0,1%, іншими — 1% (Піанка, 1981). Ця енергія засвоюється рослинами в процесі фотосинтезу, перетворюється в енергію органічних сполук, а далі передається іншим організмам в екосистемах.

Шлях, за яким можна прослідкувати, як передається енергія Сонця в екосистемах від одного організму до іншого, називають **ланцюгом живлення**.

Місце кожного організму в цьому ланцюгу називають **трофічним рівнем**.

5.2. Категорії організмів у екосистемах.

У екосистемах існують три екологічні групи організмів, три важливих функціональних царства, але вони не ідентичні систематичним царствам.

1. **Продуценти** — автотрофні організми, які здатні синтезувати органічні речовини за рахунок неорганічного середовища.

2. **Консументи** — гетеротрофні організми, які споживають органічні речовини продуцентів або інших консументів. На долю цих організмів припадає 10% від усіх гетеротрофних організмів планети. Розрізняють консументи першого порядку (фітофаги) та другого порядку (м'ясоїди).

3. **Редуценти** (деструктори, сапроби) — організми, які розкладають органічні речовини до неорганічних, тобто живуть за рахунок мертвих організмів. Вони забезпечують розклад органічних речовин на планеті й перетворюють їх на неорганічні сполуки, беручи участь у кругообігу речовин. Це бактерії, гриби, водорості. На їх долю припадає 90% від усіх гетеротрофів планети.

Наведена класифікація відносно умовна, оскільки продуценти й консументи інколи частково можуть виступати в ролі редуцентів.

Ці групи організмів складають трофічні рівні. Таким чином, 1 трофічний рівень — продуценти, 2 трофічний рівень — консументи першого порядку (фітофаги); 3 трофічний рівень — консументи другого порядку (м'ясоїди) тощо.

Підраховано: якщо на кожний наступний рівень переходить 10-20% енергії попереднього рівня (правило Р.Л. Ліндемана), то з 1000 калорій, які отримують продуценти, енергії вистачить на 5-6 рівнів. Тому ланцюг живлення включає здебільшого всього 4-5 ланок. У екосистемах не може бути кругообігу енергії аналогічно кругообігу речовин, оскільки втрачена в ланцюгах живлення енергія може бути поповнена тільки надходженням нових її порцій у вигляді сонячного випромінювання або запасів органічної речовини.

У ланцюгах живлення окремо виділяють ланцюги м'ясоїдні, пасовищні (продуценти — консументи) та ланцюги детритні (органічна мертва речовина — бактерії — детритофаги — хижаки детритофагів).

У екології виділяють такі поняття:

1. **Ефективність споживання** — це відсоток продукції одного трофічного рівня, який «з'їдається» іншим трофічним рівнем. Виходячи з нашої схеми, ефективність споживання фітофага буде дорівнювати:

$$E.C. = \lambda_2 / \lambda_1 \cdot 100 \%$$

Для фітофагів лісу ефективність споживання 5%, для фітофагів степу — 25%, для фітопланктону — 50%, хребетних хижаків — 50-100%, безхребетних хижаків — 25% (Одум, 1989).

2. **Ефективність засвоєння** (асиміляції) — відсоток їжі, яка після надходження в травну систему консумента всмоктується й витрачається на ріст, розмноження, роботу:

$$\lambda_{2,1} = \lambda_2 + E,$$

$\lambda_{2,1}$ — споживання; λ_2 — засвоєння; E — екскременти.

$$\lambda_2 = \text{ріст} + \text{розмноження} + \lambda_{0,2}$$

$\lambda_{0,2}$ — дихання.

Ефективність засвоєння у фітофагів та детритофагів 20-50%; у консументів I порядку — 10 — 15%; у консументів 2 порядку — 30-80%, залежно від подібності тканин (Одум, 1989).

3. **Ефективність накопичення біомаси** — це енергія, яка використовується на приріст біомаси. У пойкилотермних організмів вона складає 10%, у гомойотермних — 1-2% (решта іде на дихання, на підтримання температури тіла та виділяється з організму у вигляді екскрементів).

Екологічні піраміди. Трофічну структуру екосистем можна зобразити графічно, використовуючи для цього дані про енергію, біомасу або чисельність організму, у вигляді екологічних пірамід.

Поняття про екологічні піраміди було введено в науку Ч.Елтоном (Англія, 1927).

Розрізняють піраміду енергії, чисел та біомаси.

Піраміда енергії. Якщо кожний трофічний рівень зобразити у вигляді прямокутника, довжина якого буде пропорційна кількості енергії, що накопичується на цьому рівні, то під час переходу від трофічного рівня «n» до трофічного рівня «n+1» енергія, згідно з другим законом термодинаміки, буде зменшуватись (рис. 30).

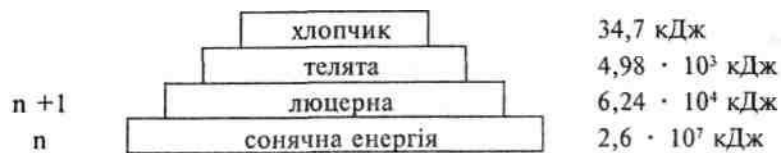


Рис. 30. Піраміда енергії (за В.П.Кучерявим, 2000)

Піраміда чисел. Піраміда чисельності відбиває щільність особин на кожному трофічному рівні. Якщо трофічні рівні ланцюга зобразити у вигляді прямокутників, довжина яких пропорційна чисельності особин на кожному рівні, то в напрямку від першого рівня (чисельність продуцентів) до рівня консументів (першого й наступних порядків) чисельність особин у популяціях зменшується, а розміри особин збільшуються. Піраміда має вигляд трикутника з вершиною вгору. Інколи піраміда має зворотний характер і направлена вершиною вниз. Наприклад, на одному дереві може жити велика кількість комах.

Піраміда біомаси. Піраміда біомаси відбиває біомасу на кожному трофічному рівні на 1 м кв. Кожний трофічний рівень зображується прямокутником, довжина якого пропорційна біомасі цього рівня. Біомаса трофічного рівня буде зменшуватись від рівня «n» до рівня «n+1».

Кількість продуцентів за масою звичайно вища, ніж консументів (звідси — форма піраміди). У деяких екосистемах (наприклад пасовища) піраміда біомаси має зворотний характер (біомаса трав'янистих більша, ніж біомаса рослин), або водні екосистеми, де біомаса фітопланктону поступається біомасі зоопланктону.

5.3. Кругообіг речовин в екосистемах

Важливу роль у переносі матерії в екосистемах відіграють постійні цикли елементів, які суттєво відрізняються від перетвореної енергії, котра деградує у вигляді тепла й ніколи не буде використана знову. Неорганічні

елементи надходять з довкілля, проходять крізь організми й знову повертаються у зовнішнє середовище, а потім знову включаються до складу живої речовини. Таким чином, кожний елемент використовується багато разів, що й складає біогенний кругообіг речовин. Звичайно, що під час переходу від одного трофічного рівня до іншого елементи частково виключаються з кругообігу у вигляді руди, вугілля, нафти, газу, торфу. Можна говорити про цикли таких елементів, як O₂, H, P, S, C.

5.4. Біомаса. Продуктивність екосистем. Продукція первинна та вторинна. Чиста та валова продукція.

Біомаса — це кількість живої речовини (в одиницях маси), що припадає на одиницю площі або об'єму (т/м кв, г/м кв). Біомаса може бути також виражена в енергетичних одиницях, які містяться у відповідній одиниці маси живої речовини (в джоулях). Залежно від походження розрізняють фіто-, зоо- та бактеріомасу.

Продуктивність екосистем — це кількість органічної речовини (в одиницях маси або енергії), що виробляється з одиниці поверхні за одиницю часу. Наприклад, продуктивність тропічного лісу — кг / на м кв за рік тощо.

Продуктивність біологічна (екосистем) буває первинною, вторинною, чистою й валовою.

Первинна продуктивність (або продукція) — це біомаса або енергія, створена продуцентами за одиницю часу на одиницю простору. Розрізняють **валову первинну продуктивність (ВПП)** — швидкість, з якою сонячна енергія перетворюється продуцентами на органічну сполуку під час фотосинтезу (її виражають в кал / м кв в годину), і **чисту первинну продуктивність (ЧПП)** — енергію, що іде на приріст або поглинається деструкторами:

$$\text{ВПП} = \text{ЧПП} + \text{Д},$$

де ВПП — валова первинна продуктивність; ЧПП — чиста первинна продуктивність; Д — енергія дихання.

Можна сказати, що валова первинна продуктивність (ВПП) — це енергія, фіксована в процесі фотосинтезу, а чиста первинна продуктивність (ЧПП) — швидкість приросту біомаси, яка може бути засвоєна гетеротрофними організмами. У тропічних лісах на дихання йде 70-80% енергії, в лісах помірної зони — 50-75% (Одум, 1989).

Вторинна продуктивність (або вторинна продукція) — загальна кількість органічної речовини, яка вироблена всіма гетеротрофами на одиницю площі за одиницю часу. Вторинна продуктивність також поділяється на валову й чисту.

З 1964 по 1974 роки вчені світу брали участь у створенні Міжнародної біологічної програми (МБП). Її метою був збір інформації про продуктивність екосистем. За їх даними, чиста первинна

продуктивність (ЧПП) екосистем суходолу складає 110-120 мільярдів тонн сухої речовини на рік, а продуктивність водних екосистем морів та океанів — 50-60 мільярдів тонн сухої речовини (Бігон, Харпер, 1989).

Найбільш продуктивними є: екваторіальні ліси, мангрові ліси, дощові тропічні ліси, болота, естуарії, коралові рифи. їх продуктивність — 3500-4000 г/м кв • рік.

Фактори, що лімітують первинну продукцію на суходолі: світло, CO₂, H₂O, мінеральні речовини, низький рівень фотосинтетичних процесів (рідко буває більшим, ніж 10% ФАР).

Фактори, що лімітують первинну продукцію водних екосистем: біогенні елементи, світло, температура. Високопродуктивні водні екосистеми (естуарії, внутрішній шельф, зони океанічних апвелінгів (рис. 31) мають велику кількість біогенних елементів у воді.

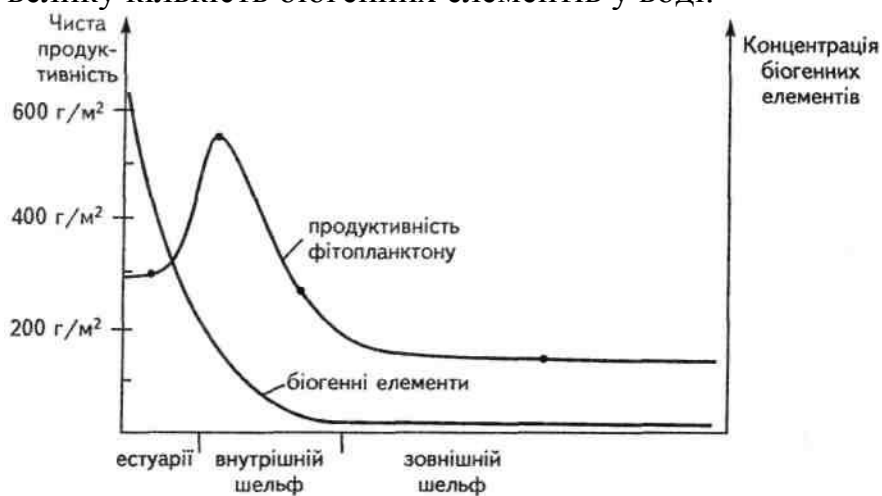


Рис. 31. Продуктивність фітопланктону та концентрація біогенних елементів у водних екосистемах (за М. Бігоном, Дж. Харпером, К. Таунсендом, 1989)

Через існування апвелінгів арктичні й антарктичні водні екосистеми найбільш продуктивні (рис. 32).

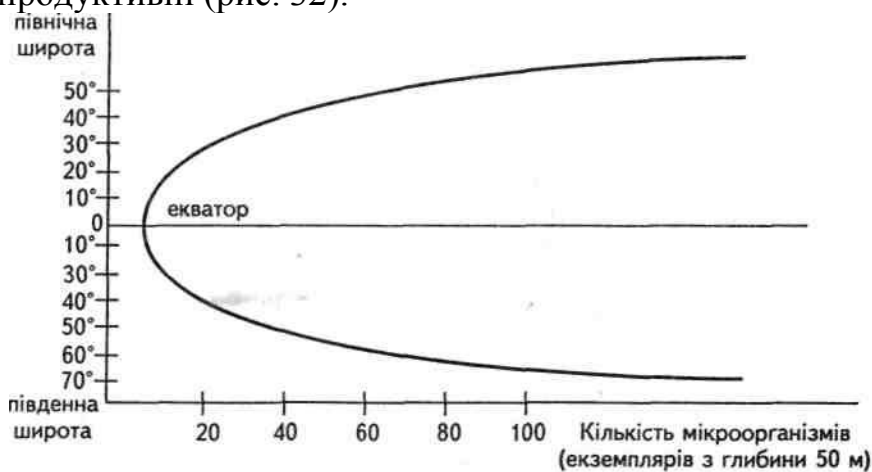


Рис. 32. Кількість мікроорганізмів водної екосистеми, що містяться в пробах, взятих з глибини 50 метрів, в залежності від географічної широти

5.5. Шляхи підвищення біологічної продуктивності екосистем.

Велика частина планети вкрита океаном і пустелями, які мають дуже низьку первинну продуктивність (біологічні пустелі). Висока первинна продуктивність спостерігається лише в деяких районах.

Іригація та використання пустель під рілля не завжди реальні. Виникають такі екологічні проблеми, як засолення ґрунтів та інші.

Розорюваність земель, знищення лісів і відведення звільнених земель під рілля також мають негативні екологічні наслідки. Вітрова й водна ерозія швидко руйнують ґрунтовий покрив, знижується продуктивність екосистем, ідуть процеси утворення пустель і напівпустель.

У ХХ столітті підвищення продуктивності екосистем, як первинної так і вторинної, відбулося в основному за рахунок селекції рослин і тварин. Але й досі люди не мають достатньої кількості продуктів білкового походження (Одум, 1989).

Збільшення продуктивності екосистем за рахунок підвищення продуктивності фотосинтезу — задача, яка потребує вирішення. Відомо, що збільшення освітлення не підвищує, а знижує інтенсивність фотосинтезу. Людство ще не навчилося керувати процесом фотосинтезу.

5.6. Класифікація екосистем.

Оскільки енергія є головною рушійною силою усіх екосистем, то в основу їх класифікації покладений саме енергетичний принцип. За Ю. Одумом (1989) виділяють чотири типи екосистем:

1. Природні екосистеми, які отримують тільки енергію Сонця. Це відкриті океани, великі площі гірських лісів, глибокі озера. Вони займають понад 70% площі земної кулі й мають низьку продуктивність. Проте значення їх на планеті велике, оскільки вони беруть участь у кругообігу води, формують клімат, очищують повітря, підтримують гомеостаз біосфери.

2. Природні екосистеми, які отримують енергію Сонця та інших природних джерел енергії. Крім Сонця, вони використовують енергію вітру, дощу, припливів, прибою, течій. Прикладом такої екосистеми можуть бути естуарії.

3. Екосистеми, що отримують енергію від Сонця, а також від людини. Наприклад, наземні й водні екосистеми, про які Ю. Одум писав, що хліб, рис, кукурудза, картопля частково зроблені з нафти (Одум, 1989).

4. Штучні екосистеми, що існують завдяки енергії Сонця. Це індустріальна міська екосистема.

Екосистеми можна також поділити на наземні і водні або на екосистеми, трофічні ланцюги яких починаються з продуцентів, і екосистеми, ланцюги живлення яких починаються з детритоюдних організмів.

Екосистеми

Наземні: 1. Ліси — 28%; 2. Відкриті території — 17%;
3. Землі, що обробляються — 10%; 4. Пустелі й напівпустелі — 45%.

Водні: 1. Прісноводні; 2. Морські

Декілька слів окремо про агроекосистеми. Вони займають 10% території суходолу. Це штучні екосистеми на початкових стадіях сукцесійних перетворень. Їх стабільність підтримується людиною. Це сад, город, пасовища, луки, теплиці.

Ч.Елтон писав, що дика природа характеризується стійкістю та стабільністю, чого не можна сказати про агроекосистеми.

Основні риси, що відрізняють агроекосистеми від природних екосистем:

1. Вони використовують, крім енергії Сонця, допоміжну енергію у вигляді енергії тварин, добрив, пестицидів, гербіцидів, сільськогосподарської техніки, мускульної енергії людини.

2. Біорізноманіття їх різко знижене. Це необхідно для того, щоб отримати максимальний вихід якоїсь однієї культури.

3. Домінують види рослин і тварин, що перебувають під впливом штучного, а не природного добору.

4. Стабільність агроценозів підтримується постійним вилученням біологічної продукції.

5. Агроекосистеми нестійкі. Вони не здатні до самовідновлення (гомеостазу).

6. У агроценозах найчастіше за все відбуваються «екологічні вибухи» — збільшення чисельності окремих видів комах, шкідників.

Наприклад, у ХІХ столітті в Ірландії фітофтора знищила весь урожай картоплі, внаслідок чого в країні був великий голод. Або, колорадський жук, який з 1920 року значно розповсюдився із заходу Європи на схід.

З екологічної точки зору вкрай небезпечно повністю перетворювати природні екосистеми на агроценози. Останні повинні чергуватись з лісовими смугами, перелісками.

Американський еколог Коммонер писав, що нічого не дається нам дарма. Розвиток землеробства призвів до ерозії ґрунтів, забруднення їх пестицидами, гербіцидами, мінеральними добривами, великої витрати палива.

5.7. Динаміка екосистем.

Пригадаємо, що екосистема — це біоценоз + біотоп. Звичайно, такий підхід дуже спрощений, але він допоможе краще зрозуміти нові поняття.

У біоценозах, як і в цілому в природі, постійно відбуваються зміни. Ці зміни можуть бути: по-перше, циклічні (добові коливання, розкриття й закриття квітів, сон тощо); по-друге, сезонні (листопад, линька, міграції,

сплячки в тварин, переліт птахів); по-третє, багаторічні (розливи річок, повторні масові розмноження тварин).

Під час циклічних змін відбуваються зміни в біотопах, але вони не призводять до зміни одного біоценозу на інший. Направлені нециклічні зміни виникають внаслідок руйнування біотопу, і тоді відбувається змінювання одного біоценозу на інший. Наведемо приклади.

Приклад 1. Простежимо зміни, що відбуваються на полі (агроценоз), яке не обробляється людиною. У перший рік воно заросте однорічними та багаторічними бур'янами. На другий рік, крім бур'янів, з'являються поодинокі чагарники та сходи дерев, такі, як береза, вільха, тополя, осика, насіння яких легко розповсюджується вітром. З часом ці дерева піднімуться, змінять середовище існування. Утвориться листяний ліс із певним видовим складом тварин і рослин, грибів і мікроорганізмів. За 30-50 років крони цих дерев зникають, створюючи більш сприятливі умови для ялини. Ця деревинна порода добре зростає під пологом, вона тіншовитривала. Формується мішаний ліс. Береза — порода, що не виносить тіні, тому її відновлення під пологом припиняється.

Через 80-120 років після перших сходів берези утворюється стійкий ялиновий ліс зі своїм видовим складом. Змінюється видовий склад тварин, птахів, мікроорганізмів. Заповнюються нові екологічні ніші.

Приклад 2. У 1750 році на Алясці, в містечку Глейшер-Бей (Одум, 1986) льодовики відступили більше ніж на 100 кілометрів. Залишились морени, позбавлені рослинності. З часом вони вкрились мохами, різними видами трав. Через 15 років на цьому місці почали зростати чагарникові форми верби. Через 50 років з'явилась вільха, утворилась хаща висотою 15 метрів. На зміну вільхи прийшла ялина, яка через 150 років утворила густий ялиновий ліс. Через 200 років у місцях з надмірною вологою з'явилися сфагнові мохи. Почалося утворення боліт, загибель дерев.

У обох цих прикладах ми спостерігаємо порушення біотопу, зміну одного біоценозу на інший.

Така послідовна незворотна зміна біоценозів, що відбувається на одній і тій самій території в результаті впливу природних або антропогенних факторів, називається **сукцесією**.

Біоценози, які змінюють один одного протягом часу, утворюють серії або сукцесійні ряди. У сукцесійній серії темпи змін, що відбуваються, поступово уповільнюються. Кінцевим підсумком є формування відносно стійкої стадії — клімаксового угруповання, або **клімаксу**. Клімаксові екосистеми здатні до тривалого самопідтримування у відповідному діапазоні умов. Клімаксний біоценоз залишається незмінним протягом часу, який дорівнює декільком людським життям. У масштабі геологічного часу його стійкість відносна.

У 1916 році американський вчений Ф.Клементе сформулював основні етапи сукцесій, розробив теорію сукцесій та ввів поняття моноклімаксу та біому.

За Ф. Клементсом, клімаксий біоценоз визначається регіональним кліматом і в кожному районі може існувати тільки один клімаксий біоценоз (концепція моноклімаксу). Існує інша точка зору, згідно з якою в кожному районі може існувати декілька клімаксий біоценозів (Одум, 1986).

Наведемо приклади сукцесій:

- у рослинних угрупованнях;
- сукцесії птахів у лісі;
- сукцесії фауни трупів;
- сукцесії фауни на мертвому дереві;
- сукцесії найпростіших організмів у сінному настої тощо.

Розрізняють сукцесії:

- автотрофні (відбуваються в угрупованнях автотрофних організмів. Наприклад, заростання озера, поля);
- гетеротрофні (сукцесії фауни трупів, сукцесії на мертвому дереві. Клімаксий стан не настає. Кінцеве угруповання руйнується й зникає).

Для автотрофних сукцесій характерні деякі загальні моменти. Рослини на ранніх і пізніх стадіях сукцесій характеризуються різною стратегією росту й розмноження.

Залежно від стратегії виживання Е. Піанка (США) розділив усі види на r-стратегі і K-стратегі (Піанка, 1981). **R-стратегі** — види, які використовують багато енергії на розмноження, тобто на нащадків.

K-стратегі — організми, що використовують більше енергії на підтримання гомеостазу організму.

Розглянемо стратегію цих організмів на різних стадіях сукцесій (Одум, 1986).

Ранні стадії сукцесій	Пізні стадії сукцесій
Рослини r-відбору — бур'яни	Рослини K-відбору — чагарники, деревинні рослини
1. Насіння мале, його багато, розповсюджується вітром.	1. Насіння велике, його мало, розповсюджується вітром, тваринами, птахами.
2. Співвідношення коренів і стебла низьке.	2. Співвідношення коренів і стебла велике.
3. Швидкість росту велика.	3. Швидкість росту низька.
4. Розміри в зрілому віці малі.	4. Розміри в зрілому віці великі.
5. Тіньовитривалість низька.	5. Тіньовитривалість велика.
6. Конкурентна здатність мала.	6. Конкурентна здатність велика.

Висновок: в автотрофних сукцесіях види рослин з г-відбором змінюються видами з К-відбором.

Причини, що викликають сукцесії, зумовлені зовнішніми й внутрішніми, природними й антропогенними факторами. Розглянемо їх.

Кліматичні фактори. Кліматичні умови можуть викликати зміну одного біоценозу на інший. У часи максимального просування льодовика середня Європа являла собою тундру. Характерними видами були: карликові верби, берези, мохи, волосаті носороги, лемінги, вівцебики. У міжльодовиковий період потеплішало. Фауна й флора стали більш теплолюбивими.

Геологічні або едафічні фактори. Ерозія, утворення осадових порід, гороутворення, вулканізм можуть настільки змінити біотоп, що це викличе значні зміни в біоценозах.

Біологічні фактори — найбільш поширені фактори, які найшвидше приводять до зміни біоценозу. Прикладом дії таких факторів можуть бути:

- життєдіяльність грибів, бактерій, комах, які мешкають на мертвих деревах, постійно змінюють середовище існування й тим самим викликають зміну біоценозів;

- міжвидова конкуренція, що відіграє важливу роль у розвитку біоценозів;

- діяльність людини, яка в багатьох випадках призводить до порушення в біотопах, і як наслідок цього — до змін біоценозів (пожежа в лісі, вирубка лісу, перевипас худоби, будівництво дамб, запруда річок, осушення боліт, розорювання степів тощо).

Розрізняють сукцесії **первинні** й **вторинні**. Первинні сукцесії виникають у місцях, які до цього були не зайняті ґрунтоутворюючими процесами, позбавлені життя. Наприклад, формування флори й фауни на піщаній дюні, на застиглому льодовому потоку, на утвореному острові, на новому водосховищі.

Швидкість зміни одного біоценозу на інший при первинних сукцесіях невелика. Утворення клімаксного стану затягується інколи на століття.

Вторинні сукцесії виникають у місцях, які вже були заселені, а потім втратили своїх мешканців внаслідок кліматичних (пожежа, паводки), геологічних (ерозія, вулканічні виверження) або антропогенних (рубка лісу, осушення боліт, випас худоби) явищ.

Ю. Одум (США) узагальнив найбільш характерні особливості розвитку екосистем на різних стадіях сукцесій.

Висновок

1. Екологічні сукцесії — закономірний направлений процес, який можна передбачити.

2. Це наслідок змін, які відбуваються в середовищі існування та в угрупованнях.

Розглянемо три принципи функціонування екосистем з точки зору екологічних проблем, які виникають під час реалізації цих принципів у природі.

Перший принцип. Отримання ресурсів та вилучення відходів в екосистемах відбувається в рамках кругообігу елементів.

Цей принцип гармонійно пов'язаний із законом збереження маси речовини (атоми не зникають і не виникають безслідно, вони можуть використовуватися нескінченно: запас їх невичерпний). Цей закон з'явився понад 200 років тому. Прикладом порушення першого принципу функціонування екосистем є евтрофікація. Азот, фосфор, калій як елементи мінерального живлення разом з недоочищеними стоками надходять у водоймища. Накопичення біогенних елементів у водоймищах призводить до підвищення біологічної продуктивності фітопланктону, а саме синьо-зелених водоростей. Внаслідок цього пригнічується ріст вищої водної рослинності, відбувається замор риби, погіршуються питні властивості води.

Другий принцип. Екосистеми існують завдяки сонячній енергії, якої багато, оскільки вона утворюється внаслідок радіоактивних процесів на Сонці. Вона нешкідлива (відстань від Сонця до Землі — 150 млн км). Ця енергія постійна, й можна говорити, що вона вічна.

Третій принцип. Чим більше біомаса популяції, тим нижче повинен бути трофічний рівень, який вона займає. Або, на кінці довгих ланцюгів живлення не може бути великої біомаси.

Сьогодні цей принцип теж порушується. За останні 100 років народонаселення значно зросло (десь на 90 млн людей у рік). У багатьох країнах світу люди відносяться до III трофічного рівня, тобто їдять м'ясо. Щоб забезпечити людей білковою їжею, треба в 10 разів розширити посівні площі. Це приводить до ерозії та руйнування ґрунтів.

Запитання для контролю знань

1. Дайте визначення екосистеми.
2. У чому різниця між поняттями: екосистема, біогеоценоз, біоценоз?
3. Що таке консументи, продуценти, редуценти?
4. У чому сутність першого та другого законів термодинаміки?
5. Що таке ланцюги живлення й трофічна сітка?
6. Що таке екологічні піраміди? Які екологічні піраміди вам відомі?
7. Яка різниця між первинною й вторинною продуктивністю?
8. Назвіть принципи функціонування екосистем.
9. Що таке агроценози? Дайте характеристику агроценозів.
10. Що таке сукцесії та сукцесійні ряди? Наведіть приклади.
11. Який біоценоз називається клімаксом?
12. Які типи сукцесій вам відомі?
13. Які фактори викликають сукцесії?
14. Чим відрізняється гетеротрофна сукцесія від автотрофної?
15. Які організми називають r- та K-стратегіями?

ТЕМА 6. БІОСФЕРА

Перші уявлення про біосферу як «зону життя» сформулював Ж.Б.Ламарк (1802). Термін «біосфера» було введено в науку австрійським геологом Е.Зюссом (1875). Сучасне уявлення про біосферу було створене російським ученим В.І. Вернадським (1926). З точки зору ієрархії організмів у живій матерії біосфера — це сукупність усіх екосистем, що розповсюджені в межах геосфер, з якими взаємодіє жива оболонка Землі. В.І. Вернадський називав біосферою ту частину нашої планети, в якій існує або коли-небудь існувало життя і яка постійно зазнає або зазнавала дії живих організмів.

Розглядаючи питання про біосферу, не можна не сказати про Володимира Івановича Вернадського, з ім'ям якого пов'язано вчення про біосферу.

Володимир Іванович Вернадський народився в Петербурзі 12 березня 1863 року. Через 5 років уся родина Вернадських переїжджає до Харкова. Ще з дитинства молодого Вернадського турбували думки про таємниці Землі. Батьки віддають його до гімназії, де він вчить іноземні мови, вивчає історію, філософію. Після закінчення гімназії Вернадський вступає на фізико-математичний факультет Петербурзького університету. Науки там викладали такі вчені, як Д.І. Менделєєв, А.М. Бекетов, В.В. Докучаєв (чий ім'ям зветься Харківський національний аграрний університет), І.М. Сеченов та інші. Саме вони зародили у Вернадського думки про Землю, Космос, про особливості життя планети. Під час навчання в університеті він починає активно брати участь у експедиціях з вивчення ґрунтів, мінералів. З часом усі свої думки й праці Вернадський втілює в наукових доповідях та статтях. У 1897 році він захищає докторську дисертацію й незабаром стає професором Московського університету. Читає лекції в Парижі, організовує Радієвий інститут, публікує свою видатну монографію «Біосфера».

Думки про вплив життя на природні процеси, що відбуваються на Землі, були вперше науково обґрунтовані на межі ХІХ-ХХ століть у працях В.В.Докучаєва. У 20-х роках минулого століття в працях В.І.Вернадського була розроблена уява про біосферу як глобальну єдину систему Землі, в якій увесь хід геохімічних та енергетичних перетворень визначається життям.

Участь кожного окремого організму в геологічній історії Землі надзвичайно мала. Проте живих істот на Землі нескінченно багато, вони мають великий потенціал розмноження, активно взаємодіють із середовищем існування і у своїй сукупності утворюють глобальний за масштабом фактор, який перетворює верхні оболонки Землі. Значення організмів зумовлене тим, що вони мають велике різноманіття, широко розповсюджені, вже довго існують в історії нашої планети; мають

вибіркову біохімічну діяльність і виключно високу хімічну активність порівняно з іншими компонентами природи.

Усю сукупність організмів на планеті В.І.Вернадський назвав **«живою речовиною»**. Основними характеристиками її є сумарна маса, хімічний склад і енергія. У 1919 р. він писав: «Под именем живого вещества я буду подразумевать всю совокупность организмов, растительности и животных, в том числе и человека. С геохимической точки зрения, эта совокупность организмов имеет значение только той массой вещества, которая её составляет, её химическим составом и связанной с ней энергией» (Вернадський, 1969).

Біосфера — це зона Землі, на яку впливає жива речовина. Із сучасних позицій біосферу розглядають як найбільш велику екосистему планети, яка підтримує глобальний кругообіг речовин.

Усі екосистеми планети (моря, гори, болота, ліси, степи, пустелі й напівпустелі, агроценози, естуарії та багато інших) у сукупності складають величезну екологічну систему планети — біосферу.

Біосфера — оболонка Землі, склад, енергетика та організація якої зумовлені взаємодією її біотичних і абіотичних компонентів. Біосфера включає всі організми, їх залишки, зони атмосфери, гідросфери й літосфери, які населені та видозмінені цими організмами.

До складу біосфери, крім живої речовини (рослин, тварин і мікроорганізмів), входять біогенна, біокосна і косна речовини.

Біокосна речовина, за В.І. Вернадським, — речовина, яка виникла внаслідок спільної діяльності живих організмів та абіотичних процесів. Це джерело дуже потужної потенціальної енергії (грунт, вода, кора вивітряння, атмосфера, нафта, кам'яне вугілля, бітуми, вапняки).

Косна речовина — речовини неорганічного походження. Крім того, до складу біосфери входять радіоактивні речовини, які утворюються внаслідок розпаду радіоактивних елементів.

Найбільш суттєвою рисою біосфери є **біогенна міграція атомів хімічних елементів**, яка викликана енергією Сонця й позначається процесом обміну речовин, ростом і розмноженням організмів. Сучасне життя поширене в гідросфері, літосфері й атмосфері. Межа життя в атмосфері визначається наростанням з висотою ультрафіолетової радіації. Усе живе, що піднімається вище озонового екрана (25-27 км), гине. У гідросфері життя поширене до більш значних глибин — до максимальних (11 км). У літосфері життя обмежує температура гірських порід і підземних вод. Найбільша глибина, де у породах земної кори виявлено бактерії, становить 4 км (нафтоносні родовища). Біосфера виникла одночасно з виникненням життя на Землі (понад 4 млрд років тому) у вигляді примітивних біоценозів у первинному Світовому океані. Понад 450 млн років тому біосфера почала включати суходоли. Еволюція біосфери на суходолі призвела до виникнення великого біорізноманіття.

Основними факторами еволюції біосфери сьогодні слід вважати: абіотичні (космічні, геологічні), біотичні (мінливість, спадковість, боротьба за існування, природний добір), а також антропогенні.

Загальна біомаса біосфери складає понад 85-100 млрд тонн сухої органічної речовини, в тому числі у Світовому океані — 30 млрд тонн сухої органічної речовини або $4,2 \cdot 10^{21}$ Дж на рік.

Потенціальна біопродуктивність біосфери є основним джерелом забезпечення людства продуктами харчування. Глобальний дефіцит продуктів харчування зумовлений обмеженістю потенціальної продуктивності біосфери й демографічним вибухом.

Розподіл життя в біосфері характеризується значною нерівномірністю. Воно слабо розвинене в пустелях, надрах землі, глибинах океану, високо в горах, тоді як в інших ділянках біосфери надзвичайно багате й різноманітне. Найвища концентрація живої речовини спостерігається на межах поділу основних середовищ — у ґрунті, в поверхневих шарах океану, на дні водоймищ і особливо — на літоралі, в мішаних лісах та естуаріях річок, де всі три середовища — ґрунт, вода й повітря — близькі один до одного. Усі місця найбільшої концентрації організмів у біосфері В.І. Вернадський назвав «плівками життя».

В.І. Вернадський вивчав хімічний склад живих організмів. Було встановлено, що сумарний хімічний склад живих організмів багато в чому відрізняється від складу атмосфери й літосфери. Він наближений до хімічного складу гідросфери абсолютною перевагою атомів водню й кисню. В живих організмах на відміну від гідросфери велика частка вуглецю, кальцію й азоту.

Сьогодні відомо, що 99,9% маси живих організмів припадає на 14 елементів (H, O, C, N, Ca, K, Si, Mg, P, S, Al, Na, Fe, Cl), котрі переважають і в земній корі, становлячи в ній 98,9%, тільки в інших співвідношеннях.

У організмах виявлено майже всі елементи таблиці Д.І. Менделєєва, тобто вони характеризуються тією ж хімічною будовою, що й нежива природа. В.І. Вернадський вважав, що жива речовина є найактивнішою формою матерії у Всесвіті. Вона здійснює велетенську геохімічну роботу в біосфері.

Жива речовина в біосфері виконує такі планетарні функції:

1. Енергетична функція живої речовини полягає в трансформації понад 99% енергії, що надходить на поверхню Землі, від Сонця. Переважно ця енергія йде на хімічні й фізичні процеси в гідросфері, літосфері й атмосфері. На Землі існує лише один процес, коли енергія Сонця зв'язується й запасується (іноді на досить тривалий час) у вигляді енергії органічних сполук. Це фотосинтез. Спалюючи кам'яне вугілля, ми використовуємо сонячну енергію, яку запасли рослини сотні мільйонів

років тому. Для сучасної біосфери характерні поклади вугілля та інших органічних речовин, які утворились у палеозої, мезозої й кайнозої.

2. Редуцентна функція полягає в тому, що за рахунок життєдіяльності величезної кількості гетеротрофів, в основному грибів, тварин і мікроорганізмів, відбувається робота з розкладання органічних решток. Органічні сполуки розкладаються до вуглекислого газу, аміаку, води, а в анаеробних умовах — ще й до водню та вуглеводів. Продукти мінералізації знову використовуються автотрофами. Так здійснюється кругообіг речовин у природі. Крім того, в ґрунті частина речовин ароматичної природи, які вивільняються, під впливом життєдіяльності мікроорганізмів, знову сконденсується з утворенням складного комплексу сполук — ґрунтового гумусу. Цей процес стимулюється діяльністю багатьох ґрунтових груп гетеротрофів. Гумус є основою родючості ґрунту.

3. Газова функція живої речовини пов'язана з тим, що багато газів планети мають органічне походження, тобто є продуктами життєдіяльності живих істот. Так, кисень в атмосфері, на долю якого припадає 21%, виділяється внаслідок фотосинтезу зеленими рослинами. Накопичення кисню в атмосфері почалося ще з докембрію. До настання палеозою вміст його, за деякими даними, не перевищує 10% сучасного. Весь наявний вільний кисень в атмосфері оцінюється в $1,6 \cdot 10^{16}$ г, зелені рослини можуть відтворити його за 10 000 років (Н.М.Чернова, О.М.Билова, 1986). У верхніх шарах тропосфери під дією ультрафіолетового випромінювання з кисню утворюється озон. Існування озонового екрану також є наслідком діяльності живої речовини, яка, за висловом В.І.Вернадського, «мовби сама створює собі сферу життя».

Вуглекислий газ є також продуктом дихання всіх живих істот планети. Сучасна атмосфера містить 0,3% CO_2 . Вміст CO_2 в атмосфері раннього періоду розвитку життя був значно вищим. Протягом фанерозою він змінювався в досить широкому діапазоні. В девоні на початку карбону, а також у пермі він перевищував сучасний рівень у 6-10 разів, а починаючи з середини крейди неухильно знижується.

Азот може надходити в атмосферу за рахунок процесу денітрифікації (відновлення окислів азоту до вільного азоту). Цей процес відбувається під дією мікроорганізмів у ґрунтах за анаеробних умов.

До газів органічного походження належить також сірководень, метан і безліч інших летких сполук, створених живою речовиною. Протягом одного дня 1 га ялінцевого лісу може виділити в атмосферу до 30 кг летких речовин — фітонцидів.

4. Окислювально-відновна функція полягає в тому, що за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів у біосфері здійснюються такі хімічні процеси, як окислення й відновлення елементів із змінною валентністю (азот, сірка, залізо, марганець та ін.). До таких мікроорганізмів належать денітрифікуючі і сульфатредуючі бактерії, які відновлюють з окислених

форм азот до елементарного стану та сірку з сірководню. Мікроорганізми-окислювачі можуть бути як автотрофами, так і гетеротрофами. Це бактерії, які окислюють сірководень і сірку, нітри — і нітрофікуючі мікроорганізми, залізні й марганцеві бактерії, що концентрують ці метали в своїх клітинах. Геологічні наслідки діяльності цих організмів виявляються в утворенні осадових родовищ сірки, утворенні в анаеробних умовах покладів сульфідів, металів, а в аеробних умовах — у виникненні залізних і залізомарганцевих руд.

5. Концентраційна функція полягає в тому, що численні організми наділені здатністю накопичувати, концентрувати в собі певні елементи, незважаючи на подекуди надто мізерний вміст їх у навколишньому середовищі. Організми можуть концентрувати в собі кальцій, кремній, натрій, амоній, йод тощо. Відмираючи, вони утворюють сполучення цих речовин. Виникають поклади таких сполук, як вапняки, боксити, фосфорити, осадова залізна руда та ін. Багато з них людина використовує як корисні копалини.

У цілому біосфера схожа на великий, гігантський організм, в якому автоматично підтримується гомеостаз та існують різні зв'язки: енергетичні, хімічні, трофічні, інформаційні.

В.І.Вернадський розробляв також вчення й про ноосферу. Сам термін «ноосфера» (noos — розум, Sphaira — куля, тобто сфера, в якій діє розум) був запропонований двома французькими вченими С. Леруа і Тейяром де Шарденом. За Вернадським, ноосфера — це такий етап розвитку біосфери, коли розумова діяльність людини стане головним, провідним фактором у біосфері. Слід відзначити, що В.І. Вернадський розглядав ноосферу як майбутній стан біосфери. На його погляд, цивілізація ще дуже далека від такого стану.

У своїй книзі «Несколько слов о ноосфере» він у 1944 році визначив декілька загальних умов, необхідних для створення або переходу до ноосфери:

1. Суспільство повинно бути єдиним в інформаційному й економічному відношеннях.

2. Ноосфера — явище всепланетне, тобто суспільство повинно прийти до рівності рас і народів.

3. Ноосфера не може бути створена доти, поки не припиняться війни між народами.

6.1. Біогеохімічні цикли.

Хімічні елементи циркулюють у біосфері характерними шляхами із зовнішнього середовища в організм і знову в зовнішнє середовище. Процеси руху хімічних елементів, які відбуваються за участі живої речовини, називаються біогеохімічними циклами. Рух необхідних для

життя елементів і неорганічних сполук можна назвати колообігом елементів живлення. Стосовно біосфери, біогеохімічні цикли можна розподілити на два основні типи: 1) кругообіг газоподібних речовин з резервним фондом в атмосфері або гідросфері; 2) осадовий цикл з резервним фондом у земній корі.

Із газоподібних кругообігів розглянемо два глобальних кругообіги — вуглецю й води. Вони мають дуже велике значення для людства. Від змін, які відбуваються в цих колообігах, залежить майбутнє людства на Землі. Вуглекислий газ надходить в атмосферу за рахунок дихання всіх організмів. Друге його джерело — виділення по тріщинах земної кори з осадових порід завдяки хімічним процесам (рис. 33).

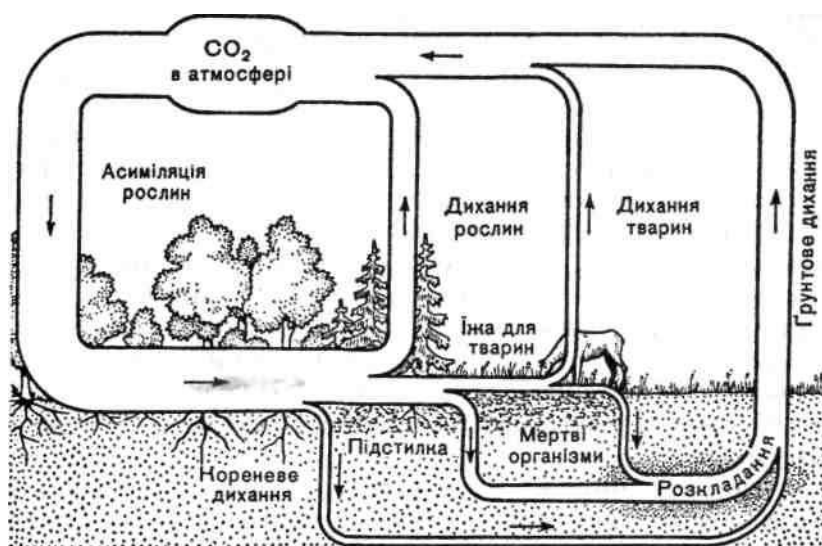


Рис. 33. Біологічний кругообіг вуглецю (за Б. Боліним, 1972)

Можна вважати, що цей CO₂ теж має біогенне походження. Частина вуглекислого газу надходить в атмосферу з мантиї Землі під час вулканічних вивержень. Це 0,01% всього CO₂, що виділяється живими організмами (Н.М.Чернова, О.М.Билова, 1986). Крім CO₂, в атмосфері присутні в невеликій кількості СО (0,1 частини на мільйон) і СН₄ — 1,6 частини на мільйон. Ці сполуки, як і CO₂, перебувають у швидкому кругообігу: 0,1 року для СО; 3,6 року для СН₄ і 4 роки для CO₂. СО і СН₄ утворюються під час неповного або анаеробного розкладу органічних сполук. Надалі в атмосфері вони окислюються до CO₂. Сьогодні запаси вуглецю в атмосфері оцінюють у 700 млрд тонн, а в гідросфері — 50 000 млрд тонн. Річний фотосинтез складає для атмосфери 30 млрд тонн і для гідросфери — 150 млрд тонн. Виходячи з цих цифр, час кругообігу CO₂ складає 300-400 років (Р. Дажо, 1975). Кількість CO₂ в атмосфері не зменшується, його запаси постійно збільшуються за рахунок дихання, бродіння, зведення лісів, розорювання ґрунтів, згоряння. Зі збільшенням вмісту CO₂ в атмосфері пов'язана глобальна екологічна проблема — потепління клімату.

Кругообіг води на планеті. Цей кругообіг добре викладений у Ю.Одума (1989). На рис. 34 кругообіг показано з точки зору енергетики водної екосистеми.

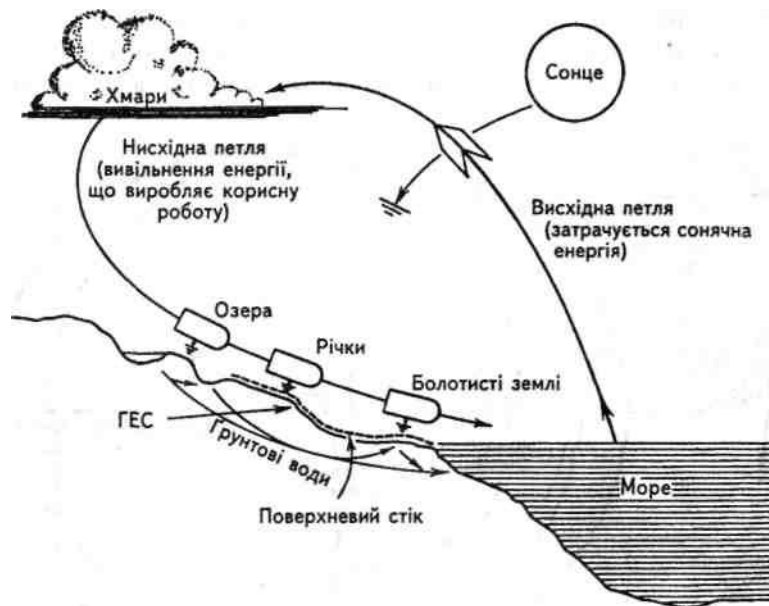


Рис. 34. Енергетика гідрологічного циклу

Шляхи: перший — використовує сонячну енергію, а другий віддає енергію озерам, річкам і виконує роботу, корисну для людини (наприклад на ГЕС) (за Ю.Одумом, 1986)

Частина кругообігу здійснюється за рахунок енергії Сонця, в інших частинах кругообігу енергія звільняється й може бути використана екосистемами й гідроелектростанціями. Близько третини енергії Сонця, яка надходить до Землі, витрачається на кругообіг води. Ю.Одум звертає увагу на два аспекти кругообігу води:

1. Море втрачає через випаровування більше води, ніж отримує з опадами; на суходолі ситуація протилежна. В деяких районах планети 90% опадів приноситься з моря (долина Міссісіпі).

2. Внаслідок діяльності людини стік збільшується, а поповнення фонду ґрунтової води скорочується. Вода в деяких районах стає, як нафта, ресурсом, що не відновлюється.

Стосовно кругообігу азоту, то більшість студентів вже добре з ним знайома з таких навчальних дисциплін, як основи сільського господарства, фізіологія рослин. На рис. 35 наведена схема основних стадій кругообігу азоту в природі.

Кругообіг кисню. Кисень атмосфери накопичений за рахунок фотосинтезу. Єдине джерело абіогенного надходження вільного кисню — фотоліз води у верхніх шарах атмосфери. У природі існує два фундаментальних процеси, протилежних один одному, — це фотосинтез у рослин і дихання. Кількість молекул O_2 , що їх виділяють зелені рослини, пропорційна кількості молекул CO_2 , що зв'язуються. Кисень, що

виділяється під час фотосинтезу, йде на дихання живих істот та на окислення вуглецю під час мінералізації органічних сполук. Накопичення кисню в атмосфері планети розпочалося ще з докембрію. Надалі концентрація кисню зростала й досягла сьогодні 21%. Збільшення кисню в атмосфері в далекі геологічні часи можна розглядати як величезну екологічну катастрофу. Оскільки більшість прокариотів кембрію та палеозою не була пристосована до підвищення концентрації кисню, то вони звільнили місце для інших таксонів. Весь наявний запас кисню оцінюється в $1,6 \cdot 10^{15}$ г. Зелені рослини можуть відтворити його за 10 000 років (Н.М.Чернова, О.М.Билова, 1986).

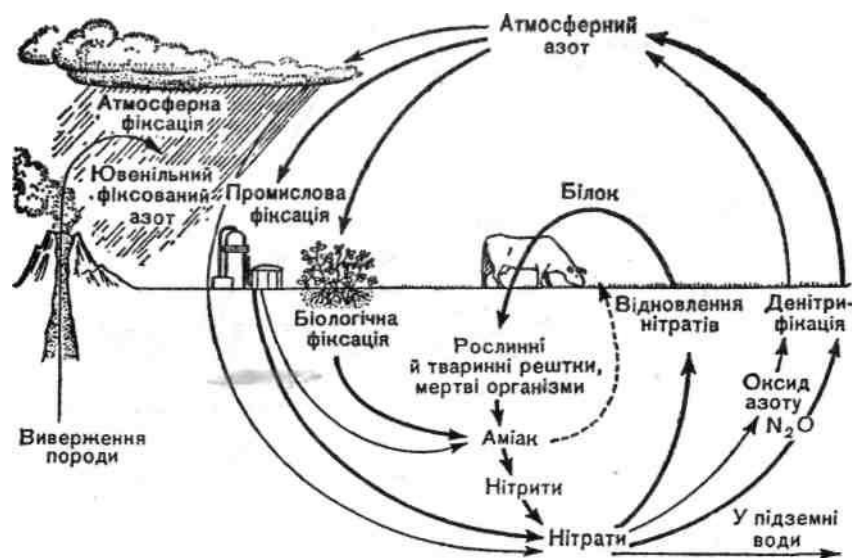


Рис. 35. Кругообіг азоту в біосфері (за К. Делвичем, 1972)

Осадочний цикл. Більшість елементів і сполук «прив'язані» до Землі. Їх кругообіги входять у загальний осадовий цикл. Циркуляція в такому циклі здійснюється шляхом ерозії, гороутворення, вулканічної діяльності, утворення осаду.

До осадових циклів відносять кругообіг фосфору, сірки, натрію, кальцію. Ці цикли добре викладені в монографіях з екології Ю.Одума (1989), М.Бігона, Дж.Харпера (1989), Р.Дажо (1975), куди можуть звернутися всі, кого цікавлять ці питання.

Запитання для контролю знань

1. Що таке біосфера? Схарактеризуйте сучасні уявлення про біосферу.
2. Які елементи входять до складу біосфери?
3. Назвіть планетарні функції живої речовини біосфери.
4. Проаналізуйте вчення В.І.Вернадського про ноосферу.
5. Назвіть основні біогеохімічні цикли.
6. Як відбувається кругообіг води на планеті?
7. Складіть схему кругообігу кисню.

ТЕМА 7. КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ЕКОСИСТЕМ СВІТУ. у

Екосистеми, що є в сучасній біосфері, належать до двох основних категорій. По-перше, це природні екосистеми, що виникають та існують незалежно від людини, і, по-друге, штучні антропогенні екосистеми, які (наприклад, посіви) створюються людиною.

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

- Екосистеми найвищої продуктивності, в межах 2000 — 3000 г/м² на рік. До них належать екосистеми тропічних вологих лісів.
- Екосистеми високої продуктивності, в межах 1000 — 2000 г/м² на рік. До них належать листяні ліси помірної зони та луки.
- Екосистеми помірної продуктивності, в межах 250 — 1000 г/м² на рік. До них належать степи та чагарники.
- Екосистеми низької продуктивності, менше 250 г/м² на рік. До них належать пустелі та напівпустелі.

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

Дамо короткі характеристики окремих екосистем нашої планети. При загальній характеристиці екосистем звернемо увагу на основні компоненти, які визначають тип функціонування екосистеми, характерний вигляд і склад фауни та флори.

7.1. Тундри.

Екосистеми тундр розміщуються головним чином у Північній півкулі, на Євро-Азіатському та Північно-Американському континентах в районах, що межують з Північним Льодовитим океаном. Загальна площа, яку займають екосистеми тундр та лісотундри у світі, дорівнює 7 млн. км² (4,7% площі суходолу). Середня добова температура вище 0° С спостерігається протягом 55—118 діб у рік. Вегетаційний період починається в червні та закінчується у вересні. Кількість опадів незначна — 200 — 400 мм на рік, але вологість ґрунту влітку досить висока внаслідок низького випаровування (на нього витрачається тільки 30% загальної кількості опадів) та наявності вічної мерзлоти. Суворість клімату тундри посилюють постійні сильні вітри, в зимовий період під їхнім впливом відмирають усі частини рослин, що височать над поверхнею снігу. Тундри Євразії та Північної Америки дуже подібні між собою. Ареали багатьох видів рослин і тварин тундр охоплюють обидва

континенти. Аналогічні кліматичні умови складаються у високогір'ї, де формуються гірські тундрові екосистеми, що схожі на зональні.

Рельєф поверхні тундри в основному рівний. Ґрунти слабо розвинуті, торфові та болотисті. Вони погано прогриваються і тому процеси гуміфікації та мінералізації йдуть в них повільно. Ґрунти завжди кислі, вміст гумусу в них не перевищує 1 — 2%.

У рослинному покриві переважають низькорослі чагарники — карликова берізка, приземкуваті види верби, чорниця, лохина та водяниця.

Місцями ростуть осоки та пухівка. Основний фон рослинного покриву становлять куцисті лишайники та мохи. Широко розповсюджені види лишайників з родів *Ciaclonia* та *Seigaria*. До них належить відомий оленячий мох — ягель. Вищі рослини тундр, звичайно, представлені багаторічними видами, що мають потовщені підземні частини з запасами поживних речовин, завдяки яким забезпечується раннє весняне відростання та швидке цвітіння. Ця особливість тундрових рослин дуже важлива в умовах короткого літа. Тваринний світ екосистем тундр бідний. Його формування обмежують злидений запас рослинної їжі та суворість клімату. На зиму більшість мешканців тундри мігрує в лісову зону, птахи відлітають на південь. Постійними зимовими мешканцями тундри є невелика кількість видів: лемінги, деякі ховрахи, песці, полярна сова. Влітку життя тундр оживляє маса водоплавних птахів (гуси, казарки, качки, кулики), але вони включаються в тундрові трофічні ланцюги тільки частково, оскільки харчуються в основному на прибережних водоймах. Однак гуси та качки використовув в їжу до 50 — 80% рослинності тундри в місцях свого гніздування.

Постійними мешканцями тундри є північні олені. Але це кочові тварини. Вони залишають тундру на зимові місяці, коли з-під твердого снігового покриву вони не можуть здобувати ягель — основну свою їжу. Середину літа північні олені проводять на узбережжі, де достатньо кормів та вітер відганяє кровосисних комах. Такий самий характер мають кочівлі і домашніх північних оленів. У результаті перевипасу оленями мохолишайникові тундри перетворюються в лугові з переважанням на них щучнику і тонконога. Хижаки тундри представлені совами, песцями, частково білим ведмедем. У цілому вони нечисленні. Чисельність хижаків у різні роки помітно змінюється, повторюючи відповідні зміни чисельності травоядних тварин, особливо лемінгів. Ґрунтові тварини заселяють тільки поверхневі частини ґрунту. У деструкції органічної речовини в екосистемах тундри перше місце посідають не бактерії, а гриби.

Загалом вплив тварин на рослинний покрив тундр досить великий. На прикладі тундр добре помітна взаємозумовленість існування цих двох груп живих організмів. Первинна продуктивність екосистем тундр невелика — складає в середньому 140 г сухої органічної речовини на 1 м²

в рік. Валова біологічна продуктивність в тундрах не перевищує 340 г/м² у рік. Запаси фітомаси коливаються від 0,1 до 100 тонн на гектар. Тундрові екосистеми характеризуються крихкістю та вразливістю. Порушення цих екосистем тривають досить довго, відновлювальні процеси йдуть поволі.

7.2. Лісові екосистеми помірною поясу.

Лісові екосистеми займають на Земній кулі великі площі. В їхньому рослинному покриві переважають дерева. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов та географічного положення лісові екосистеми поділяються на тайгу, змішані та листяні ліси.

Тайга. Тайгою називають шпилькові ліси, що широкою смугою простягаються на Євро-Азіатському та Північно-Американському континентах південніше від лісотундри. Екосистеми тайги займають 13,4 млн. км², що становить 10% поверхні суходолу або 1/3 всієї лісовкритої території Земної кулі.

Для екосистем тайги характерна холодна зима, хоча літо доволі тепле і тривале. Сума активних температур у тайзі становить 1200—2200°. Зимові морози сягають до -30°-40°C. Опадів випадає від 300 до 1600 мм на рік. Ґрунтові процеси, внаслідок тривалої зими, йдуть малоактивно, гуміфікація сповільнена. Ґрунти в основному підзолисті.

Деревостій у тайзі представлений ялиною сибірською або європейською, ялицею, соснами та модриною. У Північній Америці їх замінюють тсуга та псевдотсуга. Всі ці види в цілому мало вибагливі щодо родючості ґрунту. Модрина переважає на сході Євразії, сосна тяжіє до сухих або заболочених ґрунтів. Для Земної кулі екологічно важливі соснові ліси — вони займають друге місце після вологих тропічних лісів за продукцією газоподібного кисню в розрахунку на одиницю поверхні ґрунту.

Кореневі системи дерев, як правило, поверхневі (окрім сосни). Це робить тайгу нестійкою до посух та схильною до буреломів. Зімкнутість крон дерев висока і на землю проникає мало світла. Тому у тайзі слабо розвинуті підлісок і трав'яний покрив. Ґрунт вкритий зеленими мохами, а в більш вологих місцях — сфагнумом. На моховому покриві часто ростуть дрібні чагарнички — брусниця, чорниця, лохина та мучниця.

Фауна екосистем тайги багатша, ніж тундри. Важливим видом кормів є насіння шпилькових порід дерев. Ними харчується велика кількість видів гризунів та птахів. Врожаї насіння шпилькових порід досить сильно змінюються у різні роки, тому у тварин спостерігаються кочівлі. Важливим джерелом корму в тайзі є бруньки дерев та чагарників, їх широко використовують в їжу. Численні тут і комахи-фітофаги, зокрема, ті, що живляться деревиною. На деревах оселяється велика кількість видів паразитичних та сапрофітних грибів. Є тут також тварини ризофаги, що живляться корінням. Найбільш характерні в цій групі дротяники —

личинки жуків-коваликів. Фауна хижаків представлена риссю, соболом, росомахою, вовком, бурим ведмедем, лисицею. Чимало тут комахоїдних видів птахів — дятли, повзики, дрозди, синиці та інші. Є тут також земноводні та плазуни. У тайзі трапляється багато кровосисних комах (кліщі, комарі, мошки та інші). У цілому трофічна мережа тайги багатша та складніша, ніж у тундрі. Трофічні ланцюги більш довгі та мають паралельні ділянки, тому екосистеми тайги порівняно з тундровими стійкіші до різних порушень.

Біомаса екосистем тайги складає 350—400 тонн/га, а річна продукція — 8—10 тонн/га. В умовах більш континентального клімату, де переважає модрина та деревостої розріджені, біомаса знижується до 50—200 тонн/га, а річна продукція до 4—6 тонн/га.

Екосистеми тайги можуть також формуватися в гірських масивах і представляють там один із гірських поясів. Такі типи екосистем можна спостерігати в Карпатах. Тут вони утворені ялиною європейською, білою ялицею та сосною. Деревостої частіше однарусні, підлісок відсутній. Для фауни гірських поясів характерна присутність ізольованих популяцій таких видів, як глухаря та довгохвостої сови.

Змішані та листяні ліси помірної зони. Екосистеми цього виду поширені на півдні від зони тайги. Вони охоплюють майже всю Європу, простягаються більш чи менш широкою смугою в Євразії, добре виражені в Китаї. Є ліси такого типу й в Америці. І Кліматичні умови в зоні листяних лісів більш м'які, ніж у зоні тайги. Зимовий період триває не більше 4—6 місяців, літо тепле. На рік випадає 700—1500 мм опадів. Ґрунти підзолисті. Листовий опад сягає 2—10 тонн/га на рік. Він активно залучається до гуміфікації та мінералізації. Тому ґрунти листяних лісів багатші на гумус та мінеральні речовини, ніж ґрунти у тайзі. Запас гумусу досягає 10—20 тонн/га. У фауні ґрунтових фітофагів переважають дощові черв'яки, але й чимало нематод, ківсяків, багатоніжок, кліщів-орібатід. Для екосистем, утворених листопадними породами, характерний різко контрастний режим освітленості. Взимку та напровесні, коли дерева та чагарники стоять без листя, освітленість на рівні ґрунту висока; влітку, навпаки, затінення стає досить високим. Це приводить до появи у листяних лісів особливої синузії весняних ефемероїдів, їхня активна життєдіяльність проходить ранньою весною, коли температура вже підвищилася, але дерева ще не встигли одягнутися у листя.

В Європі можна виділити три основні зони за переважаючими лісоутворюючими породами. У Західній Європі переважають ліси дуба черешчатого з домішками сосни, берези, вільхи, осики та клена. У Центральній Європі ліси утворені буком європейським, грабом та липою. На західному узбережжі Європи, у Франції та Великобританії більш поширені дуб черешчатий та дуб скелястий, граб. Ярусна структура

листяних і змішаних лісів складніша, ніж у тайги. Найбільш складна будова у лісів Білорусі та Правобережної України.

Тваринне населення екосистем листяних лісів доволі різноманітне. Характерна наявність великих рослиноїдних видів ссавців. У змішаних і листяних лісах живе велика кількість видів птахів та хижаків. Деякі птахи та ссавці мігрують на зиму в більш південні місця, де менше снігу та легше здобути їжу. У групі лісових комах багато ксилофагів, що харчуються живою та мертвою деревиною. Є комахи (наприклад, дубова листовійка), що пристосувалися поїдати листки. У ґрунті є багато видів ризофагів: дротяники — личинки жуків-коваликів та личинки пластинчатовусих жуків і особливо хрущів. У цілому для екосистем змішаних та листяних лісів характерні складні трофічні мережі.

Запаси біомаси в листяних лісах становлять 400—500 тонн/га при річній продуктивності 10—50 тонн/га. На частку зоомаси припадає до 1 тонни/га, що перевищує цей показник в усіх інших біомах суходолу.

Південний кордон поширення листяних лісів визначає дефіцит вологи та засолення ґрунту. Тут ліси поступово переходять у лісостеп, а далі у степи.

Екосистеми листяних і змішаних лісів розташовані у найбільш сприятливому кліматі, де здавна оселялася людина. Це призвело до того, що величезні масиви таких лісів були вирубані. У середньому вже втрачено понад 3/4 площі змішаних і листяних лісів помірної зони. У США 3/4 таких лісів вирубано, в Китаї — 90%. У лісах, що збереглися, спостерігається збідніння флори та фауни.

В Україні ліси становлять 13,8% усієї території. Відповідно до лісових деревних порід вони розподіляються таким чином: соснові ліси займають 33,6% загальної території, ялинові — 9,8%, ялицеві — 1,4%, дубові бори — 26,1%, букові ліси — 9,8% , вільхові — 4,3% , березові — 5,6%.

7.3. Вічнозелений тропічний дощовий ліс.

Тропічні дощові ліси — джунглі — формуються в умовах досить вологого та жаркого клімату. Сезонність тут не виражена і пори року розпізнаються за дощовим та відносно сухим періодами.

Середня місячна температура цілорічно тримається на рівні 24° — 26°С і не опускається нижче плюс 18° С. Опадів випадає в межах 1800—2000 мм на рік. Відносна вологість повітря зазвичай перевищує 90% . Тропічні дощові ліси займають площу, рівну 10 млн. кв. км. У фітомасі тропічного лісу утримується 40% всього зв'язаного вуглецю планети. Основні масиви таких лісів розміщені в басейні ріки Амазонки (Південна Америка), в басейні ріки Конго (Африка) та на південному сході Азії. Ґрунти слаборозвинуті, бідні на поживні речовини внаслідок швидких процесів гуміфікації та мінералізації. Усі поживні речовини швидко перехоплюються корінням або вимиваються з ґрунту зливами. Коріння

рослин проникають у ґрунти не глибше 50 см. Такі ґрунти після вирубки лісу та сільськогосподарського використання швидко піддаються ерозії та втрачають родючість.

Загальною особливістю тропічного дощового лісу є надзвичайно велике розмаїття видів рослин і тварин. Тут представлено майже 50% світового генофонду рослин і 2/3 видів тварин планети. Майже всі рослини тут вічнозелені. Тривалість життя окремого листка 12—14 років, опадають вони поступово, і рослини завжди стоять вкриті листям. Частина листків має пристосування до всмоктування дощової води, інші — навпаки, пристосовані до швидкого стікання води з їхньої поверхні вздовж спеціальних жолобків та виростів. Широко представлені епіфіти, що оселяються на стовбурах та гілках дерев. На епіфіти особливо багата Америка. Цвітіння рослин тропічного дощового лісу спостерігається протягом усього року.

Тропічні дощові ліси мають складну багаторярусну структуру рослинного компонента, яка впливає на ярусне розміщення тварин. На поверхню ґрунту потрапляє мало світла, воно перехоплюється верхніми ярусами, і тому трав'яний покрив зріджений або зовсім відсутній. Усе життя такого лісу зосереджене на верхніх ярусах.

Фауна тропічного дощового лісу також різноманітна. Тут багато видів комах, плазунів та птахів. Ссавці представлені значно менше, великих видів мало. Біомаса тропічного лісу складає 350—700 і навіть 1000 тонн/га, опаду — до 100 тонн. Тваринна біомаса сягає до 200—300 кг/га, або 0,02% усієї біомаси. На частку хребетних припадає 13—20 кг/га. У цілому тут найбільша щільність біомаси на планеті.

Екосистеми тропічного дощового лісу є важливими постачальниками газоподібного кисню: вони продукують його в кількості 30 тонн/га на рік. Поглинання вуглецю та виділення кисню в тропічних лісах зрівноважені.

Екосистеми тропічного дощового лісу при всій своїй складності досить крихкі і легко можуть бути зруйновані під впливом господарської діяльності людини. Найбільших збитків завдає вирубування цінних порід деревини, наприклад, червоного дерева, махогонії, білого кедра, бальси, ебенового дерева. Для лісозаготівлі та потреб перелогової системи землекористування щороку вирубують майже 7,1 млн. га лісу. Зокрема, в Африці початкова площа тропічного дощового лісу скоротилася більш як на 60%. Відновлення ж екосистем тропічного лісу йде поволі та вимагає десятиків, якщо не сотень років.

7.4. Степи.

Степові екосистеми формуються в помірному поясі в умовах посушливого клімату і тому для них характерне внутрішньоконтинентальне розташування. Середньорічна температура дорівнює плюс 3—7,5°C. Опадів випадає на рік від 250 до 750 мм. Зволоження є

головним фактором, що визначає розвиток рослинного покриву. У Північній півкулі степова зона розташовується на півдні від лісової та широкою смугою тягнеться в центрі Євразії. У місцях з океанічним типом клімату степи виклинюються та заміщуються іншими екосистемами. Аналогічне розташування і у степів на Північно-Американсь-кому континенті (тут їх називають преріями). У Південній півкулі аналогом степів є пампа та злакові рослинні угруповання.

Ґрунти степів — це потужні чорноземи (тільки в південній частині їх замінюють бідні чорноземи та каштанові ґрунти). Підстилка завжди незначна, вона швидко гуміфікується. Але швидкість мінералізації тут низька. Це є причиною накопичення потужних шарів гумусу. Його тут в 5—10 разів більше, ніж у лісовій зоні. Коріння рослин проникає у ґрунт на глибину до 2 м. Рослинний покрив степів формується за рахунок багаторічних трав. Головним чином це злакові. Рослинному покриву степів характерна полідомінантність та багатоярусність травостою. Є в степах і чагарники та чагарнички, але суцільного ярусу вони не утворюють. Усі рослини степів несуть на собі ознаки пристосованості до недостатності вологозабезпечення. У них є опушення, восковий покрив на листках, глибокі кореневі системи. Степам характерне почергове цвітіння різних видів рослин, що проявляється в послідовній зміні аспектів. Протягом вегетаційного періоду їх буває 8—10. Видове різноманіття в степах досить значне, на 1 кв. м реєструється до 80 видів квіткових рослин. У північних частинах степів переважають мезофітні крихкодернові та кореневищні злаки, в південних їх замінюють дерновинні. Північні степи іноді називають луговими, або ковилково-різнотравними. Південний степ завжди має переважну більшість злаків, які представлені різнотравно-типчаково-ковилковими, типчаково-ковилковими та полинно-злаковими формаціями. Тваринний світ сучасних степів сильно збіднений та фрагментований.

У нижніх ярусах степів травоядні тварини представлені гризунами, що живляться насінням. Тут також поширені гризуни-ризофаги, що поїдають корені. Вони переміщують величезні об'єми ґрунту в пошуках корму, створюючи у степах особливий мікрорельєф. Є у степах декілька видів рослиноїдних, зокрема всеїдні та хижі птахи. У травостої проходить активне життя комах фітофагів та хижаків.

Степи України зберігали багату фауну до 30-х років ХХ ст., але після більшовицької колективізації та ліквідації меж суцільна оранка знищила місця мешкання багатьох видів тварин. Початкова цілина мала високе видове різноманіття тварин. Тут мешкали величезні стада великих ссавців. У зв'язку з чітко вираженою зміною літнього та зимового сезонів у деяких тварин спостерігається зимова сплячка.

Для північної частини степів, де вони переходять у лісостеп, характерне своєрідне спільне помешкання степових і типово лісових видів тварин.

У лісостепу тварини, звичайно, полюбляють селитися та жити в лісі, а здобич шукати в степу. Така взаємопроникність степових та лісових екосистем є додатковою ілюстрацією континуальності біосфери.

Біомаса степових екосистем помірної зони вимірюється в межах 100—150 тонн/га, в середньому — 50 тонн/га. Річна біопродукція дорівнює 5—30 тонн/га. На частки зоомаси припадає 10—50 кг/га. У різні роки біопродукція змінюється від 36 до 72 ц/га.

Висока родючість ґрунту степів та сприятливий клімат спричинили те, що степова зона стала найзручнішою для землеробства. Основна маса степових екосистем нині цілком розорана.

7.5. Пустелі.

Пустелі формуються в умовах континентального клімату з різкою перевагою випаровування над опадами. Розташовані вони головним чином у тропічному та субтропічному поясах. Типова пустеля — це спекотна, суха територія. Так, у пустелі Сахара зареєстрована температура повітря у затінку $+58^{\circ}\text{C}$, у каліфорнійській пустелі Долина Смерті — $+56,5^{\circ}\text{C}$. У зв'язку з

континентальним положенням, пустелям характерні значні добові коливання температур. Уночі в тій самій Сахарі прохолодно і температура може знижуватися до $+10—12^{\circ}\text{C}$. Кількість опадів не перевищує 250 мм на рік, а перевищення випаровування над опадами у 5—6 разів робить клімат вкрай посушливим. У світі пустельні екосистеми займають 48,8 млн. кв. км, що становить 32% суходолу. Якщо до них ще приєднати близькі екосистеми напівпустель, то в сумі вони охоплюватимуть 43% суходолу. Найбільші пустелі світу — Сахара (7 млн. кв. км) та Лівійська пустеля в Африці (2 млн. кв. км), Гобі в Азії (1 млн. кв. км), Великий Басейн в Америці (1 млн. кв. км). За характером ґрунту пустелі підрозділяються на піщані, глинисті, кам'янисті, солончакові та ін. Ґрунтовий покрив малопотужний. Гуміфікація проходить дуже повільно через нестачу рослинного матеріалу та низьку вологість. Рослинний покрив пустель сильно зріджений. Біопродукція низька: запаси біомаси сягають до 2,5 тонн/га сухої органічної речовини.

Життєві форми рослинних організмів вирізняються своєрідністю, що виробилася в результаті тривалої еволюції, ефективного отримання вологи та її економної витрати. Більшість рослин пустель дрібнолистякові, часто замість листків вони мають луски або колючки. На поверхні самих рослин розвивається потужний прошарок кутикули або кори. Листки в багатьох випадках сильно опушені. Кореневі системи рослин, типових для пустель, проникають у ґрунт на глибину 3—10 м. В окремих бобових чагарників коріння проникає на глибину до 30 м. Багатьом пустелям властива весняна синюзія ефемерів та ефемероїдів, весь цикл активного росту та

розмноження яких пов'язаний з коротким весняним, але найбільш вологим періодом року.

Особливим елементом екосистем пустель є оази, що знаходяться в дельтах річок та поблизу інших джерел води. В оазах рослинність утворена, головним чином, культурними формами, оскільки оази здавна були основним місцем поселення людини в пустелях. Вздовж річок у долинах ростуть в основному тополі, тамариск, лох, обліпіха. Домінуючі види рослин пустель залежать від типу ґрунту та географічного положення самих пустель.

В азіатських пустелях деревно-чагарникові форми представлені саксаулами, джужганом та дроком. Трави порівняно нечисленні. Це різні види аристиди та полину.

Пустелям Американського континенту притаманні різновиди кактусів та агав, які запасують воду в стеблах і листках. Злаки представлені бізоною травою. У місцях з трохи сприятливішим водним режимом пустелі переходять в напівпустелі. Зовні це проявляється в більш щільному злаковому рослинному покриві. Річна біопродукція тут вища. Тваринний світ екосистем пустель бідний. Він, так само як і рослинність, сформувався під впливом дефіциту вологи. Тільки під час весняних та осінніх перельотів тут вирує життя: з'являються зграї качок, гусей, журавлів та інших птахів. Корінні види тварин пустель тісно пов'язані з ґрунтом, де вони знаходять вологу та захист від спеки. Це плазуни, гризуни, терміти та земляні комахи. Багато видів тварин виробили здатність зберігати вологу у жирових депо. Деякі види тварин залишають пустелю на період найспекотніших місяців, перебираючись на території, більш вологі та прохолодні. Активність тварин пустель проявляється у нічні прохолодні години. Вдень тварини ховаються чи у ґрунті, чи, навпаки, піднімаються на верхівки гілок чагарників і дерев, де повітря прохолодніше порівняно з піском, розпеченим сонцем. У норах гризунів велика кількість птахів влаштовує свої гнізда. Основні фітофаги пустель — верблюди, гризуни та черепахи.

Листя активно поїдається різними видами саранових. Невелика кількість видів пристосувалася до поїдання коріння (ризофаги). Хижаки представлені шакалами, гієнами. В пустелі Африки заходять леви.

Детритний трофічний ланцюг екосистем пустель представлений термітами, чорнишами та скарабеями. Тварини пустель завжди тяжіють до водойм. Внаслідок їх незначної кількості тварини змушені багато пити про запас. Вода, здобута з великими труднощами, використовується бережливо: з метою запобігання втрат води тіла тварини мають товстий хітиновий (комахи) або роговий (плазуни) покрив. Але в будь-якому разі випаровування необхідне для охолодження тіла. Тому у багатьох видів спостерігається швидке дихання, роти та дзьоби завжди відкриті. Саме з цієї причини вуха у тушканчиків та зайців великі. Деякі види взагалі не

п'ють воду, задовольняючись тією водою, яку отримують з їжею (рослинною чи тваринною). Існують дуже цікаві способи забезпечення молодняка водою.

Чиста біопродуктивність у пустелях не перевищує $0,2 \text{ кг/м}^2$ на рік, при цьому 75% біомаси зосереджено у ґрунті.

Сучасні екосистеми пустель несуть значний відбиток діяльності людини.

Інтенсивне випасання худоби та інші види господарської діяльності сильно порушили рослинний покрив та збіднили тваринний світ.

7.6. Болота.

Болотні екосистеми є азональними. Вони виникають у місцях сильного перезволоження ґрунту. У таких випадках детритний трофічний ланцюг вкорочується та не завершується утворенням гумусу. Рослинний опад накопичується з року в рік у напіврозрідженому стані та утворює торф.

Загальна площа боліт Землі становить 350 млн. га. Торфова маса погано прогривається, бідна на мінеральні речовини, і тому рослинний покрив боліт в цілому досить убогий. Болотному ґрунті характерна так звана фізіологічна сухість. При загальній високій вологості коріння рослин ледь отримують з нього воду. Перешкодою є низька температура торфової маси та насиченість води гуміновими кислотами. Відповідно до основних характеристик болота поділяють на три види: а) низинні; б) перехідні; в) верхові.

Низинні болота виникають у місцях виходу ґрунтових вод або на місці озер. Рослинний покрив таких боліт формується з осок, очерету, рогозу та комишу. Вони і є основними торфоутворювачами. Часто такі болота мають розріджений деревостій з вільхи та верб. У низинних болотах мінералізація досить виражена, а болота такого типу визначаються як евтрофні.

Верхові болота утворюються головним чином на водотривких гірських породах за рахунок атмосферних опадів, але вони ще можуть виникати й на місці низинних боліт. Основу рослинного покриву верхових боліт складають сфагнові мохи. Після відмирання формується торф, потужність залягання якого може сягати 5 м. Сфагновий торф погано піддається гуміфікації та мінералізації, тому ґрунти таких боліт дуже бідні, а болота називаються оліготрофними. На сфагнових болотах може розміщатися розріджений сосновий деревостій. Ростуть тут також чагарники та чагарнички: андромеда, касандра, баглиця та чорниця. Часто зустрічається журавлина. Видове розмаїття вкрай низьке. На 1 кв. м тут нараховується лише 2—5 видів рослин.

Перехідні болота є стадією переходу від низинних до верхових боліт. Часто вони розміщуються навколо верхових боліт. За вмістом поживних речовин вони також займають проміжне положення та називаються

мезотрофними. Для їхнього рослинного покриву характерна більша кількість осок.

Болотні екосистеми небагаті на тварин. Найчастіше тут зустрічаються птахи. У розміщенні боліт прослідковується загальна закономірність. У зоні лісотундри представлені головним чином бугристі болота. У тайговій зоні переважають грядово-мочажні комплекси з увігнутою поверхнею. У таких комплексах чергуються евтрофні, мезотрофні та оліготрофні гряди. Дерева тут не ростуть. На крайньому півдні тайгової зони з'являються опуклі грядово-мочажні болота, у лісостепу та степу — болота евтрофні, осокові та очеретяні. На півдні степової зони та в пустелях розвиваються зволожені трав'яні болота.

В Україні болота можна спостерігати в усіх трьох природнокліматичних зонах. В Українському Поліссі найбільш поширені оліготрофні сосново-сфагнові та евтрофні трав'янисті болота. У лісостепу України частіше зустрічаються евтрофні осокові та очеретяні болота. У степу їм на зміну приходять прісноводні чи засолені трав'янисті болота. У цілому в Україні можна виділити три основні райони поширення боліт:

- поліські сфагнові болота;
- поліські та лісостепові трав'яно-гіпнові болота;
- поліські лісові болота.

Усього болотних формацій в Україні налічується 53.

Запаси біомаси в болотних екосистемах вимірюються в межах 90—1770 ц/га. Болотні екосистеми відіграють у біосфері виняткову роль. Вони є накопичувачами прісної води та, займаючи всього 2% площі суходолу, утримують у зв'язаному вигляді (у формі торфу) 14% вуглецю. З боліт починається більшість річок. Особливо важлива роль боліт як своєрідних фільтрів або ж очисних систем, що затримують у шарі торфу різноманітні ксенобіотики та нітрати, які потрапляють разом зі стічними водами та атмосферними опадами.

7.7. Водні екосистеми.

Водні екосистеми відрізняються від екосистем суші насамперед своїми фізичними та хімічними властивостями. При розгляді водних екосистем їх розділяють на прісноводні та екосистеми Світового океану.

Прісноводні екосистеми. Прісноводні екосистеми широко представлені на всіх континентах. Ріки та озера Землі вміщують основну частину прісної води, хоча в деяких внутрішніх водоймах вода солоня (це характерно для спекотного та сухого клімату).

У прісноводних озерах завжди виділяють три частини, які можна розглядати як окремі екосистеми:

- прибережна частина — літораль;
- глибоководна частина — профундаль;
- основна товща води — пелагіаль.

Найбільш заселена живими організмами літораль. Прибережні зони будь-яких водойм є їхніми головними трофічними областями. Окрім напівзанурених рослин, у водоймах живуть придонні організми, які становлять бентос, і планктон, що плаває у товщі води. Продукція більшості водойм часто лімітується нестачею біогенних мінеральних речовин. Річ у тім, що життя зосереджене у верхніх шарах води, де є достатньо сонячного світла, а мінеральні речовини надходять з придонних шарів. Верхні та нижні шари води розділені між собою так званим термоклинном, що особливо чітко проявляється у водоймах субтропічного та тропічного поясів. Термоклин перешкоджає вертикальному водообміну та призводить до дефіциту мінеральних речовин у поверхневих шарах води.

Літораль характеризується наявністю великої кількості прикріплених рослин — макрофітів. Фауна представлена комахами та їх личинками.

Багата і фауна хижаків. У прибережній частині озер звичайними є такі види риб, як плітка, краснопірка, лин, дикий короп, корюшка. Хижі риби представлені щукою, окунем та судаком. Придонна частина озер майже не має рослин, вода малорухома і зберігає протягом майже всього року температуру +4° С. Фауна таких місць збіднена. Вона представлена в основному личинками комарів-дзвонців та молюсками.

У пелагіалі рослини представлені планктоном із синьозелених, діатомових та зелених водоростей, макрофітами, що плавають (елодея, рдести). Усі живі організми мають різноманітні пристосування, що допомагають їм утримуватися в товщі води. У рослин - це парашутоподібні вирости, крапельки жиру в тілі, тварини активно плавають. У пелагіалі водяться озерна форель, сегові риби. Тут багато хижих коловерток, веслоногих рачків та циклопів.

Рослинний і тваринний світ озер у багатьох випадках визначається наявністю у воді поживних речовин. За цією ознакою озера поділяються на евтрофні, що багаті на азот, фосфор, оліготрофні, бідні на азот і фосфор (нітратів менше 1 мг/л) та проміжні між ними озера — мезотрофні. Фауна риб суттєво відрізняється в цих трьох типах озер. Для оліготрофних озер характерні сиви, гольці, окуні, щука та плітка. В евтрофних озерах живуть види, які стійкі до частого тут дефіциту кисню — короп, лин, карась, плітка та лящ. У розвитку річкових екосистем основну роль відіграють характер дна та берегів, температура води та швидкість течії. У прибережній частині струмків та річок ростуть звичайні для цих місць очерети, комиші, лепешняки та стрілолист. У товщі води плавають елодея, латаття. При зростанні швидкості течії до

0,3—0,6 м/с та більше товща води вже не зростає. Для річок планктон не характерний, оскільки зноситься течією. Річкова ентомофауна досить різноманітна. Тут чимало водяних комах та їхніх личинок. Часто зустрічаються рачки-бокоплави. Вздовж течії рік спостерігається своя

закономірність у розподілі іхтіофауни, У витоках чистих рік з прозорою водою живе форель. У середній течії основними видами є харіус та вусач, тут звичайні лини та головань. У нижній частині рік, де течія сповільнюється, до складу іхтіофауни входять лящ, короп, щука та верховодка.

Трофічні ланцюги прісноводних екосистем та особливо річок короткі через відсутність багатой кормової бази. Вони починаються з автотрофних рослин та закінчуються в пасовищних трофічних ланцюгах хижими рибами, а в детритних трофічних ланцюгах — мікроорганізмами. На території України зареєстровано 71 тисячу річок, що мають загальну довжину 243 тис. км. Більшість рік належить до басейнів Чорного та Азовського морів. В Україні 3 тисячі озер із загальною площею водного дзеркала 2 тис. кв. км. Окрім цього, країна має 23 тисячі ставків і водосховищ, особливо їх багато в районі середнього та нижнього Дніпра.

Ріки та озера України містять у собі 195 видів водяних макрофітів, а також багато тисяч видів водоростей. В Україні є 57 водних рослинних формацій. Водні екосистеми є важливим національним багатством. Це і сховища прісної води, і джерела різноманітної продукції, і місця відпочинку населення.

Екосистеми Світового океану. Характерною особливістю океанічних екосистем є:

- глобальність розмірів і величезні глибини, заповнені життям;
- безперервність (усі океани пов'язані один з одним);
- постійна циркуляція (наявність сильних вітрів, які дмуть протягом року в одному і тому ж напрямку, наявність глибинних течій);
- домінування різних хвиль і приливів, що зумовлює помітну періодичність життя угруповань, особливо в прибережних зонах;
- солоність і сильна буферність;
- наявність розчинених біогенних елементів, які є лімітуючими факторами, що визначають розміри популяції.

Умови життя в океанічній воді більш рівні, ніж на суші. Рослинність бідніша — в основному це водорості. Тваринний світ багатий. Він представлений такими групами:

- Бентос — природні організми (водорості, губки, моховатки, асцидії), повзаючі (голкошкірі, ракоподібні), риби, молюски.
- Планктон — завислі у воді діатомові та інші водорості.
- Тимчасові компоненти — личинки черв'яків, молюсків, ракоподібних, голкошкірих, мальки риб. З постійного компонента — найпростіші, черевоногі молюски, веслоногі рачки. Вони є поживою для морських птахів.

Нектон — група активних організмів товщі. Риби, головоногі молюски, китоподібні, ластоногі.

Основні екологічні частини океану:

1. літораль, або шельф (до 200 м), займає 7—8%, живе тут до 80% усіх морських організмів;
2. материковий схил (200—2000 м) займає 8,1 % ;
3. абесаль — 82,2%;
4. глибоководні жолоби — 2,1 % .

Усе населення водних екосистем (близько 200 тисяч видів), як і наземних, поділяють на продуцентів, консументів і редуцентів. Екосистеми океанів відзначаються великою продуктивністю, відіграють важливу роль гігантських регуляторів клімату Землі.

Питання для самоперевірки.

1. На які типи ділять екосистеми планети Земля?
2. Що лежить в основі поділу екосистем за типами?
3. Які із запропонованих відповідей відповідають характеристиці екосистем тундр?
4. Які із запропонованих відповідей відповідають характеристиці екосистем тайги?
5. Які із запропонованих відповідей відповідають характеристиці екосистем тропіків?
6. Які із запропонованих відповідей відповідають характеристиці екосистем степів?
7. Які із запропонованих відповідей відповідають характеристиці екосистем пустель?
8. На які типи ділять екосистеми боліт?
9. Які із запропонованих відповідей відповідають характеристиці екосистем боліт?
10. Чим відрізняються водні екосистеми між собою?
11. Які із запропонованих варіантів відображають характеристики екосистем Світового океану?

ТЕМА 8. ОСНОВНІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ.

(цит. за Джигиреєм В.С., 2000)

Закон мінімуму Ю. Лібіха. За стаціонарного стану лімітуючою буде та речовина, доступна кількість котрої найбільш близька до необхідного мінімуму. Стійкість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб.

Закон толерантності (закон Шелфорда). Відсутність або неможливість розвитку екосистеми визначається не лише нестачею, але й надлишком будь-якого з факторів (тепло, світло, вода тощо). Фактором, що лімітує процвітання організму, може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає ступінь витривалості (толерантності) організму до даного фактора.

Закон конкурентного виключення. Два види, що займають одну екологічну нішу, не можуть співіснувати в одному місці нескінченно довго.

Закон біогенної міграції атомів (закон В.І.Вернадського). Міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється під переважаючим впливом живої речовини, організмів.

Закон внутрішньої динамічної рівноваги. Речовина, енергія, інформація та динамічні якості окремих природних систем перебувають у тісному взаємозв'язку. Зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших за умови збереження загальних якостей системи — речовинно-енергетичних, інформаційних та динамічних.

Закон генетичної різноманітності. Все живе генетично різне й має тенденцію до збільшення біологічної різnorodності.

Закон історичної незворотності. Загальний процес розвитку біосфери та людства однонаправлений.

Закон константності (сформульований В.І.Вернадським). Кількість живої речовини біосфери, утвореної за певний геологічний час, є постійною величиною.

Закон кореляції (сформульований Ж.Кюв'є). В організмі як цілісній системі всі частини відповідають одна одній як за будовою, так і за функціями.

Закон максимізації енергії (сформульований Г. і Ю.Одумами та доповнений М.Реймерсом). У конкуренції з іншими системами зберігається та з них, яка найбільше сприяє надходженню енергії та інформації й використовує максимальну їх кількість найефективніше.

Закон максимуму біогенної енергії (закон Вернадського-Бауера). Будь-яка біологічна та біонедосконала система, що перебуває в стані стійкості нерівноваги (динамічно рухливої рівноваги з довкіллям), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище.

Закон обмеженості природних ресурсів. Усі природні ресурси в умовах Землі вичерпні.

Закон односпрямованості потоку енергії. Енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розсіюється або разом з їхньою біомасою незворотно передається консументам першого, другого, третього та інших порядків, а потім редуцентам, що супроводжується втратою певної кількості енергії на кожному трофічному рівні як наслідок процесів, що супроводжують дихання.

Закон оптимальності. Ніяка система не може звужуватися або розширюватися до нескінченності.

Закон піраміди енергій (сформульований Р.Ліндеманом). З одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить у середньому не більше 10% енергії.

Закон рівнозначності умов життя. Усі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівнозначні ролі.

Закон розвитку довкілля. Будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища.

Закон зменшення енерговіддачі в природокористуванні. Процес одержання з природних систем корисної продукції, з часом (у історичному аспекті) на її виготовлення в середньому витрачається дедалі більше енергії (зростають енергетичні витрати на одну людину).

Закон сукупної дії природних факторів (закон Мітчерліха-Тинемана-Бауле). Розмір урожаю залежить від усієї сукупності екологічних факторів одночасно.

Закон ґрунтостомлення (зниження родючості). Через тривале використання й порушення природних процесів ґрунтоутворення відбувається поступове зниження природної родючості ґрунтів.

Закон фізико-хімічної єдності живої речовини (сформульований В.І. Вернадським). Уся жива речовина Землі має єдину фізико-хімічну природу.

Закон екологічної кореляції. В екосистемі жива речовина та абіотичні компоненти функціонально відповідають один одному, випадання однієї частини системи неминуче призводить до вимикання пов'язаних з нею інших частин екосистеми та функціональних змін.

Закони Б. Коммонера.

- все пов'язане з усім;
- все мусить кудись діватися;
- природа знає краще;
- ніщо не дається дарма.

Закон емерджентності. Ціле завжди має особливі властивості, відсутні в його частин.

Закон необхідної різноманітності. Система не може складатися з абсолютно ідентичних елементів, але може мати ієрархічну організацію та інтегративні рівні.

Закон незворотності еволюції. Організм (популяція, вид) не може повернутися до попереднього стану, реалізованого його предками.

Закон ускладнення організації. Історичний розвиток живих організмів призводить до ускладнення їх організації шляхом диференціації органів та функцій.

Біогенний закон (Е.Геккель). Онтогенез організму є коротким повторенням філогенезу даного виду, тобто розвиток індивіда скорочено повторює історичний розвиток свого виду.

Закон нерівномірності розвитку частин систем. Система одного виду розвивається не зовсім синхронно — в той час, коли один досягає більш високої стадії розвитку, інші залишаються в менш розвиненому стані.

Закон збереження життя. Життя може існувати тільки в процесі руху через живе тіло потоку речовин, енергії, інформації.

Принцип збереження впорядкованості (І.Пригожий). У відкритих системах ентропія не зростає, а зменшується, доки не досягається мінімальна постійна величина.

Принцип Ле Шательє-Брауна. Якщо є зовнішня дія, що виводить систему зі стану стійкості рівноваги, ця рівновага зміщується в напрямку послаблення ефекту зовнішньої дії.

Принцип економії енергії (Л. Онсагер). За ймовірності розвитку процесу в деякій множині напрямків, що допускаються початками термодинаміки, реалізується той, котрий забезпечує мінімум розсіювання енергії.

Закон максимізації енергії та інформації. Найкращі шанси самозбереження має система, що найбільшою мірою сприяє надходженню, виробленню та ефективному використанню енергії та інформації; максимальне надходження речовин не гарантує системі успіху в конкурентній боротьбі.

Періодичний закон географічної зональності А.А. Григор'єва-М.М. Будико. Зі зміною фізико-географічних поясів Землі аналогічні ландшафтні зони та деякі загальні властивості періодично повторюються, тобто в кожному поясі — субарктичному, помірному, субтропічному, тропічному та екваторіальному — відбувається зміна зон за схемою: ліси - степи - пустелі.

Закон розвитку системи за рахунок навколишнього середовища. Будь-яка система може розвиватися лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей оточуючого середовища; абсолютно ізольований саморозвиток неможливий.

Правило затухання процесів. Зі зростанням ступеня зрівноваженості з навколишнім середовищем або внутрішнього гомеостазу (у випадку ізольованості системи) динамічні процеси в системі затухають.

Закон фізико-хімічної єдності живої речовини В.І. Вернадського. Уся жива речовина Землі фізико-хімічно єдина, що не виключає біогеохімічних відмінностей.

Термодинамічне правило Вант-Гоффа-Арреніуса. Зростання температури на 10°C призводить до 2-3-кратного прискорення хімічних процесів.

Правило Шредингера «про живлення організму негативною ентропією. За умови впорядкованості організму краще за навколишнє середовище він віддає в це середовище більше неупорядкованості, ніж отримує.

Правило прискорення еволюції. Зі зростанням складності організації біосистем тривалість існування виду в середньому скорочується, а темпи еволюції зростають.

Принцип генетичної передавання адаптації. Здатність до пристосування в організмів закладена споконвічно і зумовлена практичною невичерпністю генетичного коду.

Правило походження нових видів від неспеціалізованих предків. «Нові великі групи організмів беруть початок не від спеціалізованих представників предків, а від їхніх порівняно неспеціалізованих груп».

Принцип дивергенції Ч.Дарвіна. Філогенез будь-якої групи супроводжується її поділом на ряд філогенетичних гілок, котрі розходяться в різних адаптивних напрямках від середнього вихідного стану.

Принцип прогресу спеціалізації. Група, що ступає на шлях спеціалізації, в подальшому розвитку буде йти шляхом все більш глибокої спеціалізації.

Правило більш високих шансів вимирання глибоко спеціалізованих форм (О.Марш). Швидше вимирають більш спеціалізовані форми, генетичні резерви котрих для подальшої адаптації знижені.

Закон збільшення розмірів (зросту) та ваги (маси) організмів у філогенетичній гілці (В.І.Вернадський). У ході геологічного часу форми, що виживають, збільшують свої розміри (а відтак — вагу), а потім вимирають.

Аксіома адаптивності Ч.Дарвіна. Кожний вид адаптований до певної, специфічної для нього, сукупності умов існування.

Екологічне правило С. С.Шварца. Кожна зміна умов існування прямо або опосередковано викликає відповідні зміни способів реалізації енергетичного балансу організму.

Закон відносної незалежності адаптації. Висока адаптивність до одного з екологічних факторів не дає такого ж ступеня пристосовуваності через фізіолого-морфологічні властивості організмів.

Закон єдності «організм-середовище». Життя розвивається внаслідок постійного обміну речовиною та інформацією на базі потоку енергії в сукупній єдності середовища та організмів, що його населяють.

Правило відповідності умов середовища генетичній зумовленості організму. Вид може існувати лише тоді, коли оточуюче середовище відповідає генетичним можливостям пристосування цього виду до його коливань та змін.

Закон обмеженого росту (Ч. Дарвін). Існують обмеження, котрі перешкоджають тому, щоб нащадки однієї пари особин, розмножуючись за геометричною прогресією, заповнили всю земну кулю.

Принцип мінімального розміру популяцій. Існує мінімальний розмір популяції, нижче котрого її чисельність не може опускатися.

Правило А. Уоллеса. В міру просування з півночі на південь видова різноманітність зростає. Причина полягає в тому, що північні біоценози історично молодші та перебувають в умовах меншого надходження енергії від Сонця.

Закон збіднення живої речовини в його згушеннях (Г.Ф. Хільмі). Індивідуальна система, котра працює в середовищі з більш низьким рівнем організації, ніж рівень самої системи, приречена: постійно втрачаючи структуру, система через деякий час розчиняється в навколишньому середовищі.

Правило біологічного підсилення. За умови переходу на більш високий рівень екологічної піраміди накопичення ряду речовин, у тому числі токсичних та радіоактивних, зростає приблизно в такій самій пропорції.

Правило екологічного дублювання. Зниклий або знищений вид у рамках одного рівня екологічної піраміди замінює інший, аналогічний за схемою: дрібний замінює великого, нижче організований — більш високо організованого, більш генетично лабільний та мутабельний — менш генетично мінливого.

Правило обов'язковості заповнення екологічних ніш. Порожня екологічна ніша завжди й обов'язково заповнюється.

Правило екотону, або краєвого ефекту. На межі біоценозів зростає число видів та особин у них, оскільки зростає число екологічних ніш внаслідок виникнення на межі нових системних властивостей.

Правило взаємоприсосованості організмів у біоценозі К. Мьобіуса-Г.Ф. Морозова. Види в біоценозі пристосовані один до одного настільки, що їхня спільнота складає внутрішньо суперечливе, але єдине та взаємопов'язане ціле.

Принцип формування екосистеми. Тривале існування організмів можливе лише в рамках екологічних систем, де їхні компоненти та елементи доповнюють один одного та взаємно пристосовані.

Закон суцесійного сповільнення. Процеси, що відбуваються в зрілих рівноважних системах, котрі перебувають у стійкому стані, мають тенденцію до зниження темпів.

Правило максимуму енергії підтримання зрілої системи. Суцесія йде в напрямку фундаментального зміщення потоку енергії в бік зростання її кількості з метою підтримки системи.

Правило константності числа видів у біосфері. Число видів, що з'являються, в середньому відповідає числу вимерлих, і загальна видова різноманітність у біосфері є постійною.

Правило множинності екосистем. Множинність конкурентно-взаємодіючих екосистем є обов'язковою для підтримання надійності біосфери.

2. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ.

Правила виконання лабораторних робіт із дисципліни

«Загальна екологія (та неоекологія)»

Необхідно ґрунтовно ознайомитися з роботою, яка виконується, і вислухати пояснення викладача. Без дозволу викладача до виконання робіт не приступайте.

Підготовлені для роботи прилади, посуд, реактиви зі столу на стіл не переставляйте.

Під час виконання роботи тримайте робоче місце охайним і в порядку.

Категорично забороняється проводити різні випробування та дослідження, не вказані в методичних указівках.

При всіх видах робіт додержуйте максимальну обережність й акуратність.

Користуючись пальником, дотримуйтеся наступних правил:

- Запалюйте пальник тільки сірником або скіпом . Не нахилийте пальник і не запалюйте його від іншого пальника, який горить.
- Не переносьте запалений пальник із місця на місце.
- Не залишайте пальник без користування.
- Нагріваючи пробірку з рідиною, тримайте отвір пробірки в бік, а не до себе і не на сусіда (рідина через перегрів часто викидається з отвору).
- Не слід нагрівати пробірку тільки в одному місці, наприклад знизу, а треба прогрівати весь вміст, обертаючи пробірку рівномірно над полум'ям пальника.

Будьте обережними та обачними при використанні розчинів кислот і лугів, щоб запобігти опікам, а також псуванню столів і одягу.

Ніяких речовин із лабораторії не куштуйте на смак. Їсти в лабораторії заборонено.

При пробі на запах нюхайте речовини з обережністю, не дихаючи повними грудьми, а направляйте до себе пари або газ повільними рухами руки.

Не нахилийтеся над киплячою посудиною, в якій налита сірчана кислота, тому що бризки, іноді майже непомітні, можуть попасти в очі.

Усі роботи з сірководнем й іншими шкідливими і пахучими газами проводьте під витяжною шафою; посуд, яким при цьому користувались, залишайте разом зі вмістом у витяжній шафі.

Папірці, використані фільтри та інші тверді речовини викидайте тільки в сміттєвий ящик.

По закінченні роботи приведіть до порядку робоче місце і тільки після цього виходьте з лабораторії.

Лабораторна робота №1

Тема «Санітарно-топографічна оцінка джерела питної води. Визначення фізичних показників якості води»

Мета роботи. Визначити фізичні показники якості води.

Необхідні прилади: колби з широким горлом 200-250 мл; годинникове скло; циліндр діаметром 3 см; білий папір із накресленим хрестом; електрична лампочка 300 ВТ; мутномер; стандартний розчин каоліну; бюкс; ексікатор; циліндри $h = 200, 100$ см.

Необхідні знання: методика проведення дослідів, правила техніки безпеки.

Санітарно-топографічний стан джерела водопостачання та навколишньої місцевості описується за схемою:

1. Назва джерела водопостачання.
2. Адреса.
3. Місце розташування.
4. Загальна санітарна характеристика джерела водопостачання, характер геологічної будови басейну, ґрунт, характер берегів, дна, рослинності.
5. Розмір джерела, швидкість течії води.
7. Наявність лісів, оброблюваної землі, населених пунктів.
8. Наявність об'єктів, які можуть забруднювати відходами воду.
9. Характеристика самоочищаючої здатності водоймища.
10. Характеристика санітарного і технічного стану водозабору.

Відбирання проб води для дослідження

Результат аналізу значною мірою залежить від правильності взяття проби. При відбиранні проб води з відкритих водоймищ потрібно врахувати особливості місцевості, погоду. З відкритих водоймищ, намічених для використання як джерела централізованого водопостачання, відбирання проби проводять у тій точці і на тій глибині, де намічається місце майбутнього водозабору.

Відбирають по три проби в період весняної повені, в літній та зимовий періоди. Якщо потрібно визначити вплив забруднення на проточну воду, беруть проби води вище від джерела забруднення, проти нього й нижче по течії. Проби води з колодязя відбирають перед відкриттям колодязя, після ремонту, очищення, дезинфекції. Відбирання проб проводять уранці, до початку забору води, а також увечері, після закінчення забору.

Для відбирання проб води з відкритих водоймищ використовують батометри різної конструкції. Проби води, звичайно, беруть на глибині 0,5-0,75 м і на відстані 1,5-2,0 м від берега.

Відбір проби води з водопровідної мережі або артезіанської свердловини проводять після випускання води протягом не менше ніж 15 хвилин при повністю відкритому крані.

Для повного лабораторного аналізу води беруть 5 л води, а для скороченого – 2 л.

Вода повинна бути досліджена в день відбору проби. Якщо це неможливо, відібрані проби зберігають в холодильнику або їх консервують. Строк зберігання проб і проведення аналізу не повинен перебільшувати 72 години з моменту відбору, оскільки при стоянні води, особливо влітку, склад її змінюється за рахунок фізико-хімічних процесів і життєдіяльності бактерій.

Визначення фізичних показників якості води

Фізичні властивості води (запах, смак, колір, прозорість, мутність, осад) визначаються органолептично (за допомогою органів чуття) або за стандартними еталонами згідно з ДЗСТ 3351-74. Визначення фізичних властивостей води має велике гігієнічне значення, оскільки наявність у воді стороннього запаху, присмаку, забарвлення може вказувати на забруднення води сторонніми речовинами.

1. Визначення температури води

У водопровідних насосних установках температуру визначають, занурюючи термометр у струмінь стікаючої води. Відлік роблять, не виймаючи термометра з води. При деяких визначеннях занурюють на 3-5 хвилин у великий посуд із водою. Температурні межі питної води 7-12 °С.

2. Визначення кольору води

Колір природної води зумовлений наявністю перш за все солей заліза гумінових кислот. Підвищену кольоровість має вода річок, які мають болотний тип живлення. Визначають колір у градусах платиново-кобальтової або біхромат-кобальтової шкали. Згідно з ДЕСТ 2874-82 господарсько-питної води, колірність води повинна бути не більше ніж 20⁰С. Біхромат-кобальтова шкала готується так: у невеликому об'ємі дистильованої води розчиняють в окремих посудинах 0,0875 г біхромату калію $K_2Cr_2O_7$ і 2,0 г сульфату кобальту $CoSO_4 \cdot 7H_2O$. Розчини солі змішують, додають 1 мл концентрованої сірчаної кислоти (густина 1,84) і доливають дистильованої води до 1 л. Для приготування шкали змішують основний розчин із розчином, який містить 1 мл сірчаної кислоти (густина 1,84) в 1л, доводячи загальний об'єм розчину до 100 мл. Розчинення 1 мл основного розчину відповідає 5 град. колірності.

Порядок проведення роботи

Кількісно кольоровість води визначають калориметрично. 100 мл дослідженої води налити в циліндр. Зрівняти її колір із забарвленням рідини шкали на білому фоні при розгляданні зверху. Якісну оцінку кольоровості виконують, порівнюючи з дистильованою водою. Для того в стакан з прозорого скла налити окремо дистильовану і досліджувану воду. На фоні білого аркуша паперу при денному освітленні воду розглядають зверху й збоку. На основі цього оцінюють кольоровість , тобто вказують

спостережений колір /блідо-жовтий, бурий та ін./. При відсутності кольоровості води вважають, що вона безколірна.

3. Визначення запаху води

Запахи води за характером ділять на запахи природного і штучного походження. Причиною запахів природного походження є хімічний склад домішок води, організми, які живуть у воді, відмерлі організми тощо. Ці запахи характеризуються таким чином.

Таблиця 1

Позначення запаху	Характер запаху	Приблизний вид запаху
А	ароматичний	квітковий, огірковий
Б	болотяний	мулистий, тинистий
Г	гнильний	фекальний, стічний
Д	деревний	запах мокрої тріски, деревної кори
З	земляний	прілий, глинистий
П	плісенний	затхлий, застійний
Р	рибний	запах рибного жиру, риби
С	сірководневий	запах тухлих яєць
Т	трав'янистий	запах скошеної трави, сіна
Н	невизначений	запах, який не підходить під попередні визначення

Запахи штучного походження зумовлені деякими домішками стічних вод, які потрапляють у водойму. Ці запахи називають за речовинами й подібним запахом: фенольний, хлорфенольний, нафтовий, смолистий і т.п.

Запахи води визначають органолептично та оцінюють за п'ятибальною шкалою /від 0 до 5/ /табл. 2/.

Порядок проведення роботи

Колбу з широкою горловиною ємністю 300 мл на 2/3 заповнити досліджуваною водою, струсити обертальними рухами й утягти носом повітря із колби. Визначити якісну характеристику запаху та встановити його інтенсивність за шкалою.

Таблиця 2

Інтенсивність	Характеристика	Описові ознаки
0	запаху не має	відсутність відчутного запаху /смаку/
1	дуже слабкий	не помічений споживачем, але знайдений досвідченим спеціалістом
2	слабкий	не привертаючий уваги споживача, але виявлений ним, якщо вказати на нього
3	помітний	легко виявлений і дає привід ставитися до води з недовірливістю
4	явний	привертаючий до себе увагу і робить воду непридатною для пиття
5	дуже сильний	сильний настільки, що робить воду непридатною для пиття.

За ДЕСТ 2874-82 «Вода питна» запах питної води не повинен перевищувати двох балів.

4. Визначення смаку води

Розрізняють чотири види смаку води: солоний, гіркий, кислий, солодкий. Останні смакові відчуття називають присмаками /наприклад: лужний, металевий, рибний і т. п./.

Смак води зумовлений наявністю речовин природного походження або речовин, які потрапляють до неї зі стічними водами. Так, солоний смак води майже завжди викликається наявністю хлориду натрію, гіркий – сульфату магнію. Кислим смаком підземна вода найчастіше зобов'язана наявності розчиненого вуглекислого газу.

Оксиди заліза /ІІ/ і марганцю /ІІ/ надають воді чорнильний або залізистий присмаки, сульфат кальцію – в'язучий і т. д.

Якісну характеристику смаку або присмаку виражають описово, а інтенсивність смаку, як і запаху, встановлюють за п'ятибальною шкалою /табл.2/.

За ДЕСТ 2874-82 «Вода питна» смак води не повинен бути більше від 2 балів.

Порядок проведення роботи

Смак води визначають органолептично, 10–15 мл води декілька секунд тримають у роті не ковтаючи, даючи якісну характеристику смаку й оцінку його інтенсивності.

5. Визначення прозорості води

Наявність у природній воді грубодисперсних домішок зумовлює її мутність. Часто в якості посереднього показника використовують характеристику зворотної мутності – прозорість. Існує два методи визначення прозорості води: 1/ за хрестом; 2/ за шрифтом.

Прозорість за хрестом визначають у водоймі або при контролі якості очищення води на очисних спорудах. Визначають допустиму висоту стовпа води, через який можна бачити малюнок чорного хреста на білому фоні з товщиною лінії один мм і чотирьох чорних кружалець діаметром 1 мм. Визначення проводять у прозорому циліндрі висотою 350 см, на дні якого знаходиться фарфорова пластинка з малюнком хреста. Нижня частина циліндра освітлюється лампою 300 Вт. Питна вода має прозорість за хрестом не менше ніж 300 см.

Визначення прозорості за шрифтом ґрунтоване на знаходженні максимальної висоти стовпа води, через який можна прочитати стандартний шрифт. Визначають у прозорих циліндрах діаметром 3, 0 – 3,5 см та висотою 60 см із градуванням через кожен сантиметр. Стандартний шрифт підкладають під циліндр на відстані 4 см від дна. Досліджувану воду наливають у циліндр і, змінюючи кількість води, визначають граничну висоту стовпа/см/, при якій можна прочитати шрифт.

Згідно із ДЕСТ 2874-82 «Вода питна» прозорість питної води за шрифтом повинна бути не менше ніж 30 см.

6. Визначення мутності води

Згідно із ДЕСТ 2874-82 для питної води допускається мутність не більше ніж 1,5 мг/л. Визначити мутність можна ваговим методом, візуальним мутноміром, фотоелектронним тиндалеміром і фотоелектричним колориметром.

Ваговий метод. Пробу води 500 – 1000 мл фільтрують через щільний фільтр / синя стрічка / діаметром 9 – 11 см. Попередньо фільтр доводять до постійної ваги в сушильній шафі при температурі 105°C, зважуючи у закритому бюксі на аналітичних вагах. Фільтри з осадом висушують у бюксі при температурі 105 °C протягом 2 годин, охолоджують в ексикаторі, зважують у бюксі із закритою кришкою, потім розраховують кількість зважених речовин, мг/л,

$$m = \frac{q_1 - q_2}{V} \times 1000,$$

де q_1 – вага бюкса з фільтром і осадом на ньому / після просушування/;

q_2 – вага бюкса з фільтром / після просушування/;

V – об'єм профільтрованої води, мл.

Контрольні питання

1. Забруднення води – переважно біологічне явище. Чи погоджуєтесь ви з таким твердженням?
2. Поняття евтрофікації водоймищ.
3. Назвати основні фізичні показники якості питної води.

Лабораторна робота №2

Тема «Визначення кислотності та лужності води»

Мета роботи. Визначити загальну і вільну кислотність води та її лужність.

Необхідні прилади: піпетка, метилоранж, фенолфталеїн, розчин NaOH, розчин HCl, конічна колба (250 мл), бюретки із затворами (2 шт).

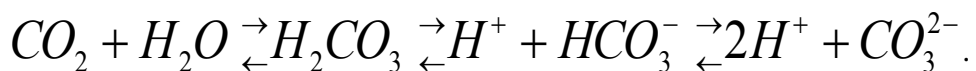
Необхідні знання. Методика проведення дослідів, правила техніки безпеки, знання основних теоретичних визначень (загальна й вільна кислотності та лужність води і т.д.).

Основні положення лабораторної роботи

Визначення загальної й вільної кислотності та лужності води.

Кислотністю води називають вміст у воді речовин, які вступають у реакцію з лугами, що використані на титрування таких речовин, відповідає загальній кислотності води P , мг-екв/л.

У природних водах кислотність у багатьох випадках залежить тільки від вільної розчиненої вуглекислоти:



Частина кислотності, зумовлена наявністю гумінових та інших слабких органічних кислот, які розчинні у воді, називається природною кислотністю води; рН такої води майже завжди не буває нижче ніж 4,5.

Промислові стічні води можуть містити сильні кислоти або солі сильних кислот і слабких основ (найчастіше заліза та алюмінію), які підлягають гідролізу, в результаті чого кислотність збільшується. рН води у таких випадках майже завжди зменшується нижче ніж 4,5.

Та частина загальної кислотності, при якій рН води зменшується до 4,5 і нижче, називається вільною кислотністю води m , мг – екв/л.

Кислотність води визначають титруванням розчином лугу. Кількість 0,1 н. розчину сильного лугу, при використанні якого рН розчину досягає значення 4,5 відповідає вільній кислотності m , а при використанні якого рН розчину досягає значення 8,3 – відповідає загальній кислотності p . Якщо рН досліджуваної води більше ніж 8,3 її кислотність рівна 0.

Порядок проведення роботи

Спочатку визначають вільну кислоту за метилоранжем/кисла реакція/або вимірюючи рН (рН <4,5). Якщо попереднє визначення показало наявність вільної кислоти, проводять кількісне визначення вільної і загальної кислотності.

Визначення вільної кислотності m

До 100 мл досліджуваної води додають 2 краплі розчину метилоранжу і титрують 0,1 н. розчином їдкого натру до тих пір, поки не з'явиться жовте забарвлення.

Визначення загальної кислотності p

До 100 мл досліджуваної води приливають 3 краплі розчину фенолфталеїну і титрують 0,1 н. розчином їдкого натру до появи рожевого забарвлення. Вільну кислотність m та загальну кислотність p обчислюють за формулами:

$$m = \frac{v_1 \times n \times 1000}{v}; \quad p = \frac{v_2 \times n \times 1000}{v};$$

де v_1 – об'єм 0,1 н. / або 0,01 н. / розчину NaOH, використаного на титрування

за метилоранжем, мл;

v_2 – об'єм 0,1 н. / або 0,01 н. / розчину NaOH, використаного на титрування за фенолфталеїном, мл;

n – нормальність розчину NaOH;

v – об'єм досліджуваної води, взятої для титрування, мл.

Визначення лужності

Під лужністю розуміють здатність води взаємодіяти з кислотами.

Лужність води зумовлена іонами OH^- , а також HCO_3^- , CO_3^{2-} , HS^- , HSiO_3^- , SiO_3^{2-} , HPO_4^{2-} , солі яких піддаються гідролізу, тобто утворює гідроксил-іони. В природних водах лужність звичайно характеризується концентрацією гідрокарбонатів /гідрокарбонатна/, в лужних водах – карбонатів /карбонатна/. Лужність, зумовлену розчинними гідроксидами, називають гідратною.

Визначається лужність кількістю мілілітрів кислоти, необхідної для нейтралізації 1 л води. Виражається вона у мг-екв/л.

У конічну колбу на 250 мл відміряти піпеткою 100 мл води, додати 2-3 краплі метилоранжу і титрувати 0,1 н. робочим розчином HCl до переходу жовтого забарвлення в оранжеве.

$$\text{Щ}_0 = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V},$$

де Щ_0 – загальна лужність води, мг-екв/л ;

V_1 – об'єм 0,1 н. HCl , використаний на титрування, мл ;

N – нормальність робочого розчину кислоти;

V – об'єм води, використаний на дослідження, мл.

Контрольні питання

1. Що таке кислотність води? Чим вона зумовлена?
2. Що таке лужність води? Чим вона зумовлена?
3. Якщо скид стоків припинено, то чи може екосистема озера повернутися до вихідного стану? Обґрунтуйте відповідь.

Лабораторна робота №3

Тема «Визначення окислюваності води»

Мета роботи. Набути навички визначення окислюваності води, визначити причини виникнення, види та межі зміни.

Необхідні прилади: скляні капіляри, конічна колба на 250 мл, циліндр $h = 100$ мл, бюретка, азбестоцементна сітка, годинникове скло, спиртівка.

Необхідні знання. Визначення окислюваності, методи практичного визначення, правила титрування розчинів, кольори індикаторів розчинів марганцевокислого калію.

Основні положення до лабораторної роботи

Під окислюваністю води розуміють здатність речовин, які містяться у воді, реагувати з окислювачами. До таких речовин належать органічні речовини: забарвлені гумусові речовини, найдрібніші організми, органічні зваги, продукти розпаду органічних речовин.

Окислюваність характеризує ступінь забрудненості води органічними речовинами, відіграє роль при санітарній та технічній оцінці води. Величину окислюваності води виражають кількістю міліграмів кисню, яка необхідна для окислення речовин, що містяться у 1 л досліджуваної води.

Методи визначення окислюваності води дають змогу лише побічно встановити кількісний вміст органічних речовин; пряме їх визначення пов'язане з певними труднощами. Крім того, разом з органічними речовинами у воді окислюються деякі мінеральні сполуки, наприклад, сірководень солі закисного заліза та ін.

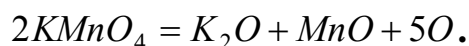
Принцип визначення засновано на застосуванні як окислювача перманганату калію. Нижче описано метод визначення окислюваності води перманганатом калію у кислому середовищі (метод Кубеля). В особливих випадках, коли вміст хлор-іону перевищує 500 мг/л, окислення проводять іншим методом, діючи на воду марганцевокислим калієм у лужному середовищі (метод Шульца).

Розрізняють загальну та часткову окислюваність води. Загальну окислюваність часто називають хімічним споживанням кисню (ХСК). Загальну окислюваність визначають за кількістю витраченого на окислення йодуватоокислого калію.

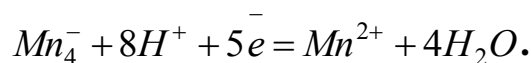
При частковій окислюваності, яка визначається перманганатним методом, деякі стійкі органічні сполуки залишаються неокисленими (наприклад, багато вуглеводних сполук).

У практиці часто знаходять часткову окислюваність. При аналізі промислових стічних вод визначають ХСК.

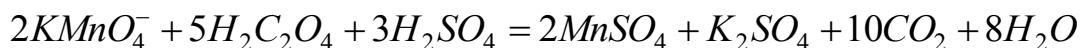
За методом Кубеля відновлення перманганату калію проходить за схемою



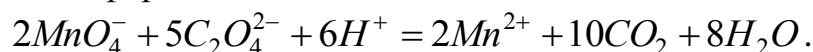
В іонній формі реакція може бути виражена рівнянням



Залишок унесеного перманганату калію титрують розчином щавлевої кислоти:



або в іонній формі:



Розчини марганцевокислого калію мають темно-малиновий, а при великих концентраціях – фіолетовий колір. Вимірювання об'єму в бюретці береться для темнозбарвлених розчинів по верхньому краю меніска.

При визначенні окислюваності води індикатором кінця реакції є сам забарвлений розчин марганцевокислого калію.

Перебіг реакції пов'язаний із зникненням яскраво забарвлених у малиново-фіолетовий колір іонів MnO_4^- (іон Mn^{2+} - безбарвний) і супроводжується знебарвленням кожної доданої краплі його розчину. Як тільки всі речовини у воді, що здатні окислюватися, будуть окислені, лише одна крапля марганцевокислого калію забарвить весь розчин у блідо-рожевий колір.

Часто застосовують наступний спосіб. Для забезпечення повноти окислення додають до води великий надмір титрованого розчину марганцевокислого калію та кип'ятять довгий час. Після цього приливають надлишок титрованого розчину щавлевої кислоти, причому рідина знебарвлюється. Далі проводять титрування гарячої рідини марганцевокислим калієм до появи стійкого блідо-рожевого забарвлення.

Окислюваність води може змінюватись у різних межах: для глибоких підземних артезіанських вод окислюваність не більше ніж 0,2-0,6 мг О/л, для рік та озер відповідно 5-12 мг О/л.

Вода придатна для господарсько-побутових цілей, якщо окислюваність її не перевищує 3,0 мг О/л, а для живлення парових котлів – 5,1 мг О/л.

Порядок проведення роботи

У підготовлену конічну колбу об'ємом 250 мл треба покласти декілька скляних капілярів (для спокійного кипіння) і влити мірною піпеткою досліджувану воду в кількості 100 мл. Заміряти мірним циліндром та прилити у колбу 5 мл сірчаної кислоти (1:3). Далі залити з бюретки точно відміряний об'єм (10 мл) 0,01 нормального розчину марганцевокислого калію. Колбу ставлять на азбестовану сітку, накривають годинниковим склом і кип'ятять упродовж 10 хвилин з моменту закипання. Якщо колір рідини впродовж кипіння дуже слабшає, то додають декілька мілілітрів 0,01 N розчину перманганату калію і знову кип'ятять. Треба, щоб інтенсивне забарвлення розчину зберігалось. Далі до гарячої рідини додають 10 мл 0,01 N розчину щавлевої кислоти, перемішують рідину збовтуванням і чекають, щоб рідина знебарвилася й стала прозорою. Надлишок доданої щавлевої кислоти при нагріванні отитровують тим самим 0,01N розчином перманганату калію. Об'єми щавлевої кислоти і перманганату калію записують у робочий журнал.

ЗНАХОДЖЕННЯ НОРМАЛЬНОСТІ РОЗЧИНУ $KMnO_4$

Нормальність розчину $KMnO_4$ встановлюють за щавлевою кислотою. Для цього в тільки що відтитровану і ще гарячу пробу приливають 10 мл 0,01 N розчину щавлевої кислоти і титрують приблизно 0,01N розчином $KMnO_4$ до слабого рожевого забарвлення. Визначення повторюють із наступною пробую досліджуваної води й за результат беруть середнє від цих значень. Розрахунок проводять за наступною формулою:

$$N_{KMnO_4} = \frac{V_1 \cdot N_1}{V_2},$$

- де V_1 – об'єм 0,01 N розчину $H_2C_2O_4$, взятий для визначення нормальності $KMnO_4$, мл;
 V_2 – об'єм розчину $KMnO_4$, витрачений на титрування щавлевої кислоти, мл;
 N – визначувана нормальність розчину $KMnO_4$;
 N_1 – нормальність розчину $H_2C_2O_4$.

Розрахунок окислюваності води

$$Q = \frac{[(V_1 + V_2) \cdot N_1 - V_3 \cdot N_2] \cdot E \cdot 1000}{a} \text{ [мг О/ л]},$$

- де V_1 – об'єм розчину $KMnO_4$, прилитого на початку нагрівання, мл;
 V_2 – об'єм розчину $KMnO_4$, затрачений на титрування надлишку щавлевої кислоти, мл;
 V_3 – об'єм розчину щавлевої кислоти, мл;
 N_1 – нормальність розчину $KMnO_4$;
 N_2 – нормальність розчину щавлевої кислоти;
 a – об'єм досліджуваної кислоти води, мл;
 E – еквівалентна маса кисню – 8 г/ моль.

Контрольні питання

1. Дайте визначення окислюваності води.
2. Нормативне значення окислюваності питної води згідно з ДЗСТ 2874-82.
3. Методи визначення окислюваності води.

Лабораторна робота №4

Тема «Визначення ХСК та БСК води»

Мета роботи. Навчитися визначати ХПК стічної води.

Необхідні прилади: піпетка, конічна колба (250 мл), бюретки із затворами (2шт.), біхромат калію, сірчана кислота, сульфат срібла, фосфорна кислота, дифеніламін, сіль Мора.

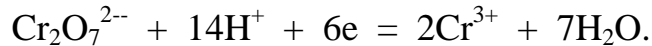
Необхідні знання. Методика проведення дослідів, правила техніки безпеки, визначення основних термінів.

Основні положення лабораторної роботи

Хімічне споживання кисню (ХСК) – важливий показник водойм. Ступінь окислюваності домішок у воді залежить від їх природи й може коливатись у широких межах. Не всі органічні речовини окислюються бактеріями. Для визначення загальної кількості органічних речовин,

присутніх у воді, в тому числі й тих, що окислюються повільно, використовують такий показник, як біхроматна окислюваність води. Біхромат калію – сильний окислювач, що реагує зі всіма домішками у воді, які здатні окислюватися. Тому біхроматна окислюваність води відповідає її ХСК і вважається одним із головних екологічних показників водойми.

У концентрованій сірчаній кислоті /розведення 1:1/ біхромат калію діє як сильний окислювач



Окислення прискорюється й охоплює при цьому майже всі органічні сполуки, якщо в якості каталізатора вводять сульфат срібла. Мінералізація органічних речовин іде до утворення вуглекислого газу і води; азот виділяється у вигляді елементарного. Окислення більшості органічних речовин у цих умовах проходить на 95-100 %, аліфатичні вуглеводи, спирти і кислоти з нерозгалуженим ланцюгом атомів вуглецю окисляються на 85 %. Якщо каталізатор не добавляти, то вказані аліфатичні сполуки окислюються не повністю. Незначна кількість сполук (до них належать бензол, толуол та інші ароматичні вуглеводи, піридин тощо) зовсім не окислюються і в присутності каталізатора.

Якщо стічна вода, що аналізується, має хлориди, то аналіз проводиться одним із наступних методів:

а) Вводити сульфат срібла з деяким залишком до кількості, достатньої для зв'язування всіх хлорид-іонів і ще в деякому надлишку. При великому вмісті хлоридів у пробі стічної води результати визначення отримують трохи завищені, оскільки частина хлорид-іонів осаду хлориду срібла окислиться з виділенням елементарного хлору.

б) Каталізатор зовсім не добавляється. Тоді окислення хлорид-іонів відбудеться кількісно, і можна ввести поправку, виходячи із відношення: на 1 мг хлорид-іонів витрачається 0,28 мг кисню. Однак у цьому випадку, як було вказано, окислюється лише невелика частина аліфатичних сполук із прямим ланцюгом атомів вуглецю.

в) Якщо фільтрування стічної води допустиме, можна профільтрувати відібрану пробу аналізованої стічної води через невелику кількість попередньо прокаленого азбесту, вміщеного в лійку або в тигель Гуча, і промити осад водою до видалення хлоридів; у фільтраті осадити хлорид-іони сульфатом срібла, відфільтрувати осад хлориду срібла крізь тигель Гуча або скляний фільтруючий тигель та промити його водою. В отриманому фільтраті можна провести дослідження окислення або безпосередньо /визначається окислення фільтрованої води/, або спочатку додавши до фільтра волокна азбесту з раніше відділеним осадом грубодисперсних сумішок /визначається сумарне окислення обох фаз стічної води /.

Порядок проведення роботи

Залежно від ступеня забруднення досліджуваної води для аналізу беруть різні об'єми проби: так, якщо умовна окисленість знаходиться в межах 500-4000 мг кисню на 1 л, для аналізу беруть 1 мл проби; якщо окислення вище, ніж 4000 мг кисню на 1 л, пробу розбавляють; якщо окислення знаходиться в межах 50-500 мг кисню на 1 л, об'єм повинен дорівнювати 5 мл. Пробу, відміряну піпеткою, вміщують у конічну колбу ємністю 200-250 мл, додають 2,5 мл розчину біхромату калію з $C/1/3$ $K_2Cr_2O_7/$ 0,25 моль/л, 0,2 г сульфату ртуті /П/ або сульфату срібла /1/ і при обережному перемішуванні – 7,5 мл/на 1 мл проби/або 15 мл/на 5 мл проби/ концентрованої сірчаної кислоти. Розчин у колбі при цьому досягає температури вище ніж $100^{\circ}C$. У цих умовах швидко проходить процес окислення всіх речовин біхроматом калію.

Через 2-3 хв. колбу охолоджують до кімнатної температури, приливають 100 мл дистильованої води, 4 краплі 1%-го розчину дифеніламіну, 5 мл концентрованої 85 %-ої фосфорної кислоти та надлишок біхромату калію відтитрують розчином солі Мора з $C/1/2$ $FeSO_4 /$ = 0,25 моль/л до зникнення синього забарвлення розчину.

В окремій пробі проводять холостий дослід титруванням 20 мл дистильованої води, до якої додають ті ж реагенти і в тій же кількості, що й у досліджуваній пробі.

Розрахунок біхроматного окислення виконують за формулою, мг/л :

$$XCK = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K \cdot 0,25 \cdot 8 \cdot 1000}{V},$$

- де V_1 – об'єм солі Мора, який пішов на титрування холостої проби, мл ;
 V_2 – об'єм розчину солі Мора, який пішов на титрування проби, мл;
 K – поправковий коефіцієнт для приведення концентрації солі Мора;
0,25 – концентрація солі Мора, моль/л;
 V – об'єм проби, взятої для визначення;
8 – молярна маса еквівалента кисню, г/моль.

Біохімічне споживання кисню (БСК) – це кількість кисню, необхідна для окислення органічних речовин, що містяться у воді, до вуглекислого газу й води; сюди ж входить кількість кисню, необхідна іншим бактеріям-редуцентам для перетворення аміаку й нітритів на нітрати. Якщо у воді з якихось причин різко зростає кількість органічних речовин (наприклад, за рахунок неочищених промислових стоків), то це викликає зростання кількості аеробних бактерій, що споживають ці речовини. Вони поглинають багато розчиненого кисню й можуть знизити його вміст до нуля, що викликає ріст анаеробних бактерій і перехід водойми в застійний режим.

Порядок проведення роботи

Наповніть ущертв колбу водою, що аналізується. Слідкуйте, щоб у воді не було бульбашок повітря. Додайте 1 мл розчину метиленового

блакитного. Кінчик піпетки при цьому занурюють у воду так, щоб метиленовий блакитний не міг абсорбувати кисень з повітря. Закрийте колбу пробкою й помістіть її в тепле темне місце. Спостерігайте за колбою кожні 12 годин, доки не помітите, що блакитний колір води зник. При цьому БСК визначається за такими даними:

К-ть днів із початку аналізу до зникнення блакитного кольору води	Відносна стабільність, % БСК	К-ть днів із початку аналізу до зникнення блакитного кольору води	Відносна стабільність, % БСК
0,5	11	7,0	80
1,0	21	8,0	84
2,0	37	9,0	87
3,0	50	10,0	90
4,0	60	11,0	93
5,0	67	12,0	95
6,0	75		

Точніше кажучи, цей метод дає змогу визначити не БСК, а так звану відносну стабільність води, тобто БСК, який забезпечується наявним у воді киснем. Метод ґрунтується на властивостях барвника метиленового блакитного: він залишається блакитним, поки у воді є кисень.

Контрольні питання

1. Поясніть, чому при визначенні БСК проба води повинна знаходитися в темному місці?
2. Як водна екосистема реагуватиме на раптову загибель більшості її продуцентів?

Лабораторна робота №5

Тема «Визначення вмісту CO_2 у воді»

Мета роботи. Визначити вміст вуглекислого газу у воді.

Необхідні прилади: кілька коротких широких пробірок на 100 мл; крапельниця; бюретка; розчин фенолфталеїну; розчин 0,0277 М натрію карбонату.

Основні положення лабораторної роботи

Вуглекислий газ потрапляє у воду кількома шляхами: з атмосфери, за рахунок процесу дихання водних організмів, унаслідок окислення редуцентами органічної речовини мертвих тіл продуцентів і консументів та ін. Цей газ необхідний для життя: споживаний зеленими рослинами в процесі фотосинтезу, він є тим матеріалом, з якого рослини синтезують високоенергетичні сполуки, такі, як глюкоза. Проте, якщо з тих чи інших причин кількість вуглекислого газу у воді починає перевищувати певні норми, це спричиняє порушення функціонування водних екосистем. Так, вміст вуглекислого газу у воді понад 25 чм призводить до загибелі водних

тварин. При надмірно високому вмісті вуглекислого газу вода стає "агресивною" щодо бетону, металів, спричиняючи їх швидку корозію. Майже завжди підвищення вмісту вуглекислого газу у воді супроводжується зниженням кількості розчиненого кисню.

Кількість розчиненого вуглекислого газу у воді зручно визначати за допомогою стандартних наборів. Аналіз можна виконати також хімічним методом.

Порядок проведення роботи

Відберіть у пробірку 100 мл води, що аналізується. Не збовтуйте воду в пробірці, щоб уникнути її насичення повітрям. Наступні процедури слід виконувати якомога швидше. Додайте в пробірку 10 крапель фенолфталеїну. Поява рожевого забарвлення вказує на відсутність у воді вуглекислого газу. Якщо вода залишилася безбарвною, її титрують 0,0277 М розчином натрію карбонату, поки не з'явиться слабке, але тривале рожеве забарвлення. Під час титрування пробірку не збовтують, а обережно обертають, щоб уникнути потрапляння у воду атмосферного вуглекислого газу. Кількість вільного вуглекислого газу у воді (в чнм) буде дорівнювати об'єму (в мл) натрію карбонату, помноженому на 10.

Контрольні питання

1. Відомо, що у воді Світового океану вуглекислого газу міститься в 50 разів більше ніж в атмосфері. Поясніть, як Світовий океан впливає на баланс вуглекислого газу в біосфері.
2. Щоб уникнути надмірного шуму і задимлення повітря, більшість типів підвісних човнових двигунів обладнано вихлопними трубами, що відводять відпрацьовані гази двигунів у воду. Поясніть, який вплив на водні екосистеми має така конструкція.

Лабораторна робота №6

Тема «Дослідження основних фізичних властивостей ґрунту»

Мета роботи. Визначити основні фізичні властивості ґрунту.

Необхідні прилади: набір сит, аналітичні ваги, конічні колби ємністю 250 мл.

Основні положення лабораторної роботи

Ґрунт – дуже складний комплекс органічних та мінеральних сполук, який утворює верхній шар земної кори та володіє родючістю. Ґрунт – велика природна лабораторія, у котрій безперервно проходять найрізноманітніші фізико-хімічні, біологічні та інші складні перетворення. Ґрунт може бути сприятливим середовищем для розвитку, збереження та розповсюдження збудників різних хвороб сільськогосподарських тварин.

Відбирання зразків ґрунту для дослідження

Зразок повинен бути характерним та об'єктивно відображати стан даного ґрунту. Для відбирання зразків використовують спеціальний бур

або чисту лопату; з поверхні попередньо зрізати рослинність. Зразки ґрунту відбирають пошарово через кожні 20 см на глибину до 1 м, для встановлення часу забруднення ґрунту по переміщенню хлоридів із верхніх шарів у нижні. Кожний зразок вагою 2-3 кг упаковують у скляні банки з притертою пробкою, у чистий мішок чи подвійний шар паперу, вказуючи, яка глибина, місце та час відбирання зразка.

Визначення типу ґрунту та опис зовнішніх властивостей

Зразки ґрунту розглядають на папері чи тарілці, визначаючи характер ґрунту за класифікацією:

1. Кам'янистий ґрунт - більше ніж на 50% складається з каміння різного розміру;
2. Хрящовий ґрунт - діаметр зернин 2-7 мм;
3. Піщаний ґрунт - більше від 80% піску;
4. Супіщаний ґрунт - не більше від 80% піску;
5. Глинистий ґрунт - більше від 60% глини;
6. Вапняковий ґрунт - не більше від 50% крейди;
7. Крейдовий ґрунт - більше від 50% крейди;
8. Чорнозем - більше ніж 20% гумусу;
9. Торф'яний ґрунт.

Визначення механічного складу ґрунту (розмір частинок)

Від розміру зернин ґрунту залежить обмін повітря ґрунту із атмосферним. Насичення ґрунту киснем необхідне для процесів окислення органічних речовин. Для визначення розмірів частинок ґрунту застосовують набір сит із діаметром дірок: 7; 4; 2; 0,3 мм. Склавши набір сит, уносять туди 100 г повітряно-сухого ґрунту, закривають кришкою та просівають. Потім зважують частинки з кожного сита. Їх вага буде відображати склад ґрунту за розміром частинок у %. За результатами визначають тип ґрунту.

Визначення фізичних властивостей ґрунту

До фізичних властивостей ґрунту належать: колір, запах, водопідйомна здатність (капілярність), фільтраційна здатність (водопроникність), вологоємність та пористість.

Колір. Ґрунт може бути темним (чорним), світло-сірим, світло-жовтим та інших відтінків залежно від кількості вміщених у ньому органічних речовин. Темне забарвлення показує, що в ньому міститься велика кількість гумусу. При санітарній оцінці чорнозему слід ураховувати, що темного кольору ґрунтови надають гумус та перегній дуже удобреного гноєм ґрунту, в якому патогенні мікроорганізми зустрічаються частіше, ніж у неудобреному. Ґрунти, бідні на гумус та органічні сполуки, мають світло-сіре забарвлення (підзоли) або ясно-жовте (піщані, глинисті ґрунти). Такий ґрунт уміщує дуже мало біологічно важливих мінеральних елементів – з'єднань кальцію, фосфору, калію та ін.

Запах. Чистий, незабруднений ґрунт запаху не має. Запах (гниття, аміаку, сірководню) з'являється при недавньому забрудненні ґрунту гноєм, сечею, неочищеними стічними водами, трупами тварин або гнитті органічних речовин у анаеробних умовах. Запах можна визначити безпосередньо при відбиранні зразка ґрунту. Для визначення запаху зразки ґрунту насипають у колбу, заливають гарячою водою, закривають пробкою і збовтують.

Температура. Температуру ґрунту визначають дуже рідко. Але при вибиранні місць для літніх таборів цей показник має істотне значення. Для вимірювання температури ґрунту використовують спеціальні "ґрунтові" термометри.

Капілярність. Залежить від механічного складу ґрунту: чим менші за розміром частки, тим більше капілярне підняття вологи. Висока капілярність зумовлює вологість ґрунту та сирість у приміщеннях для тварин. Визначається капілярність так: у штативі закріплюють ряд скляних трубок висотою до 1 м, діаметром 2,5 - 3,0 см із діленням по 1 см. Нижні кінці трубок зав'язують полотном чи марлею. Кожну трубку заповнюють досліджуваним ґрунтом. Нижні кінці трубок занурюють у воду. Вода по капілярах буде підніматись угору. По зміні кольору ґрунту заміряють висоту мокрого шару за 5, 10, 15, 30 та 60 хвилин.

Контрольні питання

1. Що таке механічний склад ґрунту?
1. Назвіть фізичні показники якості ґрунту.
2. Що таке капілярність ґрунту, від чого вона залежить?

Лабораторна робота №7

Тема «Визначення водопроникності, пористості, вологоємності ґрунту»

Мета роботи. Визначити водопроникність, пористість та вологоємність ґрунту.

Необхідні прилади: технічні ваги, сушильна шафа, муфельна піч, ступка, бюкси, стаканчик із кришкою, універсальний індикатор, дистильована вода, аналітичні ваги, фарфоровий тигель, ексикатор, сито з отворами 0,2-0,5 мм, ґрунт.

Основні положення лабораторної роботи

Водопроникність. Швидкість фільтрації води через різні типи ґрунту залежить від його структури. Цей показник визначає водоповітряний режим кожного ґрунту. Для визначення цього показника беруть скляну трубку діаметром 3-4 см та 25 - 30 см довжиною. Відмічають від нижнього кінця 20 та 24 см, відмічають ці рівні на склі. Нижній кінець трубки зав'язують полотном або марлею, заповнюють трубку ґрунтом на 20 см. Закріплюють трубку в штативі вертикально, під

нижній кінець її підставляють вимірювальний циліндр із лійкою. Діаметр циліндра повинен дорівнювати діаметру трубки. На циліндрі відмічають 4 см від дна. Наливають воду у трубку до рівня 24 см, постійно підтримуючи цей рівень. Фіксують два показники: 1 - час, за який вода пройде шар ґрунту (20 см) - перша крапля води; 2 - час, за який через ґрунт профільтрується вода до 4 см у вимірювальному циліндрі.

Пористість характеризує аерацію ґрунту. Для визначення цього показника беруть градуйований циліндр (100 мл) із 50 мл води і насипають туди 50 см³ ґрунту. Після перемішування визначають загальний об'єм. Унаслідок заповнення простору між частинками ґрунту загальний об'єм буде менший, ніж 100 см³. Кількість см³, яких недостає до 100 см³, визначає об'єм пор у ґрунті. Розраховують їх об'єм у процентах. Наприклад, 50 мл води + 50 см³ ґрунту = 100 см³. Після змішування води та ґрунту об'єм дорівнює 85 см³, тобто пори займають 15 см³. Визначаємо їх у %:

$$\begin{aligned} 50 - 100 \\ 15 - x ; \\ x = 15 \cdot 100 / 50 = 30 \% . \end{aligned}$$

Вологоємність. Це здатність ґрунту вміщувати та утримувати у собі якусь кількість води. Велика вологоємність зволожує повітря та викликає сиріння побудованих на ній приміщень, затримує перегнивання органічних речовин. Для визначення беруть скляний циліндр, нижній кінець якого зав'язаний марлею, насипають у нього ґрунт, циліндр занурюють у воду і чекають, поки вода з'явиться на 100 г повітряно-сухого ґрунту. Циліндр із ґрунтом зважують. ґрунт витягують із води та надають можливість стекти воді до останньої краплі. Частина води утримується ґрунтом. Знову циліндр зважують. Різниця маси показує кількість вологи, що утримується в ґрунті.

Контрольні питання

1. Що таке водопроникність ґрунту?
2. Що таке вологоємність ґрунту, від чого залежить?

Лабораторна робота №8

Тема «Визначення рН середовища, гігроскопічної води, вмісту органічних речовин у ґрунті»

Мета роботи. Визначити величину рН середовища, вміст гігроскопічної води та органічних речовин у ґрунті; визначити втрати при прокалюванні ґрунту.

Необхідні прилади: технічні ваги, сушильна шафа, муфельна піч, ступка, бюкси, стаканчик із кришкою, універсальний індикатор, дистильована вода, аналітичні ваги, фарфоровий тигель, ексікатор, сито з отворами 0,2-0,5 мм, ґрунт.

Основні положення лабораторної роботи

Грунт –це верхній тонкий шар земної кори, придатний для життя рослин. Він складається із речовин у трьох станах: твердому (мінерали, органічні рештки), рідкому (вода з розчиненими в ній речовинами) та газоподібному (повітря й газ, що виділяються завдяки хімічним реакціям у ґрунті).

Гігроскопічною водою називають ту воду, яка виділяється із ґрунту при нагріванні його до 100-105°C. Вміст гігроскопічної води в ґрунті залежить від кількості перегною в ґрунті і глинистих речовин, які служать непрямими показниками його механічного й хімічного складу.

Чим більша питома поверхня ґрунту, тим більше у ґрунті глинистих і органічних речовин, тим вищий вміст гігроскопічної води. Органічні та мінеральні колоїди адсорбують на поверхні своїх частин молекули води із повітря, тому присутність колоїдів у ґрунті збільшує вміст гігроскопічної води.

При висушуванні ґрунту (100-105 °C) він втрачає гігроскопічну воду й адсорбовані CO₂, NH₃, газ, а також частину кристалізаційної води. Наприклад, гіпс CaSO₄ * 2H₂O починає виділяти кристалізаційну воду при температурі нижче ніж 100 °C. Ця вода входить у величину втрат ваги при висушуванні, тому результати визначення гігроскопічної води гіпсоносних горизонтів ґрунту виходять трохи перебільшеними.

При прокалюванні ґрунту в межах 600 °C залишок ґрунту втрачає адсорбовану і кристалізаційну воду, гумус, адсорбовані газ.

Якщо прокалювання вести вище від 600 °C, то залишок ґрунту втрачає рештки конституційної води, розкладаються карбонати й виділяється CO₂. Повністю карбонати розкладаються при 900 °C. Так, карбонат магнію дисоціює при 610 °C, доломіт CaCO₃ * MgCO₃ – 765°C розкладається на CaCO₃ і MgO, а потім CaCO₃ розкладається при 897° на CaO+CO₂.

При прокалюванні ґрунту в межах 300-350 °C із нього відбувається виділення гігроскопічної води, кристалізаційної води, адсорбованих газів та газів окислення гумусу.

Якщо прокалювання вести вище від 600°C, то ґрунт втрачає конституційну воду в результаті розкладу гідрокарбонатів і карбонатів.

Порядок проведення роботи

1. Визначення рН середовища ґрунту

ґрунт розтирають у ступці. На технічних вагах зважують 5 г ґрунту, заливають його 100 мл дистильованої води і змішують 30 с. Дають відстоятися і визначають рН водяного розчину за допомогою універсального індикатора.

2. Визначення гігроскопічної води

У попередньо висушеному і зваженому на аналітичних вагах стаканчику з кришкою зважують 1-2 г повітряно-сухого ґрунту, пропущеного через сито з отворами 0,25 мм. Стаканчик із ґрунтом ставлять у сушильну шафу і висушують до постійної ваги 30 хв., потім стаканчик, закритий кришкою, переносять у ексікатор, охолоджують 20 хв. і зважують на аналітичних вагах.

Величини, які необхідно визначити :

до висушування

- 1) вага бюкси (повітряно-сухого)- m_6 ;
- 2) вага бюкси з наважкою землі- $m_{нз}$;
- 3) наважка землі (повітряно-сухої) – m_3 ;

після висушування

- 1) вага бюкси (висушеного)- m_6 ;
- 2) вага бюкси з висушеною наважкою- $m_{нг}$;
- 3) наважка ґрунту (висушеного)- $m_г$;

Вміст гігроскопічної води у пробірці визначають із виразу

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \%,$$

де H – вміст гігроскопічної води у пробі.

Примітка. Найчастіше вміст гігроскопічної води у ґрунті знаходиться в межах 7-8 %.

3. Визначення вмісту органічних речовин

У попередньо прожарений і зважений тигель уміщують 1 г ґрунту і зважують на аналітичних вагах.

Тигель із наважкою ставлять у холодну муфельну піч і нагрівають до 300-350 °С, видержують при цій температурі 15 хв, виймають і ставлять охолоджуватися в ексікатор.

Визначувані величини :

до прожарювання

- 1) вага тигля (повітряно-сухого) – $m_т$;
- 2) вага тигля з повітряно сухою наважкою — m_i ;
- 3) наважка ґрунту (повітряно-сухого) - $m_{нг}$;

після прожарювання

- 1) вага тигля (прожареного) — $m_т$;
- 2) вага тигля з прожареною наважкою ґрунту — $m_{нг}$;
- 3) наважка ґрунту (прожареного) — m_2 .

Вміст органічних речовин у пробі визначають із рівняння

$$O_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100\% - H ,$$

де O_p — вміст у воді органічних речовин.

Залишок після прокалювання є мінеральною частиною ґрунту .

Чим більше у ґрунті органічних речовин і води, тим менше в ній міститься мінеральних речовин .

Визначення втрат при прожарюванні ґрунту

У попередньо зважений і прожарений фарфоровий тигель дозують 1г ґрунту, який попередньо пропускають через сито з отвором 0,2-0,5 мм.

Наважку ґрунту становлять у холодну муфельну піч і прогрівають її до 900 °С протягом 1 год. Охолоджують піч до слабкого накалу. Виймають тигель і ставлять його в ексикатор. Через 20 хв. зважують на аналітичних вагах. Величину втрат при прожарюванні визначають за формулою

$$в.п.п.(\%) = \frac{A * 100}{B} - H ,$$

де *в.п.п.* – втрати при прожарюванні; А-втрата у вазі; В-наважка повітряно- сухого ґрунту; Н- % вміст гігроскопічної води.

Залишок при прокалюванні (900 °С) є **мінеральною частиною** ґрунту.

Висновки. Чим більше у ґрунті органічних речовин і води, тим менше міститься у ґрунті мінеральних речовин, а це дає можливість оцінити якість ґрунту, на якому передбачається будівництво об'єкта або використання ґрунту під с/г угіддя.

Контрольні питання

1. Що таке мінеральна частина ґрунту?
1. 2.Що таке конституційна, гігроскопічна, кристалізаційна вода?

Лабораторна робота №9

Тема: «Дослідження повітряного середовища. Хімічний склад повітря»

Мета роботи. Вивчити методи визначення CO_2 в повітрі приміщень та атмосфері, опанувати методику розрахунків по визначенню CO_2 у повітрі приміщень; одержаним наслідкам дати санітарно-гігієнічну оцінку.

Необхідні прилади. Велика сулія місткістю 5–6 л та реактиви; калібрований флакон місткістю 100 мл; дві бюретки на 50 мл; міх для нагнітання повітря у сулію; термометр Цельсія; хімічна склянка, крапельниця.

Теоретична частина

Існує багато методів визначення CO_2 в повітрі. Основні з них об'ємні: за допомогою газоаналізаторів Холдеп, Кудрявцева, Калмікова, а також експрес-метод за Прохоровим. Принцип цього методу – порівняльне дослідження повітря приміщень та атмосферного, де вміст CO_2 підтримується на постійному рівні - CO_2 0,03% або 0,3 л/м³. Титрометричний метод Суботіна-Нагорського найбільш розповсюджений. Принцип визначення – обробка визначеного об'єму повітря титрованим розчином їдкого барію – $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Їдкий барій інтенсивно поглинає CO_2 , його титр зменшується, але різниця титрів розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ до та після поглинання CO_2 визначається кількістю CO_2 в досліджуваному об'ємі повітря.

Визначення CO_2 методом Суботіна-Нагорського

Титрований розчин їдкого барію 1 мл якого може зв'язувати (поглинати) 1 мг CO_2 . Титрований розчин щавлевої кислоти I ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$), 1 мл котрого відповідає 1 мг CO_2 . Індикатор – 1-проц. спиртовий розчин фенолфталеїну, котрий у лужному розчині утворює інтенсивно червоний колір, у кислому – червоний колір зникає.

Хід роботи

1. У хімічну склянку з бюретки наливають 20 мл титрованого розчину щавлевої кислоти, додають 3 краплі індикатору. Розчин без забарвлення.

Титруємо цей розчин їдким барієм до появи слабкого рожевого забарвлення. Кількість мл розчину їдкого барію, витраченого на титрування 20 мл щавлевої кислоти є першим титром їдкого барію.

2. Калібровану сулію розміщують у приміщенні, де необхідно визначити вміст CO_2 в повітрі. На дно сулії опускають гумову трубку, з'єднану з міхом і нагнітають повітря (25–30 качань,). Сулію затикають пробкою. У лабораторії вставляють калібрований флакон (на 100 мл) з баритовим розчином.

3. Сулію надівають на калібрований флакон та виливають з цього баритовий розчин. Вміст сулії добре змішують з баритовим розчином на протязі 10–12 хвилин. Розчин бариту біліша, внаслідок поглинання CO_2 і

утворення нерозчинного у воді BaCO_3 . Потім розчин бариту зливають у калібрований флакон і відстоюють його. У період дослідів необхідно виміряти температуру повітря та атмосферний тиск. У період, коли відстоюється баритовий розчин, об'єм досліджуваного повітря приводиться до нормальних умов (до 0°C та барометричного тиску 760 мм рт. ст.) за формулою Бойля-Мариотта та Гей-Люсака:

$$V_{760}^0 = \frac{V \times B}{(1 + aT) \times 760}$$

V – міскість сулії (мл);

$(1+aT)$ – поправка на температуру;

a – коефіцієнт розширення повітря; при підвищенні температури на 1°C , він дорівнює 0,003667;

T – температура повітря під час дослідів, $^\circ\text{C}$;

B – барометричний тиск у період дослідів, мм рт. ст.

Для прискорення розрахунків використовують табл. 1, де наведені дані

для $(1+aT)$ та $\frac{B}{760}$

4. Визначення другого титру їдкого барію.

У порожню бюретку наливають освітлений розчин їдкого барію після поглинання CO_2 .

Потім у хімічну склянку з бюретки з щавлевою кислотою як і в першому випадку наливають 20 мл щавлевої кислоти, додають 3 краплі індикатору і титрують їдким барієм з бюретки, розчин котрого з'явився завдяки поглинанню CO_2 . Титрують до появи слабого червоного забарвлення.

Розрахунок:

20 мл – 26,5 мл

X - 100 мл

$X = 20 * 100 / 26,5 = 75,47$ мл щавлевої кислоти.

Різниця між першим і другим титром: $95,24 - 75,47 = 19,77$ мл. що відповідає 19,77 мг CO_2 в досліджуваному повітрі.

5. Кінцевий розрахунок результатів аналізу.

Для розрахунку вмісту вуглекислоти у досліджуваному повітрі необхідно привести до нормальних умов об'єм повітря та визначену кількість CO_2 (табл. 1).

Таблиця 1. Приведення повітря до нормальної температури та нормального тиску.

Температура С ⁰	1+0,003667 (1+ат)	Баром. тиск (В)	В 760	Температура С ⁰	1+0,003667 (1+ат)	Баром. тиск (В)	В 760
-20	0,9267	726	0,9553	+8	1,0293	754	0,9921
-19	0,9303	727	0,9566	+9	1,0330	755	0,9934
-18	0,9340	728	0,9579	+10	1,0367	756	0,9947
-17	0,9377	729	0,9592	+11	1,0403	757	0,9961
-16	0,9413	730	0,9605	+12	1,0440	758	0,9974
-15	0,9450	731	0,9618	+13	1,0476	759	0,9987
-14	0,9484	732	0,9632	+14	1,0513	760	1,0000
-13	0,9523	733	0,9645	+15	1,0550	761	1,0013
-12	0,9560	734	0,9658	+16	1,0586	762	1,0026
-11	0,9597	735	0,9671	+17	1,0623	763	1,0039
-10	0,9633	736	0,9684	+18	1,0660	764	1,0053
-9	0,9670	737	0,9697	+19	1,0696	765	1,0066
-8	0,9707	738	0,9710	+20	1,0733	766	1,0079
-7	0,9743	739	0,9724	+21	1,0770	767	1,0092
-6	0,9780	740	0,9737	+23	1,0843	769	1,0118
-5	0,9817	741	0,9750	+24	1,0880	770	1,0132
-4	0,9853	742	0,9763	+25	1,0917	771	1,0145
-2	0,9927	744	0,9789	+22	1,0806	768	1,0105
0	1,000	746	0,9816	+26	1,9053	772	1,0158
+1	1,0037	747	0,9829	+27	1,0990	773	1,0171
+2	1,0073	748	0,9842	+28	1,1027	774	1,0184
+3	1,0110	749	0,9855	+29	1,1063	775	1,0197
-3	0,9890	743	0,9776	+30	1,1100	776	1,0211
-1	0,9963	745	0,9803	+31	1,1137	777	1,0224
+4	1,0147	750	0,9868	+32	1,1173	778	1,0224
+6	1,0220	752	0,9895	+33	1,1210	779	1,0250
+7	1,0257	753	0,9908	+34	1,1247	780	1,0263

Відомо, що 1 мг СО₂ за нормальними умовами (0 град С та 760 мм рт. ст.) займає об'єм 0,509 * 19,77 = 10,062 мл.

Об'єм сулії з досліджуванним повітрям дорівнює 6000 мл при температурі +8°С та атмосферному тиску 754 мм. рт. ст. Користуючись формулою Бойля-Маріота та Гей-Люсака, приводимо об'єм повітря до нормальних умов:

у перерахунку на 100 мл 10,062 мл СО₂ у повітрі буде:

$$X = 10,062 * 100 / 5783 = 0,17\%$$

ГДК СО₂ = 0,25% (2,5 л/м³).

З метою швидкого визначенням вмісту СО₂ у повітрі в приміщенні в умовах виробництва можна користуватись методом Прохорова, який не потребує складного обладнання.

Обладнання: шприц на 20 мл; флакон на 500 та 15—20 мл. Реактиви: розчин за прописом; вода дистильована 500 -мл; 25% розчин NH₄ (ОН) –

1-2 краплі; 1% спиртовий розчин фенолфталеїну 1–2 краплі слабого рожевого забарвлення.

Хід роботи.

У шприц набирають 10 мл розчину та 10 мл атмосферного повітря, добре його взбовтують, потім його виштовхують з шприца і знов набирають 10 мл і так повторюють до втрати забарвлення розчином. При цьому підраховують кількість разів зміни атмосферного повітря (припустимо 80 разів), тобто 800 мл (10 мл повітря 80). Після цього таким же чином аналізують повітря приміщення (допустимо 10 разів – 10 мл*10=100 мл повітря). Розрахунок проводять таким чином:

$$X=(A/B)*0,03,$$

де: X – кількість вуглекислоти у досліджуємому повітрі, %

A – кількість атмосферного повітря, мл

B – кількість повітря приміщення, мл.

0,03 – вміст CO₂ в атмосферному повітрі, %

Лабораторна робота №10

Тема: «Дослідження повітряного середовища. Фізичні властивості повітря»

Мета роботи. Навчити студентів користуватись приладами для визначення фізичних властивостей повітря, вивчити їх устрій.

Необхідні прилади. Велика сулія місткістю 5–6 л та реактиви; калібрований флакон місткістю 100 мл; дві бюретки на 50 мл; міх для нагнітання повітря у сулію; термометр Цельсія; хімічна склянка, крапельниця.

Теоретична частина

До фізичних властивостей повітряного середовища відносяться: температура повітря, вологість (абсолютна та відносна), рух повітря, барометричний тиск, променева енергія (світлова, інфрачервона, ультрафіолетова), механічні домішки (пил; мікроорганізми).

Визначення температури повітря.

Для визначення користуються ртутними та спиртовими термометрами. Спиртові термометри використовуються для визначення температури від +120 до –130⁰ С, ртутний від –39⁰ С до +750⁰С. Температури (нижче 39⁰ С) вимірювати не можливо, бо ртуть замерзає при –39⁰С.

Для визначення температури поверхні стін, підлоги, шкіри тварин використовують термометри, у яких резервуари спіралью закручені, що збільшує площу дотику з площиною. Для швидкого вимірювання температури повітря, площин та шкіри тварин сконструйовані різні термоелектричні прилади – термометри, компенсаційні прилади, електротермометри. Для визначення самої низької та самої високої температури існують мінімальні та максимальні термометри.

Мінімальний термометр використовується для визначення самої низької температури повітря за визначений термін часу, такий термометр може бути тільки спиртовим. У капілярі термометра у спирті плаває скляний штифтик, який перед початком вимірювання температури відводять до меніску спирту, піднявши догори, резервуар термометра; Розміщують термометр у горизонтальному стані. При підвищенні температури спирт розширюється, проходить понад штифтиком та своїм меніском при зниженні температури переміщує за собою штифтик. Відрахунок температури ведеться по кінчику штифтика, котрий розташовується біля меніску спирту. Максимальний термометр використовується для визначення максимальної температури повітря. Максимальні термометри частіше ртутні Вони мають звуження капіляру при переході у резервуар. Ртуть, поширюючись при нагріванні, легко долає цей опір і зупиняється на визначеному рівні, відповідному температурі (максимальній).

При зниженні температури стовпчик ртуті залишається у капілярі, бо він не може повернутись у резервуар завдяки звуженню капіляра і таким чином фіксує найвищу температуру, яка була у період досліджень. Щоб повернути ртуть у резервуар, термометр треба, добре струшувати.

Для довготривалого безперервного запису коливань температури повітря приміщень використовується термограф. За тривалістю запису вони поділяються на добові, тижневі та місячні. Основною частиною приладу, що реагує на зміни температури, є біметалева пластинка (термопара), яка утворена з двох металів з різними коефіцієнтами розширення. При нагріванні вона випрямляється, а при охолодженні згинається. За допомогою системи важелів до пластинки прикріплюється перо, яке наносить лінію на спеціальний папір, закріплений на барабані з годинниковим механізмом. Рух барабану надає пружина з годинникового механізму. Перед початком роботи прилад перевіряють і за допомогою регульовального гвинта встановлюють перо на паперовій стрічці згідно показника температури.

Визначення швидкості руху повітря кульовим кататермометром

Н:0	м/с	Н:0	м/с	Н:0	М/с	Н:0	м/с
0,29	0,0	0,54	0,60	0,77	1,72	1,03	3,12
0,30	0,011	0,545	0,65	0,78	1,76	1,04	3,19
0,31	0,0231	0,55	0,69	0,79	1,81	1,05	3,25
0,32	0,035	0,56	0,74	0,80	1,86	1,06	3,32
0,33	0,05	0,565	0,78	0,81	1,91	1,07	3,38
0,34	0,07	0,57	0,82	0,82	1,95	1,08	3,45
0,35	0,076	0,575	0,85	0,83	2,00	1,09	3,51
0,36	0,09	0,58	0,90	0,84	2,05	1,10	3,58
0,37	0,11	0,59	0,96	0,86	2,11	1,11	3,65
0,38	0,13	0,60	1,00	0,87	2,17	1,12	3,72
0,39	0,15	0,61	1,04	0,88	2,22	1,13	3,79
0,40	0,17	0,62	1,09	0,89	2,28	1,14	3,87

Атмосферний тиск.

Його вимірюють ртутним барометром та металевим барометром – анероїдом. Ртутний барометр – надзвичайно точний прилад, потребує обережного використання та непридатний для приміщень. Ним користуються тільки у лабораторних умовах. Барометри-анероїди, портативні, широко вживаються у практиці гігієнічних досліджень. Важливіша частина цього приладу – тонкостінна плоска трубка, зігнута у вигляді підкови і наповнена розрідженим повітрям (до 50–60 мм рт. ст.). Внаслідок коливань атмосферного тиску трубка змінює свою кривизну, ці зміни через систему важелів передаються стрілці, яка вказує на циферблаті його величину.

Барограф використовують для реєстрації змін атмосферного тиску на протязі доби чи тижня. Головна його частина – тонкостінна гофрована коробка з розрідженим повітрям (50–60 мм рт. ст.), яка реагує на зміни тиску і через систему важелів передає їх на перо.

Визначення гігromетричних показників (абсолютна, максимальна, відносна вологість, дефіцит насичення, точка роси).

Для визначення абсолютної вологості використовують психрометр Августа або психрометр Ассмана. Психрометр Августа складається з двох однакових термометрів ртутних чи спиртових, укріплених на одній площині на відстані 4–5 см один від одного. Резервуар одного з термометрів обгорнутий батистом, батист занурений у ємкість з дистильованою водою. Це так званий "вологий" термометр, відстань його резервуару від поверхні води повинна бути не меншою від 0,5 см. Другий термометр "сухий". Оскільки на випарювання води витрачається певна кількість тепла, то вологий термометр буде охолоджуватись і вказувати більш низьку температуру, ніж "сухий". Різниця показників термометрів є складовою розрахунків. При визначенні вологості повітря слід запобігти впливу джерел випромінювання тепла та руху повітря на прилад.

При визначенні абсолютної вологості за допомогою психрометра Августа прилад розташовують у місці досліджень і через 10–15 хвилин записують показники "вологого" та "сухого" термометрів. Розрахунок абсолютної вологості ведуть за допомогою формули Реньо:

$$A = E - a(T_1 - T_2) \times B,$$

де: A – абсолютна вологість повітря, г/м³;

E – максимальна вологість повітря при температур "вологого" термометра, г/м³;

a – психометричний коефіцієнт, залежний від руху повітря;

T₁ – показник температури "сухого" термометра, °C;

T₂ – показник температури "вологого" термометра, °C;

B – барометричний тиск у період дослідів, мм рт. ст.

Приклад розрахунків абсолютної вологості повітря.

Показники: "Сухий" термометр $-12,5^{\circ}\text{C}$; "вологий" – $11,2^{\circ}\text{C}$, барометричний тиск 755 мм рт. ст., психрометричний коефіцієнт – 0,0011. Максимальна вологість повітря при $11,2^{\circ}\text{C}$ дорівнює $9,92\text{ г/м}^3$.

$$A=9,92 - 0,0011(12,5 - 11,2)*755=8,84\text{ г/м}^3$$

Знаючи абсолютну вологість повітря можна визначити відносну вологість повітря за формулою:

$$R=A*100/E$$

R – відносна вологість повітря, %;

A – абсолютна вологість повітря, г/м^3 ;

E—максимальна вологість повітря по показнику "сухого" термометра, г/м^3 .

$$R=8,84*100/10,8 = 81,8\%$$

Дефіцит насичення (ДН) визначається різницею між максимальною вологістю та абсолютною:

$$\text{ДН}= E-A= 10,8 - 8,84 =1,96\text{ г/м}^3.$$

Температура точки роси (Т) – це температура, при котрій абсолютна вологість стає максимальною і волога конденсується.

Для визначення відносної вологості використовуються гігрометри – прилади, дія яких ґрунтується на властивості знежиреного людського волосся подовжуватись при підвищенні вологості-та скорочуватись при її зниженні. Зміна довжини волосся надає руху стрілці, яка вказує на шкалі величину вологості у відсотках.

Визначення швидкості руху повітря.

Швидкість руху повітря визначається за допомогою кульового кататермометра та анемометрів. Кататермометром визначають швидкість руху повітря від 0,01 до 1,5 м/с. Крильчатим анемометром – від 0,3 до 5 м/с, а чашечним – від 1 до 25 м/с.

Кататермометр має кульовий резервуар, заповнений зафарбованим спиртом, капілярну трубку, поділену на градуси та верхній пустий резервуар. На зворотному боці капілярної трубки нанесений фактор кататермометра (F), який вказує тепловитрати з 1 см^2 площі приладу. Цей показник індивідуальний у кожного приладу. Швидкість руху повітря кульовим кататермометром визначається за формулою:

$$V = H/O,$$

де

V – швидкість руху повітря, м/с;

H – катаіндекс приладу ($\text{млкал/см}^2/\text{с}$), визначається шляхом ділення фактору кататермометра на час охолодження його від 38 до 35°C .

$$H=F/T$$

O – різниця між середньою температурою кататермометра (завжди $36,5^{\circ}\text{C}$) та температурою повітря приміщення під час досліду;

F – для кожного приладу величина постійна.

Визначення освітленості.

Усі промені сонячної радіації (видимі, інфрачервоні, ультрафіолетові) мають біологічну дію та викликають, у визначених межах, позитивний вплив на фізіологічні функції організму. Нормування освітленості є суттєвим фактором збереження здоров'я, високої продуктивності та відтворювальних здібностей.

Для визначення природної та штучної освітленості приміщень використовують люксметри. Промисловість виготовляє люксметри марок: Ю-15, Ю-16, Ю-17, Ю-117. Усі люксметри складаються з 2 основних частин – фотоелемента та мікрогальванометра, шкала якого градується у люксах. Фотоелемент складається з залізної пластини, очищеної від окислів, на яку нанесений шар селену, на котрий напилений звільняє електрон, якій переходить на шар золота або платини. Чим інтенсивніше падіння фотонів (тобто інтенсивніше освітлення), тим більше електронів переходить з селену на другий шар. Відомо, що рух електронів це електричний струм, тільки це фотострум. Для його вимірювання друга частина люксметру – мікрогальванометр, шкала якого градується у люксах.

Лабораторна робота №11

Тема «Визначення ролі редуцентів в екологічних системах»

Мета роботи. На практиці визначити роль редуцентів в екосистемах.

Необхідні прилади. 4 ферментативні пробірки; розчини сахарози, кілька грамів дріжджів, дистильована вода, піпетка, 5 хімічних стаканів по 100 мл, скляний градуваний циліндр на 50 мл, штатив для ферментативних пробірок.

Теоретична частина

Одним із видів редуцентів є дріжджові грибки, що застосовуються для випікання хліба, у виробництві спирту тощо. Ці організми в безкисневих (анаеробних) умовах розкладають цукри до спирту й вуглекислого газу, а процес називається бродінням, або ферментацією.

Хід роботи

Склад сахарози $C_{12}H_{22}O_{11}$, а її відносна молекулярна маса становить 342. Розраховуємо кількість цукру для приготування розчинів указаних вище концентрацій сахарози. Нумеруємо хімічні склянки від 1 до 5. Наливаємо в них розчини:

- склянка №1 – 40 мл дистильованої води (контрольний);
- склянка №2 – 40 мл 0,25 моля розчину сахарози;
- склянка №3 – 40 мл 0,50 моля розчину сахарози;
- склянка №4 – 40 мл 0,75 моля розчину сахарози;
- склянка №5 – 40 мл 1,0 моля розчину сахарози.

Готуємо суспензію дріжджів, змішуючи 1г дріжджів із 50 мл дистильованої води. У кожену склянку додаємо 2 мл дріжджової суспензії. Старанно перемішуємо вміст склянок. Нумеруємо ферментативні пробірки від 1 до 5. У кожену із них переносимо відповідний розчин із склянки. Нахиливши пробірки, випускаємо пухирці повітря з пробірок. Закривши пробірки пробками, кріпимо їх на штативі. Штатив із пробірками ставимо в тепле (25-30⁰С) місце. Через 2-3 год. розглядаємо пробірки і відмічаємо рівень газу, що накопичується в закритому коліні пробірок.

Експеримент триває 3-4 дні. Креслимо графіки зростання об'єму газу в кожній із пробірок. Порівнюємо їх між собою.

Контрольні питання

1. Що за газ скупчився в пробірках?
2. Які висновки можна зробити на основі цього досліду щодо ролі редуцентів у екосистемах?

Лабораторна робота №12

Тема *Визначення ролі продуцентів в екологічних системах*

Мета роботи. На практичних дослідах переконатися у взаємозв'язку продуцентів і редуцентів у біосфері.

Необхідні прилади. спиртівка, лійка, пробірка, пінцет, піпетка, тріска, глюкоза, крохмаль, цукор, дріжджі, спирт, розчин 10%-ного йоду, сода, дві ферментативні пробірки; хімічні склянки (100мл), сірники.

Теоретична частина

Для процесів життєдіяльності (росту тіла, обміну речовин, розмноження тощо) всі живі організми мають потребу в енергії. Живі клітинки отримують її за рахунок «спалювання» палива подібно до того, як людина опалює свою домівку, спалюючи в печі органічне паливо (дрова, вугілля). Основним видом «палива» для живих клітин є глюкоза, простий цукор, що міститься в багатьох тканинах. Ця речовина належить до класу вуглеводів. Формула її хімічного складу - C₆H₁₂O₆ або C₆(H₁₂O)₆. При розпаді великих молекул глюкози на дрібні молекули вуглекислого газу й води вивільняється енергія. Процес іде за такою схемою:

глюкоза + кисень → енергія + вуглекислий газ + вода,
або ж у вигляді хімічної реакції :



«Згорання» глюкози в живих клітинах відбувається при кімнатній температурі, що пояснюється наявністю в них каталізаторів-органічних сполук (ферментів). Енергія, що при цьому виділяється, забезпечує процеси життєдіяльності. Крім того, виділяються побічні продукти: вода й вуглекислий газ. Продуценти (зелені рослини) при диханні «спалюють» вуглеводи, вироблені власними клітинами; інші організми (консументи й редуценти) користуються енергією, що знаходиться в клітинах продуцентів.

Зв'язування енергії продуцентами відбувається шляхом *фотосинтезу* (від грецьких слів *фотос* – світло і *синтез* – створення). Клітини зелених рослин, використовуючи особливу органічну сполуку – хлорофіл і сонячне світло, синтезують із простих сполук (вуглекислого газу й води) складні органічні сполуки, такі, як глюкоза. Схема процесу фотосинтезу:

вуглекислий газ + вода + енергія світла ^{хлорофіл} глюкоза + кисень,
або ж у вигляді хімічної реакції:



Важливим продуктом цієї реакції є кисень.

Слід мати на увазі, що обидва процеси, які відбуваються в клітинах продуцентів (дихання й фотосинтез), проходять набагато складніше, ніж це зображено в наведених вище реакціях, де вказані лише вихідні й кінцеві продукти, а між цими двома стадіями спостерігаються інші складні реакції. Потрібно також пам'ятати, що зелені рослини синтезують вуглеводів набагато більше ніж їм треба для власного дихання. Глюкоза, синтезована в клітинах зелених рослин, накопичується в них у вигляді більш складної за побудовою сполуки – крохмалю.

Хід роботи.

1. Дрібку глюкози насипати на жерсть і пінцетом внести в полум'я спиртівки. Через кілька секунд глюкоза темніє, плавиться й загорається, продовжує горіти й після видалення жерсті з полум'я спиртівки. Невелику кількість крохмалю змішуємо з водою й отриману пасту наносимо тонким шаром на скляну пластину. Піпеткою капаємо на неї краплю йодного розчину.

2. Крохмаль забарвлюється в темно-синій колір. Реакція дуже чутлива – синій колір з'являється навіть при наявності крохмалю лише в кількох частинах на тисячу.

3. Для достатньої кількості вуглекислого газу, необхідного для фотосинтезу, у воду додається трохи бікарбонату кальцію. Під лійку поміщаємо занурену у воду водяну рослину. Накриваємо кінець лійки пробіркою, попередньо вщерть наповненою водою (в ній не повинно бути бульбочок повітря). Виставляємо зібрану установку на яскраве денне або штучне освітлення на кілька діб. У пробірці збирається газ. Нескладні дослідження підтверджують, що це – кисень. Наприклад, переконалися в цьому можна, внівши в пробірку кінець трісочки, що тліє. В атмосфері кисню вона яскраво загорається.

Контрольні питання

1. Яку роль відіграють світло й хлорофіл у процесі фотосинтезу?
2. Які висновки можна зробити на основі проведених дослідів щодо ролі продуцентів у екосистемах?

3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.

Знання, отримані студентами при вивченні дисципліни «Загальна екологія та неоекологія», можуть знадобитися їм як фахівцям підчас роботи на підприємствах або в організаціях та інших структурах народного господарства.

Самостійна робота студентів ставить за мету й направлена:

- ✓ на самостійне опрацювання питань, що доповнюють і розширюють розглянуті на лекційних та практичних заняттях теми;
- ✓ на вміння застосовувати набуті знання шляхом самостійного аналізу і вибору оптимальних рішень та варіантів поведінки у практичній діяльності;
- ✓ на розвиток творчого підходу при вирішенні будь-яких питань у професійній діяльності;
- ✓ на можливість самостійного вибору певних напрямів дисципліни для подальшого більш глибокого опрацювання чи наукової роботи.

Загальна екологія розглядає основні закономірності біосферних процесів, взаємовідносини організмів і надорганізмових систем з навколишнім середовищем, і між собою, узагальнює дії екологічних факторів на живі організми та їх угруповання, вплив останніх на окремі фактори навколишнього середовища.

Засвоювати матеріал курсу рекомендується в порядку, наведеному в даному розділі посібника. Вивчення кожної наступної теми можливе тільки після глибокого засвоєння попередніх тем.

Після вивчення кожної теми необхідно відповісти на питання для самоперевірки, наведені в даних методичних вказівках.

2. Теми та зміст самостійної роботи

Тема 1.

Визначення у нормативній літературі параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря на прикладі міста де проживає студент.

Основні параметри зовнішнього та внутрішнього повітря. Температура, відносна вологість. Температура: середньорічна, абсолютно мінімальна, абсолютно максимальна, середня максимальна найбільш жаркого місяця, найбільш холодної доби, найбільш холодних п'яти днів.

Література: [12, 14]

Питання для самоперевірки.

1. Що таке температура забезпеченості 0,92 та 0,98?
2. Що таке пряма та розсіяна сонячна радіація?
3. Що таке амплітуда температури повітря?

Тема 2.

Визначення величини гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин та їх однонаправленість дії.

Нормування та основні положення контролю забруднення атмосфери. Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин. Максимально разова ГДК. Середньодобова ГДК. Речовини однонаправленої дії. Класифікація викидів в атмосферу. Оцінка забруднення атмосфери.

Література: [5, 8, 9, 10]

Питання для самоперевірки.

1. Що таке максимально разова ГДК?
2. Що таке середньодобова ГДК?
3. Наведіть речовини однонаправленої дії.
4. Лабораторні методи оцінки забруднення атмосфери.
5. Експресні методи оцінки забруднення атмосфери.
6. Моніторинг – як система спостереження, контролю, прогнозування та управління якості стану атмосферного повітря.

Тема 3.

Методика визначення будівельних шумів та порядок проведення акустичного розрахунку.

Нормування шуму. Будівельні шуми та заходи по їх зниженню. Основні джерела шуму. Рівень шуму. Рівень звукового тиску та рівень звукової інтенсивності. Способи передавання шуму. Вплив шуму на організм людей та тварин. Методи захисту від шуму.

Література: [12]

Питання для самоперевірки.

1. Що таке шум?
2. Що таке повітряний та структурний спосіб передачі шуму?
3. Абсорбційні шумознижувачі.
4. Реактивні шумознижувачі.

Тема 4.

Визначення розміру санітарно-захисної зони.

Санітарно-захисна зона (СЗЗ) як фітомеліорація з використанням зелених насаджень. Розмір санітарно-захисних зон. Розрахунок розміру санітарно-захисної зони підприємства. Рослини для озеленення санітарно-захисних зон. Посадки ізолюючого та фільтруючого типів.

Література: [1, 4, 13]

Питання для самоперевірки.

1. Вихідні дані для розрахунку СЗЗ.
2. Типи лісозахисних посадок.
3. Класифікація газів та аерозолів.

Тема 5.

Вивчення ролі продуцентів та редуцентів в екосистемах.

Ознаки екосистем. Редуценти, як утилізатори відходів діяльності продуцентів та редуцентів. Роль редуцентів в екосистемах. Роль редуцентів в трофічних ланцюгах. Трофічні рівні.

Література: [2, 6]

Питання для самоперевірки.

1. Роль редуцентів в екосистемах.
2. Роль редуцентів в екологічних пірамідах.

Тема 6.

Вивчення методів якісних аналізів аерозолію.

Атмосфера – один з найважливіших, життєво необхідних екологічних факторів. Фізичні властивості і хімічний склад атмосфери. Забруднення повітря. Класифікація забруднювачів повітря. Масштаби й характер забруднень.

Література: [2, 4, 7, 9]

Питання для самоперевірки.

1. Різновиди забруднення повітря.
2. Методика визначення кількості твердих частинок, що випали з повітря.
3. Класифікація аерозолів.
4. Якісні аналізи аерозолію.

Тема 7.

Методи і засоби визначення властивостей природних компонентів.

Відбір проб ґрунтів. Опробовування донних відкладень. Опробовування атмосферних опадів у вигляді дощу і снігу. Екологічний контроль забруднення ґрунтів. Оцінка ступеню небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами. Методи аналітичних визначень властивостей. природних компонентів.

Література: [2, 6]

Питання для самоперевірки.

1. Як визначається питома маса забруднюючих речовин?
2. Методи аналітичних визначень властивостей.
3. Нормативні параметри і показники властивостей навколишнього природного середовища.
- 4 Спектральний аналіз.
- 5 Емісійний спектральний аналіз.

Тема 8.

Методика визначення кількості органіки в ґрунті.

Ґрунт – верхній тонкий шар земної кори. Основні складові речовини ґрунту. Ґрунт середовище життя мільярдів організмів. Фізичний стан та хімічний склад ґрунтів. Родючість ґрунту. Вміст органічних речовин. Наявність органічних речовин в ґрунті.

Література: [2, 5, 10]

Питання для самоперевірки.

1. Порядок визначення кількості органіки в ґрунті.
2. Від чого залежить родючість ґрунтів?
3. Які фактори впливають на вміст органічної речовини в ґрунті?
4. Який ґрунт (бідний чи багатий на органіку) більш стійкий до розмивання дощовими водами? Чому?

Тема 9.

Вплив вмісту макро- і мікроелементів у ґрунті на родючість.

Органічна речовина і вміст азоту в ґрунті. Азотний фонд ґрунту і діагностика застосування азотних добрив. Вміст фосфору в ґрунті. Форми сполук калію в ґрунті і діагностика застосування калійних добрив. Вміст доступних форм мікроелементів і діагностика ефективності застосування мікродобрив.

Література: [2, 5, 10]

Питання для самоперевірки.

1. Від чого залежить агрохімічна характеристика ґрунтів?
2. Групи гумусових речовин ґрунту.
3. Значення азотних добрив.
4. Як складаються картограми вмісту елементів живлення?
5. Які основні критерії ґрунту слід враховувати при діагностиці ефективності добрив та мікродобрив.

Тема 10.

Методологія екологічного контролю об'єктів довкілля.

Кліматичні фактори. Атмосферне повітря та атмосферні опади. Підповерхневі, ґрунтові та поверхневі води. Ґрунти. Листя і опад. Контрольовані параметри. Значення концентрації двоокису сірки. Довгочасне надходження в екосистему важких металів.

Література: [2, 6]

Питання для самоперевірки.

1. Методи аналізу підповерхневих вод.
2. Основні джерела виходу розчинених речовин з району водозбору.
3. Як можна розрахувати величину втрат елементів.
4. Як проводяться аналізи листя, хвої і їх опад.

4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

В розрізі часу на індивідуальну роботу студент виконує обов'язкове завдання – розрахунково-графічну роботу з дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)». Розрахунково-графічна робота виконується відповідно до методичних вказівок до розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» всіх форм навчання.

Для студентів заочної форми навчання передбачено написання контрольної роботи в 3-му семестрі.

Розрахунково-графічна робота виконується відповідно варіанту, що вказаний у завданні. Зміст, структура, правила оформлення та критерії оцінювання курсової роботи подані в окремій методичній розробці.

За власним бажанням та вибором студента додатково, з метою отримання додаткових балів, він може виконати реферат на одну із тем, поданих у наступному переліку, або запропонувати та погодити з викладачем власну тему.

Перелік тем для рефератів:

1. Людська цивілізація як новий фактор в існуванні біосфери. Ноосфера.
2. Екосистеми (біогеоценоз) – основна одиниця біосфери. Перетворення енергії та речовини в екосистемі.
3. Основні поняття біоценології : біотин, біоценоз, екосистема, біогеоценоз. Біохори.
4. Видовий склад біоценозів. Структура біоценозів. Зміна біоценозів. Динаміка біоценозів.
5. Різноманіття екосистем. Тундри.
6. Лісові екосистеми помірної пояси.
7. Тропічний дощовий ліс.
8. Степи. Пустелі.
9. Екосистема луків. Болота.
10. Прісноводні екосистеми.
11. Принципи екологічного районування.
12. Автотрофне та гетеротрофне живлення. Особливості живлення мікроорганізмів, рослин, тварин та харчування людини.
13. Продукційний процес. Продуценти, консументи і редуценти.
14. Екологічний та ценологічний контроль продуктивності.
15. Принципи лімітування біопродукції. Управління продукційним процесом.
16. Типи промислового виробництва. Енергетика.
17. Географія промислового виробництва. Транспортні системи.

18. Науково-технічний прогрес та екологія. Вплив промислового і виробництва на біосферу.
19. Інфраструктура міст. Міські споруди.
20. Енергетичні системи міст.
21. Екологія міського транспорту.
22. Екологічне середовище в містах.
23. Мезо- та мікроклімат.
24. Рослини та тварини в місті.
25. Медична екологія.
26. Утилізація та знешкодження відходів.
27. Забезпечення населення продуктами харчування.
28. Ресурси в агроекосистемах.
29. Енергетичний аналіз агроекосистем.
30. Співжиття в агроекосистемах.
31. Відходи сільськогосподарського виробництва.
32. Хімічний склад рослин.
33. Значення окремих хімічних елементів для росту і розвитку рослин.
Азот, сірка, фосфор, калій, кальцій, магній, залізо, алюміній, та інші.
34. Вплив мікроелементів на розвиток рослин.
35. Загальні дані про флору України.
36. Рослини-синоптики. Рослини-індикатори. Рослини-годувальники.
Рослини-цілителі. Фотоіндикація.
37. Рослини і повітря. Рослини і вода. евтрофи, мезотрофи, оліготрофи, евритрофи.
38. Вода. Характеристика складу питної води.
39. Атмосфера. Кисень – найбільш важлива для людини складова частина повітря.
40. Природна сировина. Вичерпні та невичерпні ресурси. Вторинні енергоресурси.
41. Клімат як властивість тропосфери. Кліматоутворюючі фактори.
42. Сонячна радіація.
43. Атмосферний тиск та циркуляція в атмосфері.
44. Клімат та океан.
45. Перерозподіл теплової енергії.

5. ПРАВИЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні і наочні використовуються під час лекцій та інструктажів, практичні при проведенні лабораторних робіт.

Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь, пояснення та наочні методи: ілюстрація, демонстрація.

Під час проведення лабораторних робіт застосовуються наочні спостереження та словесні бесіди: вступні, поточні, репродуктивні, евристичні, підсумкові; студентами виконуються вправи: тренувальні, творчі, усні, практичні, технічні.

Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять визначається викладачем, що проводить заняття.

Модульний контроль проводиться наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять і має на меті перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формує цей модуль. Модульний контроль реалізується шляхом узагальнення результатів поточного контролю знань і проведення спеціальних контрольних заходів.

Підсумковий контроль:

У 2 семестрі формою підсумкового контролю є *іспит*, тож протягом семестру студент може отримати не більше 50 балів, решта – 50 балів відводиться на підсумковий контроль, який проводиться в формі тестування.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

За виконання розрахунково-графічної роботи

Загальна трудомісткість РГР – 100 балів. За видами робіт вона розподіляється: пояснювальна записка – до 25 балів, ілюстративна частина – до 25 балів, захист роботи – до 50 балів.

За дисципліну

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів. За видами робіт вона розподіляється:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт – до 20 балів (до 2 балів за кожне заняття: відсутність на занятті без поважної причини або отримання оцінки «незадовільно» – 0 балів, виконання відповідних завдань без отримання оцінки – 0,5 балу, отримання оцінки «задовільно» – 1,0 балів, «добре» – 1,5 бали, «відмінно» – 2 бал).

2. Модульний контроль: Модульне тестування до 30 балів (по 15 балів за кожну тестову роботу). Модульний контроль вважається зарахованим якщо студент отримав не менше мінімальної кількості балів, яка визначена в таблиці (не менше половини максимально можливих балів). Не зарахований змістовий модуль перескладається викладачу не більше 2-ох разів. У разі виникнення конфліктних ситуацій створюється кафедральна комісія, рішення якої оформлюється окремим протоколом.

3. Підсумковий контроль: (іспит) – до 50 балів. Студент вважається допущеним до підсумкового контролю за дисципліну, якщо виконав усі види робіт згідно із робочою навчальною програмою, та загальна сума балів за попередні звіти не менше 35 балів (що відповідає результату FX за шкалою ECTS). У разі невиконання цих вимог студент отримує незадовільну оцінку і має право на два перескладання: перше – викладачу, друге – комісії, створеній деканом факультету. У випадку успішного перескладання підсумкового контролю студентом, він отримує мінімальну задовільну оцінку (60-63 балів – результат E за шкалою ECTS).

Підсумковий контроль проводиться у формі тестування. Кількість набраних балів визначається пропорційно відсотку правильних відповідей на тестові запитання з урахуванням їх вагового множника.

Визначення рейтингової оцінки

Рейтинговою оцінкою з навчальної дисципліни є сума балів, отриманих студентом у процесі вивчення дисципліни. Рейтингова оцінка складається з усіх видів контролю. Вона враховує виконання усіх видів навчальних робіт протягом семестру, результати модульних та підсумкового контролю знань.

Екзамен як форма підсумкового контролю виставляється при наявності рейтингової оцінки понад 60 балів.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

АБІОТИЧНИЙ (від а. та біотичний) – позбавлений життя. Див. Середовище абіотичне, Фактори абіотичні.

АВТОТРОФИ [від авто... та ...троф(и)], **організми автотрофні** – організми (наземні зелені рослини, гриби, водорості, деякі бактерії, хемосинтезуючі мікроорганізми), які самостійно виробляють усі необхідні для їхнього життя органічні речовини з неорганічного – вуглекислого газу, води й мінер, солей – за рахунок енергії сонячного світла (фотосинтез) або хімічних речовин (хемосинтез). А. – первинні продуценти органічних речовин в біосфері, які утворюють перший трофічний рівень в угрупованнях. їхня діяльність визначає як існування всіх ін. організмів, так і хід циклів біогеохімічних та кругообіг речовин на Землі. Див. також Хемотрофи. Гетеротрофи, Консументи.

АДАПТАЦІЯ (від лат. *adapto* – пристосовую) – процес пристосування організмів, популяцій та угруповань до мінливих умов проживання; сукупність морфологічних, фізіологічних, популяційних, поведінкових та ін. особливостей даного біол. виду, яка забезпечує можливість специфічного способу життя в певних умовах довкілля. А. називають також сам процес вироблення пристосувань організмів до умов існування. А. виникає й розвивається під впливом природного або штучного добору в конкретних умовах довкілля за участі факторів мінливості й спадковості. А. до нестійких умов проживання формується також на основі неспадкових змін – модифікацій. А. забезпечує пристосування до різних екологічних умов протягом онтогенезу й визначає можливість існування окремих особин і збереження виду.

АНАЕРОБИ (від ан... та аероби), **організми анаеробні** – організми, здатні жити й розвиватися за відсутності вільного кисню (багато видів бактерій, моллюски, деякі гриби, водорості, найпростіші та ін.).

АНТРОПОГЕНЕЗ (від антропо... та гр. *genesis* – походження, виникнення) – 1) походження людини, становлення її як виду в процесі формування суспільства; 2) зміни в саморозвитку природних об'єктів (Наприклад, ландшафтів природних), явищ під впливом діяльності людини (факторів антропогенних).

АУТЕКОЛОГІЯ (від ауто... та екологія), **екологія видів** – розділ біоекології, що вивчає пристосовуваність окремих видів рослин і тварин до умов проживання та спосіб життя виду на рівні організмів і популяцій.

БЕНТАЛЬ (від гр. benthos – глибина) – донна зона водойми та прилеглі шари води, що є місцем проживання бентосу.

БЕНТОС (від гр. benthos – глибина), **організми бентосні** – сукупність організмів, які мешкають на дні водойм або в товщі донного ґрунту. Б. складається з автотрофів (водорості, рідше – вищі рослини) та гетеротрофів (найпростіші, черви, п'явки, молюски, ракоподібні та ін.). Розрізняють фітобентос та зообентос.

БІОГЕОЦЕНОЗ (від біо..., гео... та ценоз) – однорідна ділянка земної поверхні з певним складом організмів, що населяють її (бактерій, рослин, тварин, грибів), та комплексом абіотичних компонентів (ґрунтом, повітрям, енергією сонячною та ін.), пов'язаних між собою обміном речовин та енергії в єдину природну систему. Сукупність живих компонентів Б. становить біоценоз, неживих – біотоп. Б. можуть бути наземними та водними (біогідроценози). Сукупність Б. утворює біосферу, а окремі Б. являють собою її елементарні одиниці, комірки.

БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ (від біогеоценоз та гр. logos – учення, наука) – наука, що вивчає біогеоценози (їхні функціонування, саморегуляцію, саморозвиток) та їх сукупність, тобто біосферу.

БІОКОСНЕ ТІЛО – речовина, що утворюється в результаті спільної діяльності організмів і фіз.-хім. природних процесів (вода, ґрунт, атмосфера, кора вивітрювання).

БІОТА (від гр. biote – життя) – живе населення екосистеми будь-якого рангу; історично складена сукупність організмів, об'єднаних спільною областю поширення. На відміну від біоценозу, види, що входять до складу Б., можуть не мати екологічних зв'язків. Проте здебільшого одну й ту саму сукупність організмів можна розглядати і як Б. (з позицій біогеографії), і як біоценоз (з позицій екології).

БІОТОП (від біо... та гр. topos – місце) – однорідний за факторами абіотичними середовища простір у межах біоценозу з усім комплексом абіотичних компонентів (ґрунтом, повітрям, кліматом та ін.). Б. – неорган. компонент біогеоценозу. Подібні Б. об'єднують у біохори, сукупності яких утворюють біоцикли, що входять до складу біосфери.

БІОХОР (від біо... та ...хор) – підрозділ біосфери, що являє собою сукупність подібних біотопів. Б. об'єднують у біоцикли: суходіл, море, внутр. водойми.

БІОЦЕНОЗ (від біо... та ценоз) – історично складена сукупність популяцій різних видів рослин, тварин, мікроорганізмів, які населяють певний біотоп. Організми в Б. – рослини (продуценти), тварини (консументи) та мікроорганізми (редуценти) – пов'язані складними біотичними взаємозв'язками. У взаємодії із середовищем проживання Б. утворюють біогеоценоз. Сукупність рослин, що населяють Б., становить фітоценоз, тварин – зооценоз. Приклади Б. – сукупність організмів ділянки лісу, струмка, ставка. Див. також Агробіоценоз.

БІОЦЕНОЛОГІЯ (від біоценоз та гр. logos – учення) – розділ екології, що вивчає біоценози, їх виникнення, розвиток, структуру, розподіл, взаємозв'язки різних біоценозів та їхніх компонентів – рослин, тварин і мікроорганізмів. Див. також Синекологія, Біогеоценологія.

ВЗАЄМОДІЯ ФАКТОРІВ – процес одночасного або послідовного впливу на організм різних факторів екологічних, у результаті чого послаблюється, посилюється або змінюється дія окремого фактора. Наприклад, підвищення температури повітря сприяє прискоренню випаровування вологи, зниження освітленості зумовлює зменшення потреб рослин у цинку, що міститься в ґрунті, тварини погано переносять високі температури за підвищеної вологості.

ГЕТЕРОТРОФИ [від гр. heteros – інший та ...троф(и)], організми гетеротрофні – організми, які не здатні самостійно синтезувати орган, речовини з неорган., тому живляться готовими орган, сполуками, виробленими ін. організмами. До Г. належать людина, всі тварини, деякі рослини, гриби, багато мікроорганізмів. У ланцюгах живлення екосистем становлять групу консументів.

ГІГРОФІЛИ [від гр. hygros – вологий та ...філ(и)] – наземні організми, норм, життєдіяльність яких можлива тільки в умовах високої вологості. Живуть на заболочених територіях, у вологих лісах, заплавах, сирому ґрунті (мокриці, черви та ін.) або у вологій деревині, що гніє (комахи, багатоніжки та ін.).

ГІГРОФІТИ [від гр. hygros – вологий та ...фіт(и)], **вологолюбні рослини** – рослини, які живуть в умовах надмірної вологості – на болотах, сирих луках, берегах річок, у вологому лісі (Наприклад, гриби, рис, айр, бальзамін, зозулячий льон).

ГІГРОФОБИ [від гр. hygros – вологий та ...фоб(и)] – наземні організми, які уникають надмірної вологості в межах конкретних біотопів.

Наприклад, деякі комахи на вологих луках – Г., проте в степу поводяться як гігрофіли.

ГІДРОФІЛИ [від гідро... та ...філ(и)] – організми, пристосовані до життя у водному середовищі (Наприклад, риби).

ГІДРОФІТИ [від гідро... та ...фіт(и)] – вищі водяні рослини, прикріплені до ґрунту й занурені у воду лише нижньою частиною (Наприклад, комиш, очерет). Г. ростуть на узбережжі й на мілководді водойм, рідше – на болотах і заболочених ґрунтах.

ГІДРОФОБИ [від гідро... та ...фоб(и)] – організми, що уникають обводнених місць (Наприклад, кактусові, пустельні й напівпустельні злакові, скорпіони, сарана).

ГОМОЙОТЕРМНІ ТВАРИНИ (від гр. homoios – подібний, однаковий та therme – тепло), **теплокровні тварини** – тварини з відносно сталою температурою тіла, що практично не залежить від температури довкілля. Гомойотермність забезпечується власними механізмами терморегуляції. До Г. т. належать птахи й ссавці.

ДЕМЕКОЛОГІЯ (від гр. demos – народ та екологія), **екологія популяційна** – розділ загальної екології, що вивчає структурні й функціональні характеристики, динаміку чисельності популяцій, внутрішньопопуляційні угруповання та їхні взаємозв'язки.

ДЕТРИТОФАГИ [від детрит та ...фаг(и)] – організми, які харчуються детритом. Д. – важлива ланка кругообігу речовин у водних екосистемах. До Д. належать лин, бички, двостулкові моллюски, коловертки, планктонні ракоподібні, деякі черви та ін.

ДЕФОЛІАНТИ (від лат. de... – префікс, що означає зворотний процес, та folium – листок) – хім. речовини, які викликають у рослин передчасне опадання листків. Зазвичай застосовуються для полегшення механізованого збирання врожаю, Наприклад бавовни. Без найсуворішого дотримання доз і застережних заходів становлять серйозну небезпеку для людини й тварин. Високотоксичний Д. «оранж» застосовувався армією США для масового знищення рослинності під час воєнних дій у 60-ті роки ХХ ст. у В'єтнамі.

ЕВРИБІОНТИ [від еври... та біонт(и)] – організми (види), здатні існувати за значних змін умов довкілля. Так, Наприклад, багато наземних тварин і рослин помірних широт можуть витримувати великі сезонні

коливання температури, вологості та ін. факторів екологічних. Пор. Стенобіонти.

ЕВТРОФІКАЦІЯ (від гр. eutrophia – добре живлення та ...фікація), **евтрофування водойм** – перехід водойм від оліготрофного стану, що характеризується низьким умістом біогенних елементів, до евтрофного стану, який характеризується високим умістом біогенних речовин (в основному азоту й фосфору) та високою біол. продуктивністю під впливом факторів антропогенних (скидання вод стічних) або прир. Призводить до «цвітіння» води, різкого погіршення її якості, замору риби.

ЕКОТИП (від еко... та тип) – сукупність особин будь-якого виду, котрі пристосовані до умов певного місцеперебування й відрізняються від ін. особин того самого виду спадково закріпленими морфол. та фізіол. особливостями (Наприклад, Е. деяких трав у різних місцеперебуваннях – на луці, в лісу тощо). Е. – початкова стадія видоутворення. Розрізняють кліматипи – клімат Е., едафотипи – ґрунт. Е. та біотичні Е., що визначаються факторами біотичними.

ЕКОТОН (від еко... та гр. tonos – напруження) – перехідна зона між сусідніми клімаксними угрупованнями, де відбувається їх взаємопроникнення (Наприклад, узлісся, лиман, лісостеп). Зазвичай має підвищену чисельність видів.

ЕКОТОП (від еко... та гр. topos – місце) – пост, місцеперебування певного біотичного угруповання, що охоплює сукупність умов та факторів екологічних середовища. Див. також Біотоп.

ЕКОЦИД (від еко... та ...цид) – навмисне руйнування, знищення людиною (за допомогою хімічних або інших засобів) середовища проживання організмів. Див. також Біоцид.

ІНТРОДУКЦІЯ (від лат. introductio – введення) – переселення окремих видів тварин і рослин за межі їхнього прир. ареалу та адаптація їх до нових умов проживання. І. може бути цілеспрямованою – здійснюється для введення в культуру нових видів (Наприклад, кукурудза, картопля інтродуковані в Європу з Америки) та спонтанною, коли організми заносяться в нові райони випадково й, акліматизувавшись тут, стають шкідниками або бур'янами. І. – початковий етап акліматизації рослин і тварин.

КЛІМАКС (від гр. klimax – драбина) – стан динамічної рівноваги біогеоценозу, що характеризується відсутністю сукцесійних змін. Необхідно враховувати при експлуатації лісових і степових угідь.

КОНКУРЕНЦІЯ ОРГАНІЗМІВ (від лат. concurrentia – змагання, суперництво) – форма взаємовідносин між організмами та їхніми угрупованнями, що проявляється у змаганні за засоби існування й умови розмноження (їжа, місцеперебування, світло, вода тощо). Один із важливих компонентів боротьби за існування. Розрізняють К. о. внутрішньовидову (в межах популяції та між популяціями одного виду) та міжвидову (між різними видами).

КОНСУМЕНТИ (від лат. consumo – споживаю) – організми (всі тварини, частина мікроорганізмів, сапрофіти й паразитичні рослини), які живляться безпосередньо або через ін. організми готовою орган. речовиною, синтезованою автотрофами. Розрізняють К. первинні (рослиноїдні організми) та К. вторинні (м'ясоїдні організми). К. відіграють велику роль у кругообігу речовин біологічному, передаючи нагромаджену продуцентами частину енергії сонячної ланцюгами живлення.

КСЕНОБІОТИКИ (від гр. xenos – чужий та biote – життя) – будь-які чужорідні для організмів і біосфери речовини (пестициди, важкі метали, пластмаси, препарати побутової хімії та ін. забруднювачі), які, потрапляючи в довкілля в значних кількостях, можуть порушити норм, перебіг прир. процесів у біосфері, в т. ч. спричинити захворювання й загибель організмів.

КСЕРОФІЛИ [від гр. xeros – сухий та ...філ(и)] – організми (рослини, тварини), які пристосовані до життя в місцеперебуваннях зі зниженою вологістю (Наприклад, саксаул, ковила, багато гризунів і комах, верблюди).

КСЕРОФІТИ [від гр. xeros – сухий та ...фіт(и)] – рослини посушливих місцевостей, які здатні переносити тривалу атмосферну й ґрунтову посуху. Ростуть переважно в степах, пустелях, напівпустелях (Наприклад, ковила, типчак, верблюжа колючка).

ЛАНЦЮГИ ЖИВЛЕННЯ, трофічні (харчові) ланцюги – групи видів рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, пов'язаних між собою відносинами типу їжа – споживач, унаслідок чого створюється певна послідовність передавання речовин та енергії від одних груп організмів до інших Л. ж. формувалися в процесі історичного розвитку органічного світу. Основу кожного Л. ж. становлять продуценти, або автотрофи (переважно зелені рослини й хемосинтезуючі мікроорганізми). Наступні ланки Л. ж. – гетеротрофи, або консументи, яких поділяють на первинних

(тварини, котрі живляться переважно або виключно рослинами) та вторинних (тварини, які живляться їжею тваринного походження). Ланки третього трофічного рівня в Л. ж. становлять сапротрофи (гриби й бактерії), які дістають необхідну енергію шляхом розкладання мертвої органічної речовини.

МЕЗОТРОФИ [від гр. *mesos* – середній, проміжний та ...троф(и)] – рослини, що живуть на (в) ґрунтах із помірним умістом поживних речовин, у т. ч. мінер, (Наприклад, зелені мохи, ялина, чорниця, брусниця). Посідають проміжне місце між евтрофами та оліготрофами.

МЕЗОФІЛИ [від гр. *mesos* – середній, проміжний та ...філ(и)] – організми, які живуть в умовах помірної вологості (Наприклад, горностай, листопадні дерева й чагарники). Див. також Мезофіти.

МЕЗОФІТИ [від гр. *mesos* – середній, проміжний та ...фіт(и)] – екологічна група рослин, що живуть в умовах середньої вологості (Наприклад, більшість листяних дерев і чагарників, лучних і лісових трав, основні с.-г. культури). Займають проміжне місце між гігрофітами та ксерофітами.

МЕТАБОЛІЗМ (від гр. *metabole* – зміна), **обмін речовин** – сукупність процесів біохімічних перетворень речовин та енергії в організмах. Складається з двох протилежних за результатами процесів – асиміляції та дисиміляції. У вужчому розумінні М. – проміжний обмін, який охоплює всі реакції перетворення речовин, що відбуваються в клітинах.

МУТУАЛІЗМ (від лат. *mutuus* – взаємний) – форма симбіозу, вигідного для обох організмів різних видів, за якого жодна зі сторін не може існувати без ін. (Наприклад, жуйні тварини й мікроорганізми їхнього рубця).

НЕЙТРАЛІЗМ (від лат. *neutralis* – нічийний) – форма співіснування двох видів, коли жоден із них не зазнає впливу ін. (Наприклад, види рослиноїдних і хижих комах, які мешкають в одному біоценозі й не пов'язані один з одним відносинами харчування або конкуренції).

НООСФЕРА (від гр. *ноос* – розум та *sphaira* – куля) – якісно новий стан біосфери, за якого розумова діяльність і праця людини стають визначальним фактором її розвитку. В. І. Вернадский – основоположник учення про Н. – висунув гіпотезу про те, що біосфера Землі, перероблена, перебудована розумом людини та його працею, закономірно й неминуче перейде в Н.; людина перебере на себе керування всіма процесами в біосфері, спрямує її розвиток у потрібне для себе русло. Нині біосфера

насправді різко змінюється під впливом діяльності людини, дедалі більше замінюється техносферою, що супроводжується такими змінами середовища природного, які вже загрожують власне існуванню людини. Тому, якщо людство не почне регулювати свій тиск на природу і зважати на її закони, біосфера може зберегтись, а цивілізація загине.

ОЛІГОТРОФИ [від гр. oligos – нечисленний, незначний та ...троф(и)] – рослини, які розвиваються на неродючих ґрунтах (овес, верес, журавлина, сфагнові мохи, сосна та ін.). Див. також Мезотрофи, Евтрофи.

ОПТИМУМ (від лат. optimum – найкраще) – сукупність найсприятливіших умов для чогось. Див. Екологічний оптимум.

ПАРАЗИТИЗМ – специфічна форма співжиття (симбіозу) організмів різних видів, з яких один (паразит) використовує ін. (хазяїна) як середовище проживання та джерело живлення, покладаючи на нього (частково або цілком) регуляцію відносин із довкіллям. П. – надзвичайно поширене в природі явище; його можна виявити в будь-якому біоценозі.

ПЕДОСФЕРА (від гр. pedon – ґрунт та sphaira – куля) – ґрунт, покрив Землі, частина біосфери – продукт спільного впливу клімату, рослинності, тварин і мікроорганізмів на поверхневі шари гірських порід; середовище проживання ґрунт, організмів.

ПІРАМІДА БІОМАС [гр. pyramis (pyramided)] – графічна модель, що відображує послідовність розташування біомас популяцій екосистеми (біогеоценозу), основою якої слугує перший трофічний рівень – біомаса продуцентів. Біомаса може бути представлена у вигляді загальної маси сухої речовини, енергоємності або ін. міри загальної кількості живої речовини продуцентів, консументів (першого та другого порядків) і редуцентів. Параметри продуцентів зазвичай вищі, ніж консументів (звідси й форма піраміди), але в деяких екосистемах (Наприклад, водних) може бути й навпаки (обернена піраміда).

ПОПУЛЯЦІЯ (від лат. populus – народ, населення) – 1) сукупність особин одного виду з єдиним генофондом, яка формується в результаті взаємодії потоку генів (схрещування, міграцій, запилення, запліднення, поширення зачатків) та умов довкілля, протягом тривалого часу (багатьох поколінь) населяє певну територію й частково або цілком ізольована від ін. П. того самого виду. П. – елементарна евол. одиниця існування виду. Порівняно з видом П. фенотипно й генотипно однорідніша. Кожний вид представлений сукупністю П. Групи просторово суміжних П. можуть утворювати расу географічну, або підвид. Екологічними показниками П. є мін. чисельність, густина, розподіл особин за віком, статтю, тип росту, приріст, характер розміщення особин у межах екосистеми чи угруповання

та ін. Ієрархія П. залежить від розміру території, яку вони займають. Будь-яка П. залежить не лише від генет. різноманітності, а й від факторів довкілля; 2) все населення певної території (країни, провінції й т. ін.).

ПРОДУЦЕНТИ [від лат. *producens* (*producentis*) – той, що виробляє, створює] – організми автотрофні й хемотрофні (рослини та деякі бактерії), які синтезують орган. речовини з простих неорган. за допомогою процесів фотосинтезу або хемосинтезу. Основні П. у водних і наземних екосистемах – зелені рослини. Становлять основу екологічної піраміди.

РЕДУЦЕНТИ [від лат. *reducens* (*reducentis*) – той, що повертає назад, відновлює] – організми (переважно бактерії та гриби), які в процесі своєї життєдіяльності розкладають мертві орган. речовини до мінер., котрі потім використовуються продуцентами. В наземних екосистемах особливе значення мають фунг. Р., які залучають у кругообіг речовин рештки відмерлих рослин і тварин. Р. беруть участь у процесі самоочищення середовища природного, використовуються в разі біол. очищення стічних вод.

РЕПРОДУКЦІЯ (від лат. *re...* – префікс, що означає зворотну або протилежну дію, та *produco* – виробляю) – відтворення особин у процесі розмноження. Органи, що беруть участь у розмноженні організму, називають репродуктивними.

САПРОБНІСТЬ – 1) насиченість прир. води та донних відкладів водойм орган. речовинами, здатними розкладатися; 2) сукупність фізіологічно-біохімічних властивостей водяних організмів, що дають їм змогу жити в середовищі з підвищеним умістом орган. речовин.

СИМБІОЗ (від гр. *symbiosis* – співжиття) – поширене в живій природі явище закономірного, не випадкового співжиття організмів (симбіонтів), які належать до різних систематичних груп (Наприклад, раки-самітники та краби – з актиніями, паразитичні гриби – з рослинами). На відміну від вільних організмів, симбіонти залежать не тільки від умов середовища біоценозу в цілому, а й один від одного. Основні форми С. – мутуалізм, коменсалізм та паразитизм.

СТЕНОБІОНТИ [від *стено...* та *біонт(и)*], **організми стенобіонтні** – тварини й рослини, які можуть жити лише в певних умовах середовища, за незначних коливань температури, вологості, тиску, солоності, кислотності та ін. Серед С. є симбіонти, мешканці великих морських глибин, печер, вологих тропічних лісів високогір'я. Пор. Еврибіонти.

СУКЦЕСІЯ (від лат. *successio* – спадкоємність, успадкування) – послідовна необоротна зміна складу й структури біогеоценозу, що

зумовлена зовн. (Наприклад, засолення, підтоплення, заселення чужих видів) та внутр. (Наприклад, утворення нових видів) факторами. Приклад С. – заростання озера й перетворення його на болото. Як правило, С. відбувається внаслідок складної взаємодії факторів антропогенних і природних. С. можуть бути повільними (тривають тисячоліттями), середніми (століттями) та швидкими (десятиліттями); прогресуючими (супроводжуються збільшенням продуктивності та видового складу) або регресуючими. Кінцевим результатом С, як правило, є біогеоценоз, що перебуває в клімаксоному стані.

ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ – сукупність організмів, об'єднаних схожим типом живлення (автотрофи, рослиноїдні, м'ясоїдні та ін.). Перший Т. р. займають продуценти – рослини, другий – рослиноїдні тварини, третій – хижаки, які живуть за рахунок рослиноїдних організмів, четвертий – організми, що споживають хижаків третього Т. р. Деякі організми можуть перебувати на різних Т. р. Див. також Ланцюги живлення.

УРБООКОЛОГІЯ (від лат. urbanus – міський та екологія) – розділ екології, що вивчає проблеми міст і їхніх мешканців у взаємозв'язку з довкіллям. У. опікується також питаннями раціонального проектування й пошуками екологічно оптимальних варіантів будівництва міських структур, проблемами виживання людини в умовах наступу міст на середовище природне та прогресуючого погіршення його якості.

ФАКТОРИ АБІОТИЧНІ – компоненти й властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на окремі організми та їхні угруповання (температура, освітленість, вологість, рельєф, вітер, фон радіоактивний, газовий склад повітря, атмосферний тиск, солоність води, мех. властивості поверхні).

ФІТОФАГИ [від фіто... та ...фаг(и)] – рослиноїдні тварини (консументи першого порядку). В разі порушення стабільності екосистеми Ф. (за спалаху їхньої чисельності) можуть завдати великої шкоди рослинам.

ХИЖАЦТВО – форма взаємозв'язків між організмами різних видів, з яких один (хижак) поїдає ін. (жертву), на якого спочатку нападає, а потім убиває. Х. відіграє важливу роль у регулюванні кількісного складу популяцій.

ЦЕНОЗ (від гр. koīnos – разом, спільно, гуртом) – будь-яке біотичне угруповання. Розрізняють зооценози, фітоценози, мікробоценози. Зазвичай термін «Ц.» замінюють терміном біоценоз.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек. — Экономика. — Био-то. — Среда: Учебник для вузов. — М.: Юнити — Дана, 2001. — 506 с.
2. Апостолов Б., Мичков Х. Урбанизация: тенденция и гигиено-демографические проблемы / Пер. с болг. — М.: Медицина, 1977. — 40 с.
3. Бачинский Г.А. Социэкология. — К., 1991. — 154 с.
4. Беляев Д.К. Современная наука и проблемы исследования человека // Вопр. философии. — 1981. — № 3. — С. 15.
5. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: Особи, популяції и сообщества. — М.: Мир, т. 1,2, 1989. — 667 с.
6. Білявський Г.О., Бровдій В.М. Про класифікацію основних напрямів сучасної екології // Рідна природа. — 1995. — № 2. — С 4—7.
7. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р. Основи загальної екології. — К.: Либідь, 1993.—300 с
8. Боков В.А., Лущик А.В. Основы экономической безопасности. — Симферополь: Сонит, 1998. — 223 с.
9. Бочков Н.П., Захаров А.Ф., Иванов В.И. Медицинская генетика. — М.: Медицина, 1984. — 366 с.
10. Бровдій В.М., Гаца О.О. Екологічні проблеми України (проблеми ноегеніки). — К.:НПУ, 2000. — 110 с
11. Будыка М.И, Голицин Г.С, Израэль Ю.А. Глобальные климатические катастрофы. —Л., 1986. — 166 с.
12. Вавилов А.М. Экологические последствия гонки вооружений. — М., 1988.
13. Вернадский В.И. Биосфера. — М., 1975.
14. Вернадский В.И. Живое вещество биосферы. — М.: Наука, 1994. — 672 с.
15. Вернадский В.И. Начало и вечность жизни. — М.: Советская Россия, 1982.
16. Винклер Х. Мировые ресурсы: драма в 21 картине / Пер. с нем. — М., 1986.—272 с.
17. Владимиров В.В, Бочкарев Г.В., Савченко А.Б. Экологические аспекты урбанизации // Охрана труда и воспроизводство природных ресурсов. — Итоги науки и тех. ВИНТИ. — Т. 22; Охрана и улучшение городской среды. — 1986. — С. 7—22.
18. Вронский В.А. Прикладная экология: Учеб. пособие. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. — 512 с.
19. Дворжак И. Земля, люди, катастрофы. — К.: Наук, думка, 1989.
20. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. — Кишинев: Молд. Сов. энцикл., 1989. —408 С.
21. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища. — К.: Знання, 2000. — 203 с.

22. Дубинин Н.П., Карпец И., Кудрявцев В.Н. Генетика, поведение, ответственность. — М.: Политиздат, 1982. — 304 с.
23. Казначеев В.П. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. — 248 с.
24. Картамышева Н.В. Социально—философские вопросы экологического образования // Экология, культура, образование. — М., 1989. — С. 196—204.
25. Кислотные дожди // Курьер ЮНЕСКО. — 1985. — № 2. — С. 21—24.
26. Клауснитцер Б. Экология городской фауны / Пер. с нем. — М.: Мир, 1990. — 246 с.
27. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология для студентов вузов. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. — 576 с.
28. Кравченко О.Н. Социально-психологические аспекты правовой охраны окружающей среды. — Львов: Выща шк., Изд-во при Львов, унте, 1988. — 199 с.
29. Крисаченко В.С. Екологічна культура. Теорія і практика. — К.: Заповіт, 1996. — 349 с.
30. Круглова Г.А. Религиозно-идеалистические концепции об основных этапах взаимодействия общества и природы // История взаимодействия общества и природы: факты и концепции. — М., 1990. — Ч. 2.— С. 56-58.
31. Кубанцев В.С., Копякин Н.Н. Пространственная дифференциация животного компонента экосистем промышленного города // Экология. — 1995. — № 2. — С. 140—145.
32. Кучерявий В.П. Екологія. — Львів: Світ, 2000. — 480 с.
33. Лапко С.Г. Города на пути в будущее. — М.: Мысль, 1987. — 236 с.
34. Лейбин В.М. Экологизация поэзии как фактор воспитания. — М.: Моск. гос. пед. ин-т. 1989. — С. 167—177.
35. Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии. — М.: Наука, 1992.— 255 с.
36. Мещеряков А.Н. Слепоглухонемые дети. — М., 1974. — 196 с.
37. Микитюк О.М., Злотін О.З. Словник з екології: Українсько-російсько-англійсько-німецько-французький. — Харків: ХДПУ, 1995. — 668 с
38. Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика. — М.: Мол. гвардия, 1988. — 254 с.
39. Моль А. Социодинамика культуры. — М.: Прогресс, 1973. — 406 с.
40. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. — К., 1992.
41. Реймерс Н.Ф. Природопользование. — М.: Мысль, 1990. — 593 с.
42. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы. — М.: Просвещение, 1994.—362 с.

43. Руденко Л. Г, Горленко І.О., Шевченко Л.М., Барановський В.А. Еко-лого-географічні дослідження території України. — К.: Наук, думка, 1990.
44. Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф., Смолянинов Б.С., Неделькина СВ. Общая биосистемная экология. — Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1993.
45. Сухомлинов А.И., Сухомлинов И.А., Микитюк А.Н. и др. Экология и здоровье человека. — Харьков: ХГПУ, 1992. — 128 с.
46. Сытник К.М., Брайон А.В., Городецкий А.В., Брайон А.П. Словарь-справочник по экологии. — К.: Наук, думка, 1994. — 667 с.
47. Тарасов В.В. Экология человека в чрезвычайных ситуациях. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. — 128 с.
48. Тимошенко А. С. Международное сотрудничество по охране окружающей среды в системе ООН. — М.: Наука. 1982. — 176 с.
49. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. — 288 с: ил.
50. Хесле В. Философия и экология. — М.: Наука, 1993. — 205 с.
51. Человек — техника — природа // Матер, респ. семинара «Охрана природы и рациональное природопользование». — К., 1976. — 215 с.
52. Чернова Н.М., Билова О.М. Екологія. — К.: Вища школа, 1986. — 231 с.
53. Чернышев В.Б. Экология насекомых. — М.: МГУ, 1996. — 297 с.
54. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. — М.: Мысль, 1976. — 367 с.
55. Чистяков СБ. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов по специальности «Архитектура». — М.: Стройиздат, 1988. — 272 с.

Інформаційні ресурси

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)» для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.040106 екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. – Полтава, 2013 – 16с., В.В.Рома. (Електронна версія в електронній бібліотеці ПолтНТУ).

2. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» для студентів спеціальності 6.070800 "Екологія та охорона навколишнього середовища" всіх форм навчання– Полтава: ПолтНТУ, 2007. В.В. Рома, В.Ф. Коваленко, О.В.Степова, Р.В. Булавенко. (Електронна версія в електронній бібліотеці ПолтНТУ).

3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентів усіх форм навчання з дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» для спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища», Частина 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2008 В.В.Рома, О.В. Степова.

(Електронна версія в електронній бібліотеці ПолтНТУ).

4. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Загальна екологія» (Модуль 1,2) для студентів спеціальності 6.040106 "Екологія та охорона навколишнього середовища" всіх форм навчання. – Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2009. В.В. Рома.

(Електронна версія в електронній бібліотеці ПолтНТУ).

5. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Загальна екологія» (Модуль 3, 4) для студентів спеціальності 6.040106 «Екологія та охорона навколишнього середовища» всіх форм навчання. – Полтава: Видання ПолтНТУ, 2012. В.В. Рома, О.В. Степова, Р.В. Булавенко

(Електронна версія в електронній бібліотеці ПолтНТУ).

Навчальне видання

**Рома Валерій Вікторович
Степова Олена Валеріївна**

**Загальна екологія (та неоекологія)
Навчально-методичний посібник**

Відповідальний за випуск Ю.С. Голік
Комп'ютерна верстка В.В. Рома
Редактор в авторській редакції
Коректор

Підписано до друку «_____» 2014 р. Папір ксерокс.
Формат 60x88 1/16. Друк RISO
Обл. – вид. арк. 7,5. Тираж 50 примірників

0447

Поліграфічний центр
Полтавського національного технічного університету
Імені Юрія Кондратюка
36601, Полтава, пр. Першотравневий, 24
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК, № 3130 06.03.2008 р.

Віддруковано з оригінал-макета ПЦ ПолтНТУ