

# Біологія і екологія

Рівень стандарту

# 11

УДК 57(075.3)  
Б63

**Автори: Оксана Андерсон, Марина Вихренко,  
Андрій Чернінський, Сергій Міюс.**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(наказ Міністерства освіти і науки України від 12.04.2019 № 472)

**ВИДАНО ЗА ДЕРЖАВНІ КОШТИ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО**

Андерсон О. А. та ін.

Б63     **Біологія і екологія:** підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти: рівень стандарту/О. А. Андерсон, М. А. Вихренко, А. О. Чернінський, С. М. Міюс. – К. : Школяр, 2019. – 216 с. : іл.  
ISBN 978-966-1650-67-0

УДК 57(075.3)

ISBN 978-966-1650-67-0

© Андерсон О. А., Вихренко М. А., Чернінський А. О.,  
Міюс С. М., 2019  
© УВЦ «Школяр», 2019  
© УВЦ «Школяр», художнє оформлення, 2019

## **Шановні однадцятикласники та одинадцятикласниці!**

Ця книжка продовжує серію підручників з курсу «Біологія», вивчення якого ви розпочали в попередніх класах. Щоб успішно опанувати навчальний матеріал, ви маєте пригадати раніше набуті знання щодо будови та життєдіяльності основних груп організмів, адже в цьому навчальному році підручник поведе вас шляхом пізнання властивостей живого. Ви вже знаєте, що підручник – не книжка для читання. Дуже важливо вміти працювати з ним: виокремлювати та запам'ятовувати головне, швидко знаходити потрібну інформацію. А для цього необхідно знати, як побудовано саме цю книжку. Отже, спочатку погортайте сторінки підручника, ознайомтеся з його структурою.

Щоб підручником було зручно користуватися, кожен параграф розпочинається на непарній сторінці, а закінчується – на парній. Рисунки, фотографії, схеми, таблиці розміщено в нижній частині тієї самої сторінки, де на них є покликання в тексті параграфа. Там само до них запропоновано завдання – це дасть вам змогу ретельно опрацьовувати частину змісту параграфа відразу під час його вивчення. Ви будете покроково сприймати інформацію, аналізувати її, узагальнювати щойно набуті знання, а значить, краще підготуєтесь до подальшої роботи над новим навчальним матеріалом.

Орієнтуватися в змісті параграфа вам допоможуть **позначки**, які структурують його за етапами уроку:



актуалізуйте опорні знання



повторіть раніше вивчене



працюйте в команді: виконайте завдання, складіть план дій. Чітко, коректно та зрозуміло формулюйте власну думку, поважайте думку інших



розв'яжіть задачу



знайдіть інформацію, використовуючи наукову літературу, інтернет-джерела тощо; інформацію оцінюйте критично



повторіть, поміркуйте, поясніть, висловіть судження, сформулюйте висновки

**Виконуючи практичні роботи та проекти, ви матимете змогу безпосередньо застосовувати набуті знання, розвивати свою дослідницьку інтуїцію.**

Тестові завдання рубрики «**Самоконтроль навчальних досягнень**» до кожної теми допоможуть вам грунтovno проконтрлювати рівень власних навчальних досягнень, удосконалити навички роботи з тестовими завданнями різних форм. Це стане вам у пригоді під час підготовки до державної підсумкової атестації та складання зовнішнього незалежного оцінювання. Завдання з відкритою відповіддю спонукатимуть до роздумів над складними або проблемними питаннями.

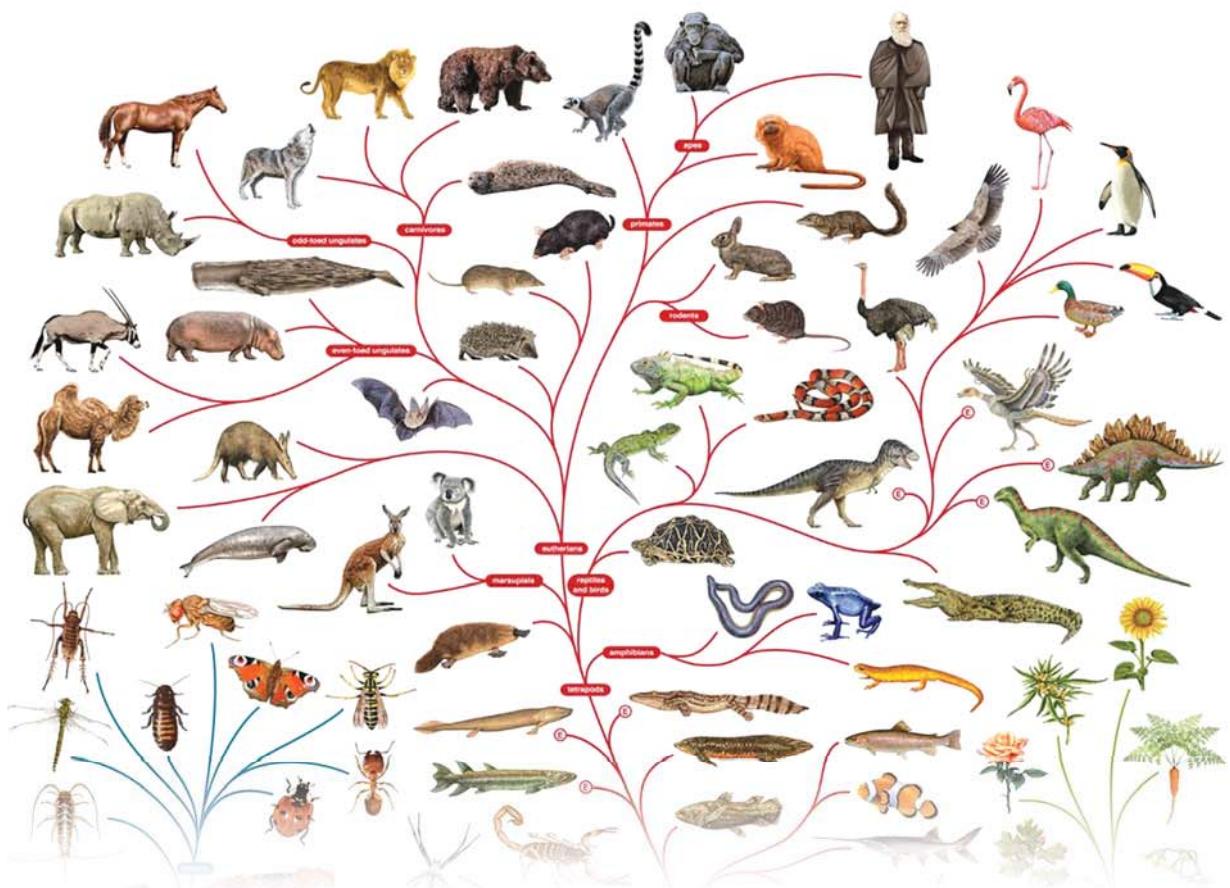
За допомогою рубрики «**Індивідуальні завдання**» ви навчитеся аналізувати інформацію та робити висновки.

Водночас пам'ятайте, що сучасна біологія – захоплива, але дуже складна, багатогранна наука. І шкільний підручник – лише своєрідний дороговказ у світі знань про неї. А факти, закони, гіпотези й теорії надто численні, щоб умістити їх на сторінках підручника. Тож радимо вам користуватися додатковою літературою та інтернет-ресурсами – джерелами, які дадуть вам змогу розширювати межі відомого, поповнювати скарбницю власних знань, знаходити відповіді на найрізноманітніші та найскладніші запитання.

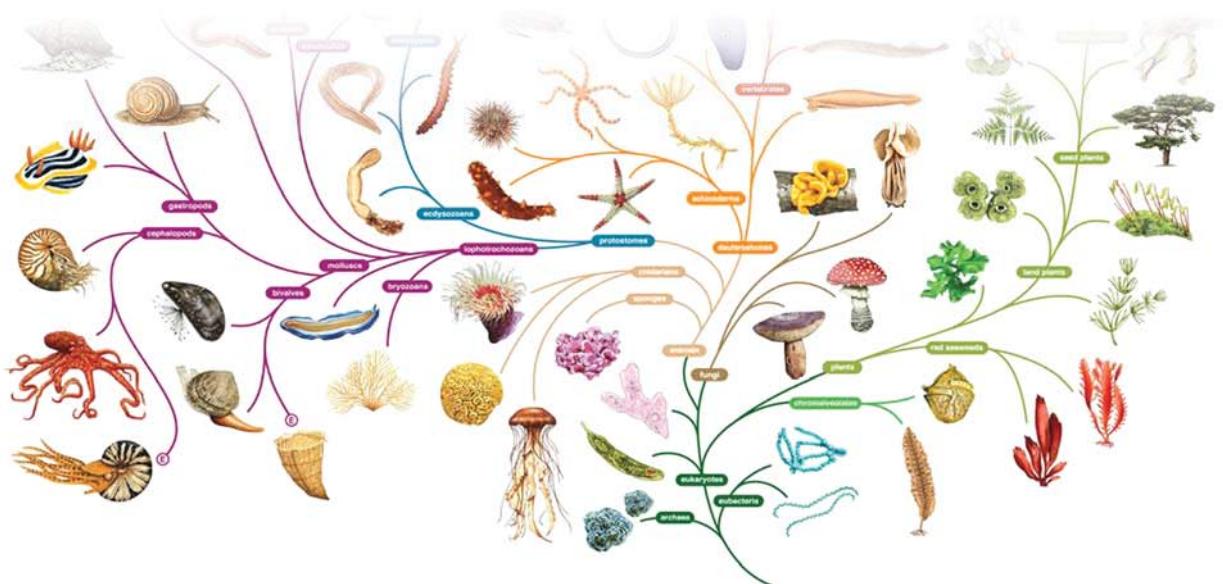
Зичимо успіхів в опануванні основ біологічної науки!

*Автори*





## Тема 5 АДАПТАЦІЇ



## З історії відкриттів

Мислителі давнини у своїх філософських працях намагалися дати відповідь на запитання, які завжди цікавили людство: «У чому причина різноманіття організмів на нашій планеті? Чим пояснити пристосованість живих істот до умов існування?» Вагомий внесок у розвиток поглядів на живий світ зробили праці давньогрецьких філософів. *Геракліт Ефеський* (535–475 рр. до н. е.)уважав, що світ вічний і єдиний, у ньому все змінюється й нічого не повторюється. Видатний філософ *Аристотель* (384–322 рр. до н. е.)уважав, що організми з'являються внаслідок самозародження. Завдяки працям Арістотеля і його учнів закладено основи порівняльної анатомії та ембріології, ученні про відповідність організмів, ідею градації. У філософській поемі «Про природу речей» давньоримський поет і філософ *Тіт Лукрецій Кар* (99–55 рр. до н. е.) висловлював ідею, що виживають і дають потомство лише найбільш пристосовані істоти.

Першою науковою спробою пояснити історичний розвиток живої природи була еволюційна теорія французького природодослідника *Жана Батиста Ламарка*, яку він виклав у праці «Філософія зоології» (1809). Учений розглядав еволюцію як безперервний процес набуття організмами корисних пристосувань, що успадковуються потомкам. Він вважав, що еволюція обумовлена внутрішнім вродженим прагненням організмів до прогресу.

Наукові відповіді на ці питання надав видатний англійський учений *Чарлз Роберт Дарвін* у праці «Походження видів шляхом природного добору, або Збереження сприятливих порід у боротьбі за життя» (1859). Учений розглядав еволюцію як процес незворотних змін будови та функцій організмів протягом їхнього історичного існування, наслідком якого є пристосованість живого до умов навколошнього середовища. Як головну рушійну силу еволюції вчений виокремлює природний добір, а результатом є поява нових видів та адаптація організмів до умов існування.

У 1920 – 1950-х роках завдяки працям *Ф. Добжанського, Дж. Холдейна, Е. Майра, Дж. Сімпсона і Дж. Хакслі, О. М. Северцова, І. І. Шмальгаузена* створюється синтетична теорія еволюції, яка надала новий поштовх розвитку поглядів щодо еволюції.

Пріоритет започаткування уявлень про адаптацію належить ученню французького вченого *Клода Бернара* про сталість внутрішнього середовища. Надалі основні положення концепції цього вченого розвинув американський фізіолог *Уолтер Бредфорд Кенон*. Саме йому належить уведення в науковий обіг для визначення сталості внутрішнього середовища нині широковживаного терміна «гомеостаз», збереження якого досягається завдяки процесу адаптації під час взаємодії організму та середовища.



Жан Батист Ламарк  
(1744–1829)



Клод Бернар  
(1813–1878)

## § 1. Адаптація як загальна властивість біологічних систем



Дайте означення поняття біологічна система.



До біологічних систем належать складні системи різних рівнів організації. На кожному рівні виявляється властивість пристосуватися до змін умов існування – адаптація.

**Адаптація як загальна властивість біологічних систем.** В основі адаптаційних процесів, що відбуваються на більш високих рівнях організації живого, лежать молекулярно-біологічні та клітинні механізми. У багатьох випадках зміни функціонування клітин пов'язані зі зміною активності певних генів. У багатоклітинних організмах функціонування клітин визначає діяльність органів і систем органів. Прикладами адаптації організмового рівня може слугувати зміна поведінки тварин, будови або функцій у межах спадкової норми реакції за зміни умов існування (рис. 1, а).

На популяційно-видовому та екосистемному рівнях організації живого адаптації можуть виявлятися як зміни чисельності організмів певних видів, зокрема популяційні хвилі, виникнення яких є результатом саморегуляції в екосистемах. Іншим знайомим вам прикладом екосистемних адаптацій є екологічні сукцесії.

Дія природного добору за зміни умов існування спричинює еволюційні зміни та, як наслідок, появу нових видів організмів (рис. 1, б). Ці процеси пов'язані зі змінами зустрічальності різних алелів, що вможливлює перебудову генофонду популяцій.

Рис. 1. Приклади адаптації біологічних систем різних рівнів: а – організмового; б – популяційно-видового

а



Зміна забарвлення хутра у Вивірки звичайної впродовж року (особина влітку та взимку)

б



Вивірка юкатанська



Вивірка японська



Виявом якої форми мінливості є сезонна зміна забарвлення хутра Вивірки звичайної? Поясніть механізм цього пристосування.

На основі якої форми мінливості відбувалися процеси утворення зображених видів?



Вивірка сіра



Вивірка звичайна

У науковій літературі натрапляємо на різні означення поняття адаптації. В еволюційній біології адаптацією називають динамічний процес пристосування до тривалих змін умов існування, що призводить до еволюційних змін. Набуті організмами в цьому процесі видозміни також називають адаптаціями. Також адаптаціями до короткотривалих змін умов існування є фізіологобіохімічні реакції, що відбуваються в організмах.

 **Адаптація** (від. лат. *adaptatio* – пристосування) – властивість живого пристосовуватися до змін умов існування.

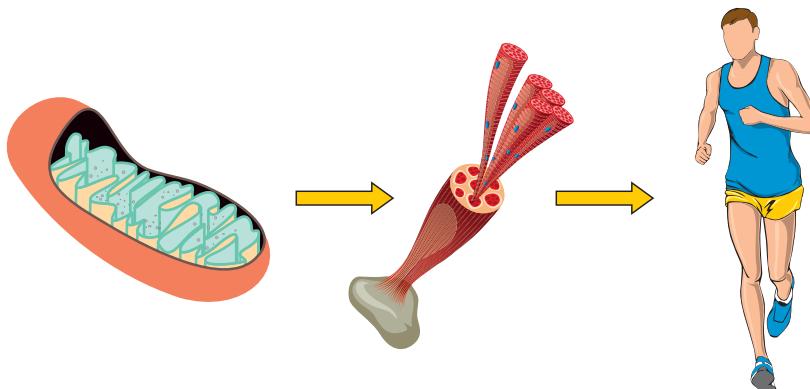
Можна виділити дві головні групи адаптаційних процесів. Одні є еволюційними та призводять до видозмін груп організмів у часі. Інші ж є переважно пристосувальними реакціями на рівні окремих організмів.

**Адаптація та гомеостаз.** Біологічні системи перебувають у процесі обміну речовин з навколоишнім середовищем, що забезпечує їх необхідною енергією й зумовлює здатність до самооновлення. Як результат, відбувається динамічне оновлення хімічного складу, за якого стан рівноваги досягається завдяки здатності біологічних систем підтримувати гомеостаз.

 **Гомеостаз** – сталість внутрішнього середовища біологічної системи, що досягається шляхом координованих реакцій, які вможливлюють відновлення рівноваги.

Найбільш детально ви вивчали механізми підтримки гомеостазу на прикладі організму людини. Це забезпечується регуляторними системами: первовою, гуморальною та імунною. Деякі з таких змін є порівняно короткочасними — наприклад, прискорення серцевих скорочень та дихання під час фізичної активності, які повертаються до норми після її припинення. Інші ж можуть бути більш тривалими — наприклад, збільшення внаслідок фізичних тренувань об'єму м'язових волокон і кількості в них мітохондрій (рис. 2). Більш детально про механізми адаптації ми поговоримо в наступних параграфах.

*Rис. 2. У формуванні гомеостазу біологічних систем вищого рівня беруть участь механізми гомеостазу біосистем нижчого рівня*



Розпізнайте на рисунку біологічні системи різних рівнів організації.

Наведіть інші приклади формування гомеостазу біологічних систем вищих рівнів.



1. Дайте означення поняття **адаптація**.
2. Наведіть власні приклади адаптацій біологічних систем різних рівнів.
3. Поясніть взаємозв'язок адаптацій і гомеостазу біологічної системи.

## § 2. Загальні закономірності формування адаптацій



Дайте означення понять еволюція, боротьба за існування, природний добір.

Які результати еволюції органічного світу?

Пристосованість живих істот до умов навколошнього середовища була усвідомлена людиною ще в античні часи. Однак, аж до середини XIX століття це пояснювали початковою доцільністю природи.



**Загальні закономірності формування адаптацій.** Наукове пояснення пристосованості живих істот дав Чарлз Роберт Дарвін, виклавши його в праці «Походження видів шляхом природного добору, або Збереження сприятливих порід у боротьбі за життя». Учений уважав, що пристосованість не є однією й абсолютною, а виробляється в процесі еволюції. Він розглядав еволюцію як процес незворотних змін будови та функцій організмів протягом їхнього історичного існування, наслідком якого є пристосованість живого до умов навколошнього середовища. У праці наголошено, що всі сучасні види є потомками вимерлих предкових форм.

Дарвін наводив приклади різноманітних взаємовідносин між організмами та між організмами й умовами неживої природи, які назвав боротьбою за існування (рис. 3). Уступаючи в ці складні взаємовідносини, одні організми виживають, а інші – гинуть. Чому ж не всі мають шанс вижити? У природі існує протиріччя між здатністю організмів до необмеженого

Рис. 3. Приклади форм боротьби за існування в праці Ч. Р. Дарвіна



1. «Але є про рослину на окраїні пустині також говорять, що вона бореться з посухою...».
2. «Про рослину, що кожного року утворює тисячу насінин, з яких в середньому тільки одна виростає в стиглу рослину, справді можна сказати, що вона бореться з такими ж, як вона, та іншими рослинами, які вже вкривають ту ж ділянку землі».
3. «Оскільки омела розсіюється птахами, то її існування залежить від них, і, можна сказати, що вона бореться з іншими рослинами, які дають плоди, тим, що спокушає птахів пожирати її плоди і таким способом розносити її насіння».

Ч. Р. Дарвін (1809 – 1882)



Які форми боротьби за існування описані вченим? Наведіть приклади різних форм боротьби за існування.

розмноження й обмеженістю ресурсів середовища існування (їжа, територія тощо). Унаслідок боротьби за існування відбувається *природний добір* – процес виживання найбільш пристосованих організмів певного виду до умов існування. Ч. Р. Дарвін у своїй книзі наголошував: «*Природний добір діє тільки шляхом збереження і нагромадження малих спадкових змін, кожна з яких вигідна для істоти, що зберігається*». Нові види виникають на основі випадкових змін, що відбуваються в кожному організмі індивідуально, передаються потомкам і не мають пристосувального характеру, тобто матеріалом для еволюції слугує *спадкова мінливість*.

В основі індивідуальної адаптації лежить *генотип* – закодована в структурі молекул ДНК спадкова інформація, що реалізується у фенотип – сукупність ознак та властивостей. Фенотип є результатом взаємодії генотипу та умов середовища існування. Це узгоджується з твердженням українського науковця І. І. Шмальгаузена: спадковим є не зовнішній вияв якоїсь ознаки, а здатність реагувати певним чином на зміни в навколошньому середовищі, тобто норма реакції на ці умови (рис. 4). Наявність такої пластичності дає змогу підтримувати гомеостаз, незважаючи на відмінності умов, у яких відбувається розвиток окремих особин. Під *нормою адаптивної реакції* розуміють межі змін біологічної системи під впливом діючих на неї чинників середовища, за яких не порушується гомеостаз. Адаптацію, набуту в ході індивідуального життя організму за його взаємодії з навколошнім середовищем, називають *фенотипічною*.

Процес вироблення адаптацій розпочинається з елементарного адаптивного явища – появи цінного генотипу. Якщо стосовно нього починає діяти рушійна форма добору, виникає стійка зміна генофонду популяції. Це формування в процесі еволюції нових пристосувань, що сприяють адаптації біологічних систем до умов навколошнього середовища, називають *адаптогенезом*.

*Рис. 4.* Водяна рослина Стрілиця звичайна



У стрілиці спостерігається гетерофілія, тобто різні за формою листки – стрілоподібні і стрічкоподібні. У особин, які зростають на глибині 1,5 м й більше, листки мають лише стрічкоподібну форму (а). У особин, які зростають на самому березі водойми, листки набувають стріловидної форми (б). Уважається, що стрічкоподібні підводні листки краще засвоюють розчинений у воді вуглекислий газ. А якщо рослина зростає частково зануреною, на ній утворюються листки обох форм (в).



Згадайте значення регуляції активності генів. Прочитайте твердження: «*Норма реакції – спектр експресії генів за незмінного генотипу, з якого обирається найбільш відповідний умовам середовища рівень активності генів, що й формує специфічний фенотип*». Поясніть, як ви розумієте наведене твердження.

Основу нового пристосування часто складає структура, яка сформувалася раніше за участь природного добору та виконувала певну функцію, а за зміни умов узяла на себе й нову функцію без шкоди для старої. Наявність структур, здатних розширити або змінити коло функцій, називають *преадаптацією*. У своїй праці Ч. Р. Дарвін так писав про преадаптацію: «Але властивості, набуті таким посереднім шляхом і на початку зовсім безкорисні для виду, могли бути згодом обернені на користь змінених нащадків при нових умовах їх життя і новонабутих звичках» (рис. 5).

Безпосереднім результатом природного добору є *постадаптації* (від лат. *post* – після та адаптація) – еволюційні зміни організмів, що вдосконалюють наявні пристосування цього виду до вже освоєних ним умов існування або вже використовувану функцію цього органа. Прикладами постадаптації є ускладнення й удосконалення у тварин органів травлення, кровообігу, дихання тощо.

**Властивості адаптації.** Адаптація біологічних систем до змін умов існування починається зі стресових реакцій – різними засобами, витратами, ресурсами компенсувати критичні зовнішні впливи. Адаптація є постійним процесом, який може бути спричинений як природними, так і антропічними чинниками. Адаптація є не лише здатністю біологічних систем реагувати на зміни середовища існування, але й здатністю цих систем активно впливати, змінювати та перетворювати саме середовище. Кожна адаптація корисна стосовно певної умови середовища.

Корисність будь-якої адаптації залежить від умов, які майже не бувають абсолютно стабільними як у просторі, так і в часі.

*Рис. 5. Приклади преадаптацій*

Приклад з праці Ч. Р. Дарвіна «Походження видів шляхом природного добору, або Збереження сприятливих порід у боротьбі за життя»:

«Черепні шви в молодих ссавців розглядалися як прекрасне пристосування, що полегшує акт пологів, і, без сумніву, вони можуть сприяти або навіть бути необхідними, але оскільки ці шви існують і на черепах птахів і плазунів, яким доводиться тільки вилуплюватися з яйця, – то ми маємо право зробити висновок, що це пристосування випливає з самих законів росту, і тільки пізніше з нього була здобута користь при акті народження для вищих тварин.»



Поясніть, чому наведені явища вважають прикладами преадаптації.

Тіктаалік – рід викопних лопатеперих риб



Відбиток



Реконструкція



Череп – вид спереду



Кінцівка – від плеча до плавця

Викопні рештки були виявлені 2004 р. у відкладеннях пізнього девону (блізько 375 млн років тому) на острові Елсмір (північ Канади).

Тіктааліка вважають перехідною формою між рибами й амфібіями: є плечовий пояс, легені

**Відносний характер адаптацій.** Відносність адаптацій у просторі і часі зумовлена тим, що в генетично гетерогенній популяції природний добір з багатьох випадкових різноспрямованих змін зберігає та нагромаджує ті з них, які мають пристосувальне значення. На певну біологічну систему може одночасно впливати декілька чинників середовища, підвищуючи адаптивність за окремою ознакою, але знижуючи її за іншими ознаками (рис. 6). Такі чинники як ізоляція, малий розмір популяції, дрейф генів, можуть призводити до зниження життєздатності біологічної системи, що також зумовлює відносність адаптацій.

Дарвін підкresлював, що ступінь пристосованості організмів відносний – звичайно можливі й більш досконалі форми пристосованих до цього середовища. Це можна довести численними прикладами надзвичайно швидкого розмноження та широкого розповсюдження цілої низки видів тварин і рослин в абсолютно нових для них районах земної кулі, куди вони були випадково або зумисно завезені людиною (кролі в Австралії, кішки та собаки на островах Океанії, канадська елодея у водах Європи тощо). Усі ці види виникли в інших географічних районах, але виявилися більш пристосованими до умов нових для себе середовищ мешкання, ніж ті види, що здавна населяли ці території.

Часто відносність адаптації ілюструють наявністю «некорисних» структур в організації біосистем, зокрема йrudimentarnix органів. Однак з'ясовано, що різноманітніrudimentarni органи можуть мати певні функції, хоч би й відмінні від початкової. Доведено також, щоrudimentarni органи можуть бути основою для еволюційного формування нових адаптацій.

Рис. 6. Приклад відносного характеру адаптації



Біла куріпка має взимку біlosnіжне оперення за винятком чорного пір'я хвоста – рульового. Захисне значення білого забарвлення очевидне, причому чорне пір'я в птаха, що зачайється, непомітне. Проте воно дуже помітне в польоті. Оскільки білі куріпки взимку збиваються в зграй, то чорний колір хвоста, напевно, полегшує можливість птахам не загубити одне одного в снігах при слабкому освітленні. Таке забарвлення куріпки – приклад вдалого «компромісу» в еволюційному виконанні двох важливих завдань: бути мало помітним для хижаків і достатньо помітним для особин свого виду.



Наведіть власні приклади адаптацій і поясніть їх відносний характер.

1. Дайте означення понять *преадаптація, постадаптація*.
2. Перелічіть властивості адаптацій.
3. Поясніть відносний характер адаптацій.
4. Сформулюйте закономірності формування адаптацій.
5. Сформулюйте висновок про значення преадаптацій та адаптацій в еволюції органічного світу.



## § 3. Адаптації на молекулярному рівні організації живого



Назвіть складники молекулярного рівня організації живого.

У підтриманні гомеостазу біологічних систем вищого рівня беруть участь механізми гомеостазу біосистем нижчого рівня. Тому для розуміння функціонування біологічних систем різних рівнів необхідно спочатку ознайомитися із механізмами адаптацій на молекулярному та клітинному рівнях організації живого.

### Механізми адаптацій на молекулярному рівні організації живого.

Насамперед збереження ефективності функціонування біологічних систем за зміни умов існування забезпечується підтримкою гомеостазу на молекулярному рівні. Можна виокремити три головні напрями розвитку таких процесів (рис. 7).

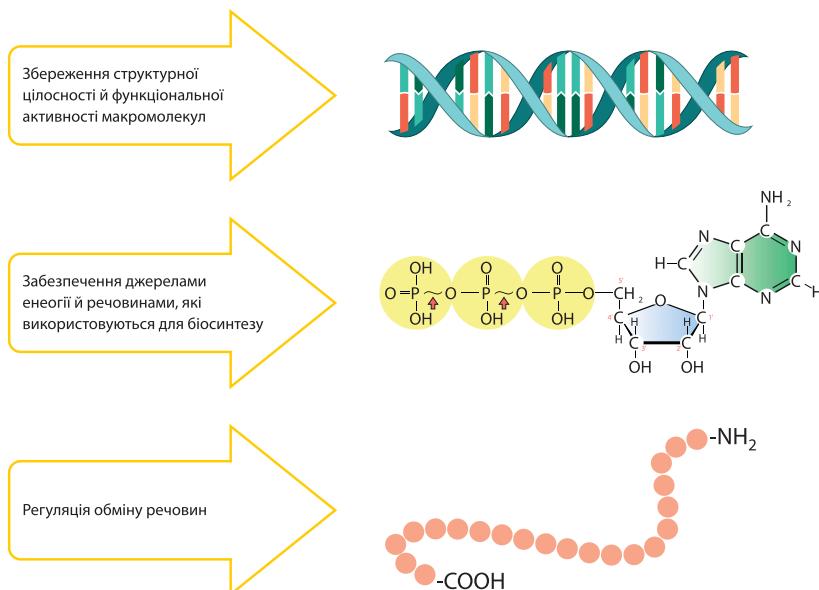
Одним з напрямів є збереження структурної цілісності і функціональної активності макромолекул (нуклеїнових кислот, ферментів, структурних і скорочувальних білків) і надмолекулярних комплексів (хроматину, рибосом, мембрани).



Наведемо декілька прикладів. Репарація ДНК зумовлює відновлення структури цієї молекули в разі ушкоджень, спричинених дією негативних чинників (іонізувальне випромінювання, отрути тощо) або ж спонтанних помилок (наприклад, під час реплікації).

Спеціалізовані білкові комплекси, які називають протеасомами, контролюють стан важливих внутрішньоклітинних білків і руйнують старі або

*Рис. 7. Напрями адаптації на молекулярному рівні організації живого*



Проаналізуйте твердження: «Адаптації на молекулярному рівні взаємопов'язані з функціонуванням клітини». Підтвердьте або спростуйте його.

ушкоджені. Руйнування старих або ушкоджених клітинних структур також здійснюється за допомогою травних ферментів, які містяться в лізосомах. Зазначений процес називають аутофагією.

Неправильне перетікання перелічених процесів може бути причиною виникнення мутацій або призводити до розвитку захворювань.

Не менш важливим є забезпечення клітин організмів сполуками, необхідними для синтезу власних макромолекул і для отримання енергії. У разі надходження надлишкових енергетичних сполук, вони можуть перетворюватися на резервні речовини (пригадайте відомі вам резервні вуглеводи рослинних і тваринних клітин). У випадку додаткової потреби в енергії резервні речовини розщеплюються. Усередині клітин підтримується відносно стала концентрація таких сполук. Наприклад, за фізіологічних умов кількість АТФ коливається не більше, ніж на 10%.

По-третє, існують численні адаптації, скеровані на регуляцію обміну речовин, що адекватно підлаштовує функціонування клітин до змін у навколоїшньому середовищі. Багатьом біохімічним реакціям притаманна здатність до саморегуляції. Зокрема, рівень активності ферментів часто визначається концентрацією продуктів реакції. Зазвичай вони гальмують роботу ферменту: внаслідок накопичення продуктів реакції швидкість реакції знижується, а отже утворення цих речовин припиняється. У такий спосіб унеможлилюється надмірне накопичення утворюваних сполук. Деякі реакції гліколізу інтенсифікуються внаслідок збільшення концентрації АМФ, що є наслідком розщеплення молекул АТФ і зниження енергетичних запасів клітини. Збільшення швидкості гліколізу супроводжується збільшенням кількості синтезованих молекул АТФ, відтак енергетичний баланс відновлюється. Відомі й інші способи регуляції ферментативних реакцій (рис. 8).

*Rис. 8. Залежність швидкості реакції від концентрації субстрату*



Проаналізуйте твердження щодо характеристики графіка.

- Швидкість реакції постійно зростає.
  - За певної концентрації субстрату швидкість реакції починає зменшуватися.  
Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше  
**B** правильне лише друге  
**C** обидва правильні  
**D** немає правильних



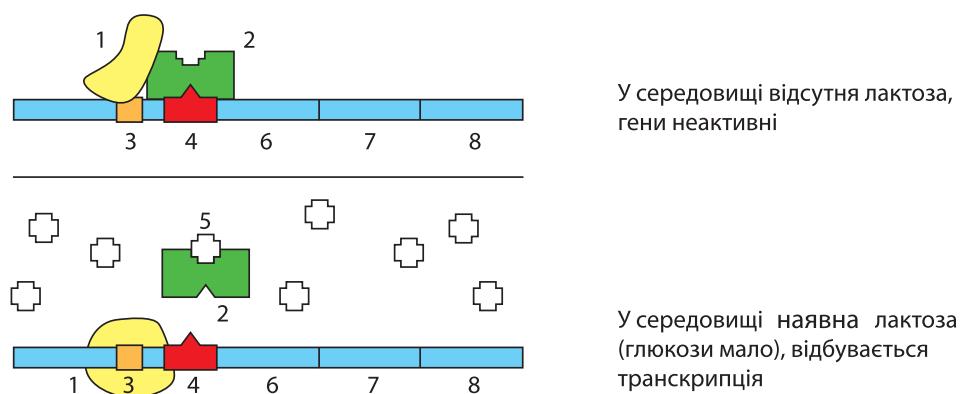
Функціонування деяких ферментів залежить від наявності додаткових речовин небілкової природи – коферментів. Ними можуть бути, зокрема, похідні вітамінів. Іншим шляхом регуляції роботи ферментів є приєднання до них певних сполук, наприклад залишку ортофосфатної кислоти. Таку реакцію називають фосфорилюванням. Унаслідок неї неактивний фермент стає активним і починає виконувати свою функцію. Фосфорилювання може спричиняти й протилежний ефект – змінений білок переходить з активного стану в неактивний. Такі зміни можуть відбуватися всередині клітин унаслідок дії на них різноманітних подразників – гормонів, медіаторів тощо. Деякі речовини можуть блокувати активний центр ферменту – це призводить до порушення його функціонування. Таким чином, зміна активності ферменту є одним зі способів регуляції функціонування клітин на молекулярному рівні.

Синтез і накопичення певних сполук може бути безпосереднім адаптаційним чинником. Наприклад, збільшення концентрації розчинених сполук у воді знижує температуру її замерзання, що забезпечує функціонування макромолекул за низької температури. Так, у клітинах рослин для витримування низьких температур накопичуються вуглеводи й олії, а в клітинах членистоногих – гліцерол.

Перелічені три напрями адаптації не є взаємовиключними, деякі реакції гомеостазу можуть включати елементи кількох з них.

**Генетичне підґрунтя формування адаптації.** Часто зміни функціонування макромолекул пов’язані з регуляцією активності генів, з механізмами якої ви познайомилися раніше. Для прикладу розглянемо споживання кишковою паличкою вуглеводів (рис. 9). Звичайним джерелом енергії для неї є молекули глукози. Проте за її нестачі бактерія здатна розщеплювати

Рис. 9. Зміни активності генів під час адаптації до зміни складу поживного середовища



1 – РНК-полімераза, 2 – репресор, 3 – промотор, 4 – оператор, 5 – лактоза, 6-8 – гени, що кодують ферменти розщеплення лактози



Підготуйте повідомлення (презентацію) щодо механізмів регуляції експресії генів, використовуючи наукову літературу, інтернет-джерела, підручник з біології для 10 класу.

інший вуглевод – лактозу. Це забезпечується певними ферментами, які кодуються відповідними генами. Поруч із ними в молекулі ДНК розташовані дві важливі регуляторні ділянки: промотор та оператор. Промотор є місцем зв'язування РНК-полімерази, яка здійснює транскрипцію. Проте контакту РНК-полімерази із молекулою ДНК може перешкоджати білок-репресор, який зв'язується із оператором. Важливою особливістю роботи цієї системи є те, що наявність у цитоплазмі лактози призводить до від'єднання репресора від молекули ДНК. Тоді РНК-полімераза отримує доступ до промотора та ініціює транскрипцію. У результаті в клітині синтезуються ферменти, необхідні для розщеплення лактози. Адаптаційний сенс описаного механізму у тому, що за відсутності лактози ці гени неактивні, а клітина економить ресурси на синтезі відповідних (непотрібних) білків.

Зміни у функціонуванні генетичного апарату супроводжують не лише індивідуальні пристосування організмів до умов існування, а й еволюційні процеси. Сучасна біологія має потужні інструменти для аналізу змін, що відбуваються з генотипами різних організмів в процесі історичного розвитку. В організмів різних груп було знайдено гени, що мають подібну структуру, а їхні білкові продукти виконують схожі функції. У процесі еволюції гени можуть набувати змін унаслідок мутацій, а ті, що забезпечують кращу пристосованість організмів, закріплюються в генофонді популяцій. Деякі гени можуть подвоюватися з подальшою дивергенцією будови та функцій. Таке збільшення кількості генів створює додатковий матеріал для природного добору. Інші ж можуть втрачати свою функцію, перетворюючись на неробочі *псевдогени*. Яскравим прикладом є еволюція рецепторів у зоровій і слуховій сенсорних системах в наземних хребетних (рис. 10).

Отже, молекулярні механізми адаптації мають важливе значення у пристосуванні організмів.

*Рис. 10. Порівняння кількості генів, що кодують нюхові та зорові рецептори, у рептилій – предків ссавців (а), гризунів (б) та людиноподібних мавп (в).*



Схарактеризуйте динаміку змін кількості зазначених рецепторів при виникненні ранніх ссавців і людиноподібних мавп. Пригадайте спосіб життя зображених ссавців. Поясніть адаптивне значення змін кількості нюхових та зорових рецепторів.

1. Назвіть напрямами формування адаптацій на молекулярному рівні організації живого.
2. Схарактеризуйте механізми адаптації на цьому рівні.
3. Наведіть приклади адаптації організму на молекулярному рівні.
4. Обґрунтуйте значення адаптації на молекулярному рівні для існування живого.

## § 4. Адаптації на клітинному рівні організації живого



Дайте означення поняття клітина.

Які чинники впливають на ріст і розвиток клітин?

Процеси на молекулярному рівні організації живого є підґрунтам усіх адаптаційних процесів. На їх основі формуються більш складні реакції з перебудовою життєдіяльності та структури клітин, зміною характеру їх взаємодій, що призводить до адаптивних зрушень діяльності органів та їх систем. Можна вирізнати декілька напрямів клітинної відповіді на зовнішні впливи.

**Адаптаційні зміни об'єму клітини.** За певних впливів може відбуватися істотне зменшення об'єму клітини – *атрофія*. У разі, якщо таких клітин багато, може змінюватися об'єм і функціонування органу, який утворений цими клітинами. Відомим ефектом є атрофія скелетних м'язів, спричинена зниженням їхньої активності внаслідок травм (ушкодження нервів) або ж істотного зниження рухової активності (рис. 11). Адаптивність цієї реакції полягає в тому, що організм витрачає менше ресурсів на підтримання життєдіяльності органу, який не використовується. Подібний ефект притаманний і серцевому м'язу. Для того, щоб запобігти зниженню об'єму та маси м'язів, необхідно підтримувати мінімальний обсяг щоденної фізичної активності (див. § 23). Атрофія може бути фізіологічною, наприклад, важливий імунний орган нашого організму тимус набуває максимальної маси на першому році життя, а надалі поступово знижує її. *Гіпертрофія* – процес, який характеризується збільшенням об'єму клітини. Інколи це може свідчити про порушення функціонування органу (рис. 12).

Рис. 11. Нормальний м'яз (зліва) та атрофований внаслідок низького рівня активності (справа).

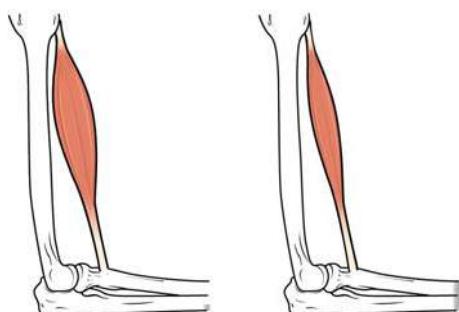
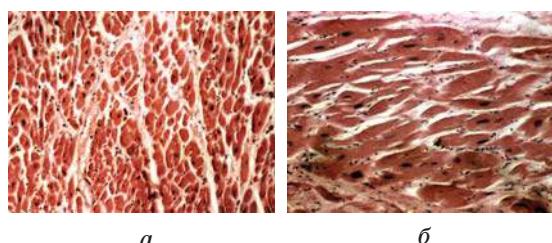


Рис. 12. Мікропрепарати серцевого м'яза: а – нормальний стан клітин міокарда; б – гіпертрофія міокарда



а

б



Створіть просвітницький проект для молодших школярів «Вплив рухової активності на стан скелетних і серцевого м'язів людини».

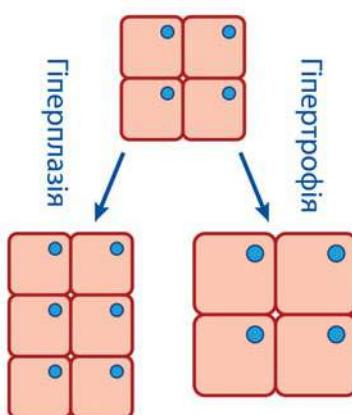
Крім цього, гіпертрофія є головним шляхом збільшення об'єму органів, клітини яких нездатні до поділу. Так, гіпертрофія клітин печінки уможливлює відновлення функціональності цього органу після загибелі частини клітин, наприклад унаслідок перенесеного вірусного гепатиту.

**Поділ, ріст та загибель клітин як адаптивний чинник.** *Гіперплазія* є способом збільшення маси органів унаслідок поділу клітин, при цьому їхній об'єм, на відміну від гіпертрофії, залишається на стабільному рівні (рис. 13). Так відбувається відновлення втрачених клітин, у тому числі і фізіологічне, наприклад у багатошаровому зроговілому епітелії. Збільшення об'єму молочних залоз у ссавців у період вагітності є адаптацією до майбутнього вигодовування малят. Ознакою нормальної гіперплазії є контрольованість цього процесу регуляторними чинниками, наприклад факторами росту. Стан, коли новоутворені клітини не реагують на них і починають неконтрольовано ділитися, називають *неоплазією*. Одним з його виявів є формування злойкісних пухлин при онкологічних захворюваннях.

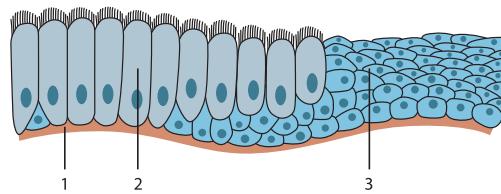
Адаптивним може бути не лише клітинний поділ або ріст, а й припинення росту або загибель клітин. Програмовану загибель клітин називають *апоптозом*. Цей процес необхідний для зникнення тимчасових органів (хвіст у пуголовків жаб), контролюваного руйнування деяких структур (опадання листків рослин восени), впливу Т-лімфоцитів на чужорідні клітини (імунітет, див. § 19), фізіологічного знищення старих клітин тощо.

Ще одним шляхом клітинних адаптацій є *метаплазія*, що являє собою перетворення диференційованих клітин на клітини іншого типу у відповідь на стресові чинники. Прикладом може бути заміна нормального війчастого епітелію дихальних шляхів на багатошаровий зроговілій у курців як відповідь на тривалу дію тютюнового диму (рис. 14).

*Рис. 13. Гіперплазія та гіпертрофія – два способи збільшення об'єму частин тіла*



*Рис. 14. Схематичне зображення змін структури епітелію дихальних органів у курців*



1 – базальна пластинка, 2 – нормальні війчасті епітелії, 3 – багатошаровий епітелій, що утворився внаслідок метаплазії



Пригадайте особливості будови та функцій зазначених типів тканин. Поясніть, чому заміна одного виду епітелію на інший є адаптацією до дії тютюнового диму. Чи дозволяє це повністю компенсувати дію негативного чинника?

1. Назвіть напрями формування адаптацій на клітинному рівні.
2. Схарактеризуйте механізми адаптацій на цьому рівні.
3. Поясніть на прикладах взаємоз'язок адаптацій на молекулярному та клітинному рівнях організації живого.
4. Обґрунтуйте значення адаптацій на клітинному рівні для існування живого.



## § 5. Стратегії адаптацій організмів. Поняття про екологічно пластичні та екологічно непластичні види



Дайте означення поняття організм.

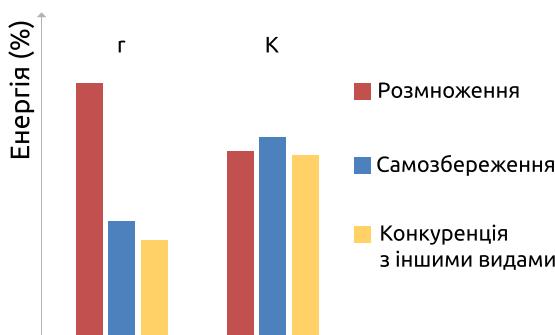
Які є складники організмового рівня організації живого?

Організм є складною інтегрованою біологічною системою, збереження гомеостазу якої досягається завдяки процесу адаптації під час взаємодії організму та середовища. Усі процеси, які відбуваються в організмі, забезпечують підтримання стану рівноваги у відповідь на вплив середовища. Тому в біологічній науці виник напрям вивчення сукупності еволюційних пристосувань, які забезпечують відновлення структури, функцій організму та спрямовані на виживання виду, – *стратегії адаптації організмів*. Для кожного типу стратегії характерний свій комплекс адаптивних ознак.

**Стратегії адаптації організмів.** Науковці довели, що здатність організмів витрачати різну кількість ресурсів на розмноження сформувалася в процесі природного добору і є специфічною ознакою виду. За розміром затрат енергії, потрібної для розмноження, види організмів можна поділити на дві групи: *рудерали* (r-стратеги) і *конкуренти* (K-стратеги) (рис. 15).

У першому випадку незалежно від індивідуальної пристосованості організмів умови середовища призводять до випадкової загибелі особин певного виду. Так виникає *r-стратегія*, притаманна, наприклад, більшості комах, гризунів, однорічних рослин (рис. 16). Ці організми мають невисоку тривалість життя, короткі життєві цикли, невеликі розміри, високу народжував-

Рис. 15. Затрати на розмноження K-стратегів і r-стратегів



За швидких змін умов навколошнього середовища більшу перевагу отримують r-стратеги, а за стабільних умов краще пристосованими виявляються K-стратеги.

Рис. 16. Щур є типовим r-стратегом



Наведіть приклади організмів, які мають r-стратегію адаптації.



Проаналізуйте діаграму. Порівняйте стратегії адаптацій організмів за часткою (%) затрат на самозбереження та конкуренцію з іншими видами.

ність, зазвичай одне розмноження протягом життя, здатність до переживання несприятливих періодів у стані спокою. За рахунок великої чисельності й швидкого розвитку г-стратеги першими займають нові середовища мешкання. Більшість потомків цих організмів не виживають, тому їхня чисельність дуже сильно коливається в часі.

У другому випадку особини популяції виду у більшому ступені виживають завдяки індивідуальній пристосованості, вступаючи в міжвидову або внутрішньовидову конкуренцію. Таку сукупність пристосувань називають **K-стратегія**. Організми, які мають таку стратегію адаптації, характеризуються низькою смертністю на ранніх етапах розвитку і високою тривалістю життя. Завдяки високій пристосованості практично все потомство виживає, тому їхня чисельність коливається дуже слабо. Їм властива підвищена захищеність від хижаків, різні форми турботи про потомків. Така стратегія адаптації характерна, наприклад, для великих ссавців, деревних рослин (рис. 17).

Ботанік Леонтій Раменський (1938) і незалежно від нього еколог Філіп Грайм (1979) запропонували розрізняти три основні типи рослин стосовно забезпеченості ресурсами (інтенсивності стресу) та порушень екосистеми, складником якої є ці рослини. Чинниками порушень може бути інтенсивний випас худоби, розорювання степу, землетруси, виверження вулканів, лісові пожежі, кислотні дощі тощо. Схематично систему стратегій адаптації Раменського–Грайма можна зобразити у вигляді рівностороннього трикутника, літери в кутах якого (C, S, R) позначають три первинні типи стратегій, а комбінації двох і трьох літер – переходні (вторинні) типи (рис. 18). Систему стратегій Раменського–Грайма успішно використовують не лише в ботаніці, а й у зоології та мікробіології. Далі ми наведемо опис трьох основних типів стратегій:



Слон африканський



Наведіть приклади організмів, які мають K-стратегію адаптації.



C — віоленти    S — патієнти    R — експлеренти



Опишіть характеристики організмів, які мають стратегії адаптації CS, CR, SR.

**Tun C** (англ. *competitor* – конкурент) – **віолент**. Це зазвичай великі за розмірами організми, які витрачають значну частину енергії на підтримання життя дорослих особин, маючи низьку народжуваність і смертність. Такі організми переважають в екосистемах і є конкурентоспроможними за сприятливих умов і відсутності порушень (рис. 19). За погіршення умов (висихання ґрунту, засолення тощо) або за порушення екосистеми такі організми гинуть, не маючи пристосувань для переживання дії цих чинників.

**Tun S** (англ. *stress-tolerant* – стійкий до стресу) – **патієнт**. Це організми, здатні за рахунок спеціальних адаптацій переживати сильний стрес. Вони мешкають або в умовах дефіциту ресурсів, або в умовах, які обмежують споживання цих ресурсів (посуха, брак світла або ресурсів мінерального живлення, зависокі чи занизькі температури тощо), тому не мають великої конкуренції з іншими видами (рис. 20).

**Tun R** (лат. *ruderis* – бур'янистий) – **експлерент**. Ці організми заміщають віолентів під час сильних порушень середовищ мешкання внаслідок послаблення конкуренції. До цього типу зокрема відносять однорічні рослини, які утворюють велику кількість насіння. Воно або зберігається в ґрунті, або має пристосування для поширення. Ці організми також можуть використовувати ресурси в стабільних середовищах мешкання, але в період, коли вони виявляються тимчасово незатребуваними іншими видами (рис. 21).

**Адаптивний потенціал виду.** Багато видів рослин мають здатність у різних умовах використовувати різні пристосувальні можливості. Класичним прикладом пластичності стратегії є болотна форма Сосни звичайної. Це карликова чагарникова форма висотою 60–80 см, довжина хвої якої не перевищує 1 см, а тривалість життя досягає 100 років. Ця сосна утворює шишкі з насінням, з якого за сприятливих умов виростає звичайна сосна.

Рис. 19. Організм-віолент



Цуманська пуща.  
Полісся. Україна. Дуб.

Дуб має розлогу корону, за рахунок чого активно використовує ресурси середовища.

Рис. 20. Організм-патієнт



Піщані пустелі Австралії.  
Ящірка молох.

Вода, накопичена під час роси або туману, переміщається вздовж канавок пошкіри прямо в ротову порожнину ящірки.

Рис. 21. Організм-експлерент



Національний парк  
«Долина смерті».  
Каліфорнія. США.

У пустелі однорічні ефемери за короткий період вегетації після дощів покривають поверхню ґрунту килимом.



Підготуйте повідомлення про організми, які мають різні стратегії адаптації.

Пригнічення життєдіяльності сосни пов'язано з впливом наростаючого вгору торф'яного субстрату.

Варто наголосити, що можливості адаптації особин кожного виду не є безмежними. Здебільшого можливості виду є генетично детермінованими. У такому разі науковці говорять про адаптивний потенціал виду.

 **Адаптивний потенціал виду** – ступінь пристосувальних можливостей виду в мінливих умовах навколошнього середовища.

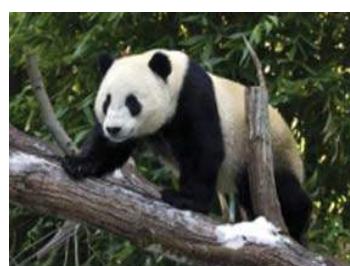
Види, які мають високий адаптивний потенціал і можуть виживати в широкому діапазоні змін умов існування, називають *екологічно пластичними*, або *еврибіонтними*. Такі види здатні заселяти нові місця мешкання, адаптуватися за великих порушень гомеостазу екосистеми, пристосовуватися до різноманітності умов існування в різних частинах великого за площею ареалу. Натомість *екологічно непластичні*, або *стенобіонтні* види вузько спеціалізовані до умов середовища мешкання, погано пристосовуються навіть до незначних змін, тобто мають невисокий адаптивний потенціал (рис. 22).

Упродовж життя організму адаптивний потенціал може змінюватися. Зокрема, у людини підвищення адаптаційних можливостей організму можливе за рахунок фізичного тренування й загартовування. *Загартовування* – це систематичне використання природних чинників, що забезпечує підвищення стійкості організму до несприятливих умов. Загартовування полягає в тренуванні механізмів, за допомогою яких організм реагує на певні кліматичні чинники. У процесі таких тренувань реакції організму поступово стають швидшими й точнішими, унаслідок чого зростає стійкість організму. Фізичне тренування та загартовування поліпшують кровообіг, терморегуляцію й обмін речовин, підвищують імунітет, посилюють розумову діяльність і фізичну працездатність, що і є чинниками підвищення адаптивного потенціалу організму.

Рис. 22. Вид за адаптивним потенціалом: а – екологічно пластичний; б – екологічно непластичний



а  
Ведмідь бурий



б  
Панда велика



Підготуйте повідомлення про зображені види тварин. Виявіть ознаки, за якими їх відносять до різних груп за адаптивним потенціалом.



1. Дайте означення понять *стратегії адаптації організмів*, *адаптаційний потенціал виду*.
2. Схарактеризуйте різні підходи до класифікації стратегій адаптації організмів.
3. Порівняйте стратегії адаптації системи Раменського–Грайма.
4. Наведіть приклади організмів з різними стратегіями адаптацій.
5. Порівняйте екологічно пластичні та екологічно непластичні види.
6. Обґрунтуйте можливі шляхи підвищення власного адаптивного потенціалу.
7. Складіть план загартовування організму.

## § 6. Адаптивна радіація



Що Чарлз Роберт Дарвінуважав рушійною силою еволюції?

Що таке гомологічні органи?

Що таке дивергенція?

Сучасна синтетична теорія еволюції містить положення про дивергентний характер еволюційних змін, за якого відбувається розходження ознак споріднених груп організмів унаслідок адаптації до різних умов існування.

**Дивергентний характер еволюції.** Дивергентний характер еволюційних змін згадував у своїй праці «Походження видів шляхом природного добору, або Збереження сприятливих порід у боротьбі за життя» Ч. Р. Дарвін: «Природний добір веде також до розходження ознак, бо чим більше органічні істоти різняться будовою, внутрішнім складом і звичками, тим більше їх число може проіснувати на даній площі...» Як приклад він описав 13 видів в'юрків, які мешкали на Галапагоських островах. Усі в'юрки походять від спільногопредка, який потрапив туди з материкової частини Південної Америки. Їжі, що її вживали птахи вихідної групи, на островах було замало. Переваг у боротьбі за існування набували ті птахи, у яких будова дзьоба була зміненою, що давало їм змогу вживати іншу їжу (поміркуйте, яка це форма боротьби за існування) (рис. 23).

**Поняття про адаптивну радіацію.** Унаслідок подальших досліджень накопичуються факти, які дозволяють розширити наші уявлення про механізми адаптації організмів.

Розвиток популяційної генетики та молекулярної біології вмогли вив розуміння еволюційних процесів у популяціях, значущості мутацій як матеріа-

Рис. 23. Дивергенція в'юрків Галапагоських островів.



Від вихідної групи, яка живилася насінням, виникли три групи птахів: земляні в'юрки, які живляться насінням, комахоїдні деревні в'юрки і славкові в'юрки, які також живляться дрібним насінням.

За нових умов діяла рушійна форма природного добору, що спричинило розходження ознак між спорідненими групами птахів унаслідок адаптації до різних умов існування і, як наслідок, утворення нових видів.



Підготуйте повідомлення про приклади дивергенції, використовуючи наукову літературу та інтернет-джерела.

лу для природного добору, сутності різних форм видоутворення. Велику роль відіграло встановлення гомології органів у різних груп організмів (*наведіть приклади гомологічних органів організмів*). Науковці сформували поняття адаптивної радіації як результату надбання організмами спеціальних пристосувань – адаптації.

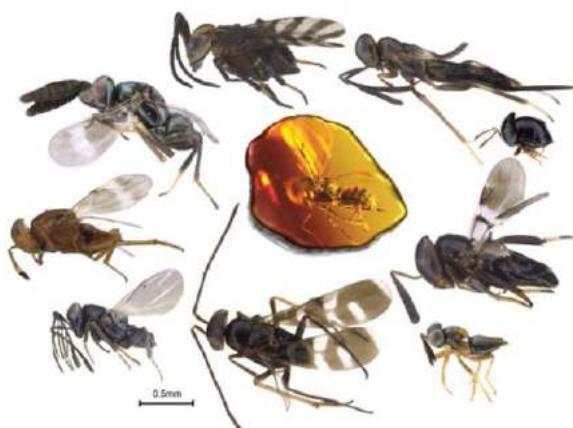
 **Адаптивна радіація** – утворення різноманітних форм організмів у межах виду або групи споріднених видів, що є результатом пристосування до різних умов середовища існування.

Схожість форм пояснюють спільним походженням, а відмінності – пристосуванням до різних умов існування. Наявність у еволюційно старших організмів будь-яких структур або фізіологічних функцій, які є у видозміненій формі у більш пізніх форм, можна вважати аргументом на користь походження одних від інших.

Дослідження адаптивної радіації в комах з використанням палеонтологічних знахідок вимерлих форм і порівнянням їх із сучасними видами за допомогою мікроскопічної техніки проводять в Інституті зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України. У 2006 році український ентомолог Сергій Сімутнік знайшов у рівненському бурштині викопні рештки вимерлого виду перетинчастокрилої комахи (мешкала в еоцені близько 40 млн років тому). Учений уперше описав тварину і назвав на честь свого шкільного вчителя біології Анатолія Вихренка, заслуженого вчителя України. Високий ступінь адаптивної радіації, вірогідно, зумовлений наявністю в цієї групи таких особливостей будови, які забезпечили їм адаптацію до різноманітних умов існування (*назвіть особливості будови, які вирізняють серед інших членистоногих*) (рис. 24).

Значення адаптивної радіації полягає в тому, що вона вказує на можливість дивергентної еволюції, заснованої на видозміні гомологічних структур.

*Рис. 24. Адаптивна радіація в комах*



У центрі розташованеображення *Eoscepstes vichrenkoi* – викопного виду, максимально наблизленого до предка сучасних енцертид. Зображення адаптивна радіація від викопної форми до сучасних високоспеціалізованих видів.



Знайдіть на рисунку гомологічні структури організму, які зазнали адаптації у сучасних видів.



1. Дайте означення поняття *адаптивна радіація*.
2. Наведіть приклади адаптивної радіації.
3. Винесіть судження про значення адаптивної радіації в пристосуванні організмів до умов існування.

## § 7. Життєві форми рослинних і тваринних організмів як адаптації до середовища мешкання



Які життєві форми рослинних організмів вам відомі?

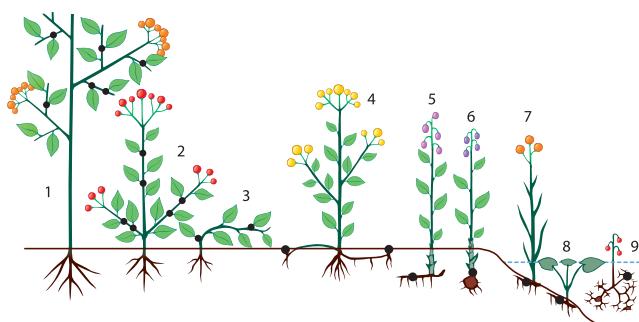
Поміж пристосувань організмів особливе значення мають морфологічні адаптації, тобто зміни в зовнішній будові, що забезпечують функціонування організму в певних умовах середовища існування.

**Поняття життєвої форми.** Організми, далеки за систематичним положенням і, отже, за походженням, мешкаючи в схожих умовах, нерідко мають подібні ознаки зовнішньої будови. До такої групи організмів застосовують на-зву «**життєва форма**». Термін «життєва форма» вперше було вжито 1884 року данським ботаніком Еугеніусом Вармінгом, який розумів під цим «форму, в котрій вегетативне тіло рослини перебуває в гармонії із зовнішнім середовищем протягом усього життя, від колиски до домовини, від насіння до відмирання».

⚠ **Життєва форма** – морфологічна будова організму, що є результатом еволюційних змін і відображає пристосування їх до середовища мешкання.

**Життєві форми рослинних і тваринних організмів.** Для класифікації життєвих форм данський ботанік Крістен Раункієр ураховував положення бруньок відновлення щодо поверхні ґрунту, а для виділення екологічних груп, менших за обсягом, такі ознаки, як ступінь захищеності бруньок відновлення, наявність або відсутність листків. Основними поміж таких життєвих форм є *фанерофіти*, *хамефіти*, *гемікриптофіти*, *криптофіти*, *терофіти*, котрі своєю чергою поділяються на підгрупи (рис. 25).

Рис. 25. Життєві форми за класифікацією К. Раункієра: 1 – фанерофіти, 2-3 – хамефіти, 4 – гемікриптофіти, 5-9 – криптофіти (5-6 – геофіти; 7 – геліофіти; 8-9 – гідрофіти)



Терофіти – рослини, що відновлюються після несприятливого періоду лише насінням. *Примітка.* Чорним показано зимуючі бруньки відновлення.



Наведіть приклади рослин, які належать до різних життєвих форм, використовуючи рисунок.



Підготуйте повідомлення про життєві форми рослин, які ростуть поблизу вашої школи.

Фанерофіти – бруньки відновлення розташовані над поверхнею ґрунту високо – вище ніж 30 см. Хамефіти – бруньки відновлення біля поверхні ґрунту або не вище ніж 20–30 см.

Гемікриптофіти – бруньки відновлення на поверхні ґрунту або в поверхневому шарі, часто вкритому підстилкою.

Криптофіти – бруньки відновлення заховані в ґрунті (геофіти) або під водою (геліофіти і гідрофіти).

Ботанік Іван Серебряков розробив (1952, 1964) систему, в основу якої поклав зовнішній вигляд рослини, тісно пов'язаний з ритмом її розвитку та тривалістю життя всієї рослини. Під життєвою формою вчений розумів своєрідність тих чи інших груп рослин, що еволюційно виникла в певних ґрунтово-кліматичних умовах і відображає пристосованість рослин до цих умов. Він виокремив такі життєві форми рослин: *деревні рослини* (дерева, чагарники, чагарнички), *напівдеревні рослини* (напівчагарники, напівчагарнички), *наземні трави, полікарпічні трави* (багаторічні трави, що квітнуть багато разів), *монокарпічні трави* (живуть кілька років, квітнуть один раз і відмирають), *водні трави, земноводні трави, плаваючі і підводні трави*. Відмінність між формами полягає, окрім різного ступеня здерев'яніння їхніх стебел, у тривалості життя й характері зміни скелетних пагонів.

Класифікації життєвих форм тварин досить різноманітні залежно від принципів, покладених у їхню основу. Найбільше значення має характер переміщення тварин у різних середовищах. Науковці в галузі морфології тварин виокремлюють такі життєві форми тварин: *наземні, підземні, деревні, повітряні, водні*. У межах кожної форми, зважаючи на особливості поступального руху й способу життя, формують більш специфічні пристосувальні форми, тому часто виокремлюють ще й перехідні форми. Наприклад, наземні ссавці пересуваються переважно за допомогою ходьби, бігу, стрибків, що позначається на їхньому зовнішньому вигляді (рис. 26). У зовнішньому вигляді птахів здебільшого проступає принадлежність їх до певних середовищ мешкання і характер переміщення за різних способів добування їжі (рис. 27).

Отже, життєва форма є характерною для групи організмів, зумовлена комплексом адаптацій до існування в певному середовищі.

Рис. 26. Життєві форми тварин. Наземні ссавці



Рис. 27. Життєві форми тварин. Птахи



Складіть схему комплексу адаптацій, що характеризують наземних ссавців.



Поясніть пристосування зображеніх птахів, зумовлені особливостями способу добування їжі.



1. Дайте означення поняття **життєва форма**.
2. Схарактеризуйте різні підходи до класифікації життєвих форм рослинних організмів.
3. Які життєві форми тваринних організмів вирізняють науковці?
4. Розпізнайте життєву форму наведених рослин: Сосна звичайна, Малина лісова, Лілія лісова, Сальвінія плаваюча за різними класифікаціями.
5. Складіть схему комплексу адаптацій водних ссавців.

## § 8. Екологічна ніша як наслідок адаптацій до існування в екосистемі



Дайте означення поняття екосистема.

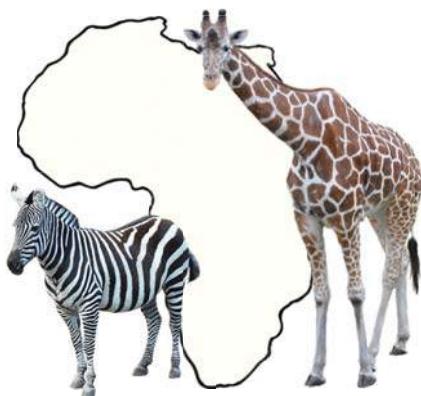
Перелічіть екологічні чинники.

Будь-якому виду необхідна певна сукупність умов середовища існування – абиотичних і біотичних чинників.

**Поняття екологічної ніші.** У складній системі взаємовідносин з екологічними чинниками середовища кожен вид займає визначене місце – *екологічну нішу*. Екологічна ніша – характеристика виду, а не місця, яке він заселяє. На цьому наголошував американський еколог Юджин Одум (1959), визначаючи екологічну нішу як положення виду в екосистемі, зумовлене його адаптацією, а не місцем мешкання. Він підкреслював, що екологічна ніша організму визначається тим, що він робить, а не тим, де він живе. Його афоризм (екологічна ніша – «професія» виду, а місце мешкання – його «адреса») чітко відмежував ці поняття. Наприклад, у саванах Африки трапляється кілька видів травоїдних копитних ссавців. Мешкають вони на одній території, але по-різному використовують кормові ресурси, тобто займають різні екологічні ніші (рис. 28). Інший приклад – у різних екосистемах різні види можуть мати подібні взаємозв'язки з абиотичними та біотичними чинниками, тобто займають однакову екологічну нішу (рис. 29).

❗ **Екологічна ніша** – це положення виду в екосистемі, яке характеризується його біотичними зв'язками й вимогами до абиотичних чинників навколошнього середовища.

Рис. 28. Види, які займають різні екологічні ніші в одній екосистемі



Жирафи об'їдають листя дерев на висоті 5–6 м, зебри обривають верхівки високих трав: живляться рослинами, які ростуть у різних ярусах.

Рис. 29. Види, які займають подібні екологічні ніші в різних екосистемах



У саванах Африки великими рослиноїдними ссавцями є антилопи, в Австралії – кенгуру, а в Євразії – лосі, благородні олені й козулі.



Наведіть приклади видів, які живуть на одній території, але займають різні екологічні ніші.

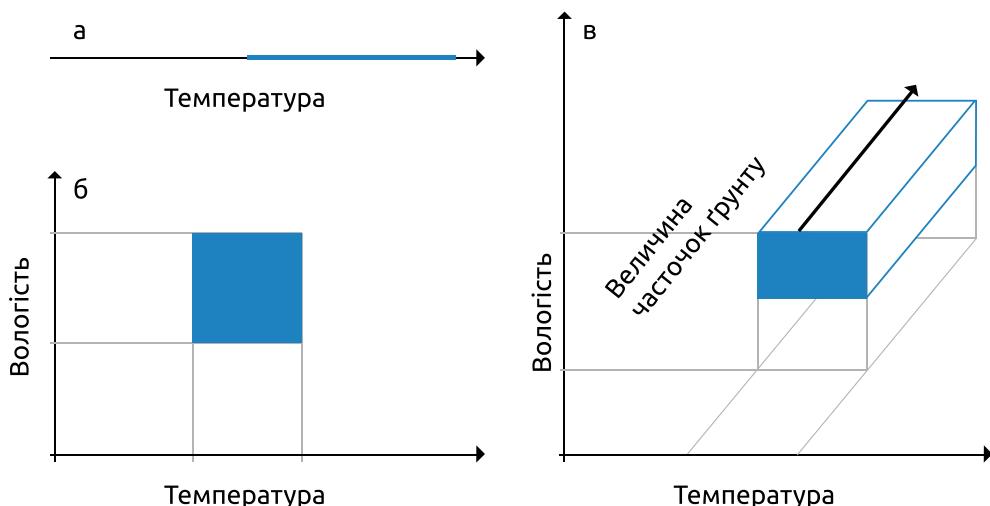
Науковці в галузі екології запропонували розглядати екологічну нішу як суму зв'язків організмів певного виду з абіотичними умовами середовища та з організмами інших видів. Графічно екологічну нішу можна визначити як простір у системі координат, де вісі відображають інтенсивність екологічних чинників, й на кожній із них відкладено значення, у межах яких можливе існування виду (рис. 30).

Для кожного виду характерна **фундаментальна екологічна ніша** – комплекс екологічних чинників, необхідних для певного виду за відсутності конкуренції. **Реалізована екологічна ніша** доступна виду в присутності його конкурентів.

Різноманітність абіотичних умов і видів, які виступають ресурсом і середовищем існування для інших (хижаків, паразитів, коменсалів тощо) обумовлюють різноманітність екологічних ніш. А що буде з екологічною нішею, якщо певний вид зникне з екосистеми? При вимиранні одного виду інший вид унаслідок природного добору адаптується до умов звільненої ніші, тобто в екосистемі виявиться **правило обов'язкового заповнення екологічної ніші**: кожен вид характеризується певною екологічною нішею, усі екологічні ніші екосистеми є заповненими.

**Параметри екологічної ніші.** Кожному виду властива своя екологічна ніша, що характеризується діапазоном ресурсів, зокрема просторовим розподілом особин (приуроченість до певного виду субстрату, ярусу тощо), місцем у трофічній сітці екосистеми, відношенням до абіотичних чинників (температура, вологість тощо), часом використання ресурсів середовища (добова, сезонна активність виду тощо). Тому одним з параметрів є **ширина екологічної ніші** – відносний параметр, який оцінюють шляхом порівняння з екологічною нішою інших видів. Існують види з широкими і вузькими екологічними нішами,

*Rис. 30. Модель екологічної ніші: а – одновимірна ніша (визначається температурою); б – двовимірна ніша (визначається температурою та вологістю); в – тривимірна ніша (визначається температурою, вологістю та величиною часточок ґрунту)*



На прикладах поясніть, як ви розумієте різні моделі екологічної ніші. Для цього пригадайте адаптацію рослинних і тваринних організмів до певних абіотичних чинників середовища.

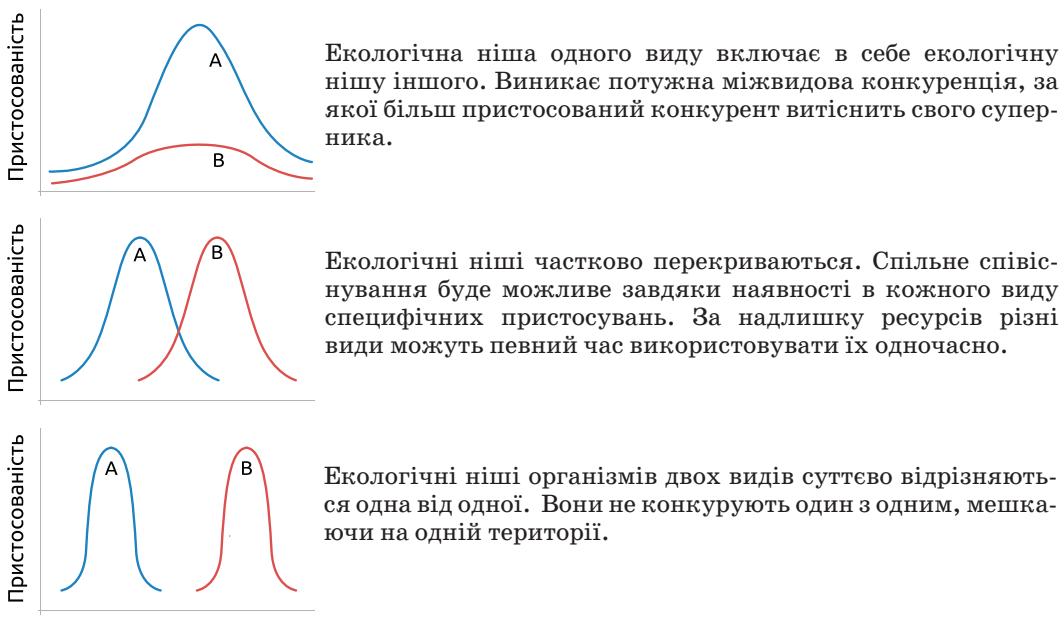
відповідно екологічно пластичні та екологічно непластичні види (*ви ознайомилися з ними в параграфі 5*). На ширину екологічної ніші впливає конкуренція.

Ч. Р. Дарвін, описуючи у своїй праці форми боротьби за існування, особливу увагу приділив конкуренції між організмами. *Конкуренцією* називають взаємодію організмів (одного або різних видів), що виявляється як взаємне пригнічення одного і виникає через те, що їм потрібен той самий ресурс. У природі особини кожного виду одночасно піддаються внутрішньовидовій і міжвидовій конкуренції, які спричиняють протилежні екологічні наслідки.

Внутрішньовидова конкуренція може сприяти територіальному поширенню виду, розширенню кормової бази. Ми вже згадували приклад із праці Ч. Р. Дарвіна щодо походження різних видів в'юрків Галапагоських островів (параграф 6). На океанічних островах з бідною фауною в'юрки в порівнянні з їхніми родичами на материкову заселяли більш різноманітні місця мешкання й опановували різноманітну кормову базу за відсутності конкурючих видів. За нових умов рушійна форма природного добору спричинювала розходження ознак між спорідненими групами птахів – утворювалися нові види. Отже, внутрішньовидова конкуренція приводила до зміни екологічної ніші виду, диференціації виду і, як наслідок, збільшення видового різноманіття.

Використання різними видами за сумісного існування тих самих ресурсів є параметром екологічної ніші, який називають *перекривання екологічної ніші*. Перекривання може бути повним або частковим, за одним або декількома параметрами екологічної ніші, що спричинює міжвидову конкуренцію. Остання тим інтенсивніша, чим більше це перекривання (рис. 31). Отже, що більша схожість екологічних потреб, то гостріша конкуренція між двома видами. Два види з однаковими потребами не можуть існувати разом, один з них через деякий час обов'язково витіснить інший. Ця закономірність відома під

*Рис. 31. Ступінь адаптації двох видів залежно від перекривання екологічної ніші*



назвою принципу Гаузе, або *принципу конкурентного витіснення*. Використовуючи поняття екологічної ніші, цей принцип можна сформулювати так: в тій самій екосистемі два види не можуть займати одну й ту ж екологічну нішу. Один з таких видів завжди матиме перевагу над іншим, що за деякий час призведе до витіснення суміжного виду або до його еволюційного переходу в іншу екологічну нішу. Явище розподілу екологічних ніш у результаті міжвидової конкуренції називають *екологічною диверсифікацією*. Екологічна диверсифікація між існуючими разом видами здебільшого здійснюється за просторовим розташуванням, раціоном живлення та розподілом активності в часі. Досить одного з перелічених параметрів, аби конкуренція послабилася або повністю зникла. Групи, що розходяться, можуть набувати репродуктивної ізоляції й утворювати нові види. Часто так утворюються *симпатричні види* (рис. 32). Як бачимо, значне перекривання екологічних ніш призводить до розподілу ніш, спеціалізації видів і виникнення видового різноманіття.

Розподіл між сумісно існуючими видами екологічних ніш з частковим їх перекриванням – один з механізмів стабільності екосистем. Якщо який-небудь з видів різко знижує свою чисельність або вимирає, його роль беруть на себе інші. Що більше видів у складі екосистеми, то нижча чисельність кожного з них, то сильніше виражена їхня екологічна спеціалізація. Вона забезпечує співіснування різних видів в одній екосистемі.

Формування поняття екологічної ніші як наслідку адаптації організмів виду до існування в екосистемі призводить до підвищення значущості екологічних досліджень у вирішенні питань еволюційної теорії. Завдяки знанню екологічних вимог організмів до середовища мешкання й характеру біотичних відносин відкриваються широкі перспективи для вивчення механізмів видоутворення.

*Рис. 32. Симпатричні види – споріднені види, які мешкають на одній території, але займають різні екологічні ніші*



Великий строкатий  
дрятел



Малий строкатий  
дрятел



Шишкар сосновий



Шишкар ялинковий

Великий строкатий дятел шукає кормовий ресурс здебільшого на стовбурах дерев, малий строкатий дятел – на гілках крони.

Один вид шишкарів вигодовує пташенят насінням сосни, а інший – насінням ялини. Їх розмноження прив’язане до строків дозрівання насіння цих рослин.



За якими екологічними чинниками різняться екологічні ніші зображеніх пар видів? Змоделуйте (на самостійно обраному прикладі) наслідки значного перекривання екологічних ніш конкурючих видів.



1. Дайте означення поняття *екологічна ніша*.
2. Наведіть приклади видів з різними екологічними нішами, які живуть на одній території.
3. Сформулюйте та поясніть правило обов’язкового заповнення екологічної ніші.
4. Схарактеризуйте параметри екологічної ніші.
5. Поясніть принцип конкурентного витіснення.

## § 9. Симбіоз та його форми



**Назвіть способи живлення організмів.  
Що таке фітофагія, паразитизм, хижакство?**

Міжвидова конкуренція є одним із прикладів взаємозв'язків організмів в екосистемі. Вона зумовлена використанням тих самих ресурсів. Наведемо факти інших форм взаємодії, наприклад у лісі. Росичка заселяє території, на яких росте сфагnum. Такі взаємовідносини зумовлені зміною одним з видів середовища мешкання: сфагnum закисляє ґрунт і робить його сприятливим для росички. Трофічними зв'язками поєднані багато видів: павук живиться комахою, дощовий черв'як – опалим листям, нектар квітки споживає метелик. Часто організми надають притулок іншим, наприклад, дятел робить дупла в сосні.

Науковці в галузі екології пропонують для означення взаємодії між популяціями різних видів користуватися терміном «симбіоз». Симбіозом називають усі форми взаємодії між організмами різних видів в екосистемі, а не лише взаємовигідні.

Симбіоз – форми взаємодії є **мутуалізм** – співіснування різних видів в екосистемі.

Однією з форм взаємодії є **мутуалізм** – співіснування різних видів, за якого вони отримують взаємну користь і в природі не існують один без одного, тобто їхній взаємозв'язок є **облігатним** (рис. 33).

Опанування рослинами суходолу стало можливим завдяки мутуалістичним взаємовідносинам із грибами. Мінеральне живлення наземних рослин – складний процес, і в багатьох випадках воно не можливе без грибів.

*Рис. 33. Приклад мутуалізму – співіснування молюска тридакни й водорості*



Мушля тридакни може досягати до 2 метрів завдовжки, важити до 200 кілограмів. У тканинах мешкають зооксантелли, які живуть за рахунок фотосинтезу і годують молюска. Молюск перетравлює і частину самих водоростей прямо в тканинах. Краї мантії постійно виступають між стулок мушлі і забезпечені оптичною системою – невеликими світлозаломлювальними конусами, зануреними вузьким кінцем в глибоко в тіло молюска. Конуси утворені прозорими клітинами, які проводять світло в глибини тканин для водоростей-симбіонтів. Розфарбовані в найрізноманітніші кольори мантії тридакн – не забаганка природи, а результат природного добору й тривалої спільної еволюції молюсків і одноклітинних водоростей.

Гіфи грибів охоплюють чохлом коріння рослин, можуть проникати всередину коренів або навіть усередину окремих клітин – так утворюється мікориза. Рослини передають частину синтезованих органічних сполук гіфам гриба, отримуючи від них необхідні мінеральні солі. У мінеральному живленні рослин також беруть участь нітрифікувальні бактерії, яких з рослиною поєднують мутуалістичні відносини. Бактерії *Rhizobia* здатні до фіксації Нітрогену й живуть у кореневих системах бобових (горох, квасоля, люпин тощо). Бактерії продукують амоніак, який рослина поглинає й використовує для отримання амінокислот, нуклеїнових кислот, білків та інших біологічних молекул, необхідних для росту й виживання. Рослина забезпечує безпечне середовище й достатню кількість поживних речовини для росту бактерій (рис. 34).

Важливе значення в процесах травлення рослиноїдних тварин мають бактерії, які можуть виробляти фермент целюлазу, що розщеплює молекули целюлози (*до чого еукаріотичні організми не здатні*).

Одним з прикладів мутуалістичних взаємовідносин є запилення квіток рослин комахами (рис. 35). У випадку, коли ті самі рослини можуть запилюватися різними комахами, а комахи живляться пилком і нектаром різних видів рослин і здатні використовувати іншу їжу, говорять про **протокооперацію** – форму симбіозу, за якої співіснування корисне для обох видів, але не є обов'язковим.

У разі взаємовигідних відносин користь, отримувана двома видами, не завжди є однаковою. Якщо для одного з видів в ході еволюції відносини стають індиферентними, їх класифікують як вияв **коменсалізму** – форми симбіозу, за якої організми одного виду (коменсали) отримують користь від організмів іншого виду, не зашкодивши йому, але й не приносячи користі. Коменсали можуть отримувати від іншого виду допомогу в пересуванні, укриття, їжу й захист. Часто такі відносини ґрунтуються лише на просторових зв'язках:

*Рис. 34.* Бульбочки з азотфіксувальними бактеріями на коренях бобових



*Рис. 35.* Джміль на квітці конюшини



Наведіть приклади мутуалістичних взаємовідносин організмів.



У біологічній літературі різняться погляди на лишайники як приклад мутуалістичних відносин гриба й водорості (або ціанобактерії). Ознайомтеся з науковими фактами та висловіть власну думку щодо цього питання.

у норах бабаків живуть метелики, жаби, мокриці, а риби морські качечки ховаються між голками морських їжаків. Цікавим прикладом коменсалізму є супровід дрібними, активно плаваючими тваринами більших, зокрема риби-лоцмани (рис. 36). Коменсалами є епіфіти, яких багато поміж мохів, папоротей, квіткових тропічних рослин (рис. 37). Деревні рослини слугують їм місцем прикріплення, а живляться епіфіти за рахунок відмерлих тканин і виділень господаря та шляхом фотосинтезу. Деякі рослини мають користь від співіснування з тваринами, які вможливлюють розповсюдження плодів і насіння. Із таким співіснуванням пов'язана низка адаптацій. Так, насіння рослин, яке поширяється тваринами, може мати гачечки, щетинки, шипи, клейкі виділення, за допомогою яких кріпиться до шерсті тварин. Плоди рослин, які поширяються тваринами, мають м'ясистий соковитий оплодень як приманку для пойдання (зокрема в калини, горобини, вишні, малини).

Організми також вступають в антагоністичні взаємовідносини, до яких відносять **хижакство, паразитизм і конкуренцію**.

Форму симбіозу видів, за якої організми одного виду (хижаки) живляться організмами іншого виду (жертвою), вступаючи в безпосередній контакт, називають **хижакством**. Найважливішою характеристикою хижаків є те, наскільки вони спеціалізовані на живленні певними видами жертв. Наприклад, звичайна лисиця – еврибіонтний вид, який має широку екологічну нішу за ресурсами живлення. Її жертвами можуть бути дрібні й навіть середні за розміром ссавці, птахи, рептилії, амфібії, найрізноманітніші безхребетні та навіть чимало різних рослин. Прикладом вузької спеціалізації за ресурсами живлення може бути гігантський мурахоїд, який живиться лише мурахами й термітами (рис. 38). З іншими прикладами адаптацій, які формуються в системі «хижак – жертва», ви ознайомитеся в наступному параграфі.

*Рис. 36. Риби-лоцмани супроводжують акулу довгокрилу*



Наведіть приклади організмів-коменсалів, використовуючи інтернет-джерела.

**Паразитизм** – форма симбіозу організмів різних видів, з яких один (паразит) використовує іншого (хазяїна) як середовище мешкання та джерело живлення, покладаючи на нього (частково або повністю) регуляцію відносин з навколошнім середовищем. Для того, щоб використовувати хазяїна, паразитові не потрібно його вбивати (іноді хазяїн гине, але це не є необхідною умовою його використання). Багато паразитичних організмів є поміж бактерій, грибів, тварин, трапляються паразитичні рослини, зокрема представники родів повитиця та вовчок (рис. 39). Докладніше про паразитичні організми відзначається в § 14.

Уже було згадано про **конкуренцію** – форму симбіозу між видами з подібними екологічними потребами, коли наявність конкурента зменшує можливості користування ресурсами (§ 8). Вимирання певних видів є наслідком їх взаємодії з видами-конкурентами. Наприклад, потрапляння в Австралію здичавілих собак дінго призвело до вимирання місцевих хижаків – сумчастого вовка та сумчастого диявола. Ці хижаки були сильніші від собак, але поступалися собакам у мисливському мистецтві. Ці види збереглися з доісторичного часу лише в Тасманії, куди не дісталися дінго.

Поміж нейтральних взаємовідносин виділяють **аменсалізм** – форму взаємозв'язків між організмами різних видів, за якої один вид пригнічує життєдіяльність іншого, але при цьому не зазнає впливу у відповідь. Наприклад, світлолюбні трав'янисті види, що ростуть під деревами, зазнають пригнічення в результаті затінення, натомість для самого дерева сусідство може бути нейтральним. Такі взаємовідносини можуть бути спричинені біохімічними адаптаціями, за яких одні організми виділяють речовини, шкідливі для інших.

Рис. 38. Хижак. Мурахоїд гігантський



Рис. 39. Паразитична рослина. Вовчок жовтий



Тварина має специфічні адаптації: пазурі тварини дозволяють діставатися мурашок, а довгий липкий язик, що висовується з витягнутої в трубку беззубої морди, дає можливість підхоплювати й ковтати одночасно сотні комах.

У процесі еволюції всі органи цих рослин, крім квіток і плодів, зазнали значних змін: коріння перетворилися в короткі м'ясисті волокна-присоски й присмоктуються до коренів рослини-господаря; листя втратило хлорофіл й перетворилося на лусочки.



Створіть просвітницький проект для учнів та учениць молодших класів «Цікаві приклади форм симбіозу організмів», «Хижі та паразитичні рослини».



1. Дайте означення поняття **симбіоз**.
2. Назвіть форми симбіозу.
3. Схарактеризуйте форми симбіозу.
4. Розкажіть про адаптацію організмів до певної форми симбіозу на самостійно обраних прикладах.

## § 10. Спряжені еволюція (коеволюція) та коадаптація



Дайте означення понять еволюція, природний добір, міжвидова боротьба, адаптація.

Форми взаємодії організмів різних видів в екосистемах є виявами міжвидової боротьби за існування. Вона досягає особливої інтенсивності у випадках, коли вдосконалення однієї групи організмів зумовлює необхідність удосконалення іншої, залежної групи. Отже, природний добір на більш високих рівнях організації біологічних систем може виявлятися у взаємному доборі залежних один від одного видів, про що у своїй праці «Походження видів шляхом природного добору...» говорив ще Ч. Р. Дарвін (рис. 40).

**Поняття спряженої еволюції, або коеволюції.** Подальші дослідження виникнення та становлення взаємозв'язків організмів в угрупованнях привели до виокремлення поняття «коеволюція», яке було застосоване екологами Паулем Ерліхом і Пітером Рейвеном 1964 року для опису координованого розвитку різних видів у складі однієї екосистеми. Як приклад коеволюції наводився опис взаємозв'язку рослини й гусениці. Рослина, захищаючись від поїдання, виробляє отруйні для гусениць речовини. Натомість певні види гусениць, зокрема гусениці метелика монарха, унаслідок еволюції набули нечутливості до рослинних отрут. Більш того, вони накопичують ці отрути у своєму тілі й самі стають неїстівними для птахів.

У сучасній біологічній науці для позначення механізму взаємозумовлених змін складників угруповання, що розвивається, використовують термін **спряжена еволюція, або коеволюція**.

Рис. 40. Рослина й комаха-запилювач – залежні один від одного види



Ч. Р. Дарвін описав дію взаємного добору особин рослини та її комахи-запилювача, за якого «... квітка і бджола поступово одночасно або послідовно змінюютимуться і пристосовуватимуться одна до одної найдосконаліше, шляхом безперервного збереження цих особин, які відзначаються у своїй будові незначними взаємно корисними ухиленнями».



Наведіть приклади взаємозв'язку двох різних видів організмів в угрупованнях.

**!** Спряжена еволюція (коеволюція) – це тип еволюції угруповання, що полягає у взаємодії великих груп організмів, які перебувають у тісному екологічному взаємозв'язку.

Коеволюційні взаємовідносини пов'язують будь-який вид організмів з видами – найближчими його партнерами в екосистемі, наприклад: види рослин з видами рослиноїдних тварин, які ними живляться; види хижих тварин з видами тварин, якими вони живляться; паразитів з їхніми хазяїнами; комах з комахозапильними рослинами тощо. Спряжена еволюція є важливою формою розвитку, тому що приводить до тривалого взаємного вдосконалення багатьох груп організмів. Результатом коеволюції є взаємні адаптації (коадаптації) двох видів, що забезпечують можливість їхнього спільногго існування та підвищення стійкості екосистеми як цілісної біологічної системи.

**!** Коадаптація – взаємна адаптація різних видів унаслідок спряженої еволюції (коеволюції).

Існування спряженої еволюції нині не викликає заперечень з огляду на накопичення великої кількості наукових фактів.

Явище спряженої еволюції можна проілюструвати прикладами коадаптації у парі видів хижак – жертва. У хижаків і тварин, якими вони живляться, виробилося захисне забарвлення, що робить їх непомітними на місцевості. У хижаків воно закріпилося завдяки тому, що вони могли непомітно підкрастися до здобичі, а в здобичі – унаслідок того, що жертва залишалася менш помітною для хижаків. Наприклад, комахи, ящірки, жаби, які ховаються між листям рослин, мають зелений або бурий колір, мешканці пустель – пісочний, а мешканці арктичних пустель – білий (рис. 41). У деяких тварин з'явилось забарвлення, утворене чергуванням світлих і темних смуг або плям, що робить їх менш помітними в чагарниках і густих заростях

Рис. 41. Захисне забарвлення тварин



Створіть просвітницький проект «Захисне забарвлення тварин нашої місцевості» для учнів молодших класів, використовуючи інтернет-джерела.

(тигри, молоді кабани, зебри, плямисті олені тощо). А деякі тварини здатні дуже швидко міняти забарвлення залежно від умов, зокрема хамелеони, восьминоги, камбала тощо.

Види отруйних комах часто мають яскраве застережливе забарвлення, яке слугує попередженням хижакам (оси, джмелі, сонечка, колорадські жуки тощо).

У деяких тварин виробилися адаптації, за яких форма тіла та його забарвлення роблять їх схожими на листя, сучки, гілки, кору, колючки рослин і навіть квітки. Часто маскування трапляється в комах, що живуть на рослинах (рис. 42).

Цікавою формою захисних адаптацій у тварин є **мімікрія**, за якої незахищені види імітують своїм забарвленням і формою тіла захищені види. Наприклад, цикади і цвіркуни нагадують великих мурах, дзорчалка схожа на отруйну осу, неотруйні змії схожі на отруйних (рис. 43).

Явище спряженої еволюції пояснюють адаптаціями, які виявляються у взаємному впливі рослин і фітофагів. Прикладом може слугувати співжиття мексиканської акації і мурашок, які селяться на її шпичках. Якщо усунути мурашок, то комахи-фітофаги (яких звичайно поїдають мурашки) знищать усе листя акації, без якого дерева гинуть. Важливою адаптацією в таких взаємовідносинах є також утворення рослинами токсинів, що захищають їх від виїдання фітофагами. Між рослинами також відоме явище мімікрії, наприклад, кропива глуха своїми листочками дуже сильно нагадує кропиву дводомну, яка захищена пекучими волосинками від фітофагів. Ця схожість може слугувати захистом і незахищенному виду.

Що давніша система хазяїн – паразит, то меншої шкоди завдає паразит своєму хазяїнові внаслідок коеволюції. Так, в екваторіальній Африці в антилоп

*Рис. 42. Маскування тварин: а – листохвостий гекон; б – метелик-листовидка; в – богомол звичайний; г – індійський квітковий богомол*



а



б



в



г

*Рис. 43. Мімікрія: а – кораловий аспід (отруйний) і королівська змія (неотруйна); б – двокрила комаха з роду дзорчалка та оса звичайна*



а



в



г



а



б



Підготуйте повідомлення про різновиди мімікрії, використовуючи інтернет-джерела.

з давніх часів паразитує одноклітинний паразит – трипаносома, не викликаючи помітного захворювання, проте коли трипаносома мухою цеце перенесеться до неспецифічного для неї хазяїна – людини, то викличе смертельне захворювання. Уважається, що еволюція паразитів спрямована на зменшення летальності своїх хазяїв від зараження, справжнім паразитам вигідно довго експлуатувати, а не вбивати їх. Інші коадаптації паразита та його хазяїна ми пояснимо в параграфі 14.

Незважаючи на уявний антагонізм подібних пар видів, у процесі коеволюції складаються такі взаємовідносини, за яких види-партнери стають певною мірою взаємно необхідними. Наприклад, хижаки, вибраковуючи з-поміж своїх жертв неповноцінних особин, стають важливими регуляторами їхньої чисельності. Природний добір в угрупованнях часто приводить до збереження ознак, сприятливих для популяцій і угруповань загалом, але не вигідних для окремих особин усередині популяцій. Зокрема, концепція коеволюції пояснює факти альтруїзму у тварин: турботу про нащадків, взаємодопомогу, співробітництво тощо (рис. 44).

Сучасна наука використовує термін «коеволюція» для позначення механізму взаємозумовлених змін складників цілісної системи, що розвивається. Згідно з принципом коеволюції, людство, для того, щоб забезпечити своє майбутнє, має не лише змінювати біосферу з урахуванням своїх потреб, але й само змінюватися, пристосовуючись до об'єктивних вимог природи. *«Ми так радикально змінили наше середовище, – стверджував американський учений, засновник кібернетики Норберт Вінер, – що тепер для того, щоб існувати в ньому, ми повинні змінити себе».* Саме коеволюційний перехід системи людина – біосфера до стану динамічно стійкої рівноваги вможливить існування людства на планеті, про що більш ґрунтовно йтиметься в наступних темах.

*Rис. 44. Альтруїстична поведінка тварин*



Альтруїзм – безкорисливе прагнення до діяльності на благо інших. Поняття альтруїзму ввів французький філософ і засновник соціології Огюст Конт.

Згідно з Контом, принцип альтруїзму звучить: «Живи для інших».

Слони підтримують хворих або поранених особин свого виду, допомагаючи їм дихати та йти. З'ясувалося, що слони здатні виявляти турботу про молодих особин та особин старшого покоління.



Наведіть приклади альтруїстичної поведінки інших тварин.



1. Дайте означення понять *спряжена еволюція (коеволюція)*, *коадаптація*.
2. Наведіть приклади та схарактеризуйте коадаптації організмів.
3. Обґрунтуйте положення про коеволюцію як основу функціонування стабільних екосистем.

## § 11. Способи терморегуляції організмів



Що таке терморегуляція?

Які особливості покриву тіла птахів і ссавців?

Поясніть значення потових залоз у терморегуляції.

Температура є важливим фактором середовища існування, адже вона істотно впливає на перебіг хімічних реакцій у клітинах. Тому організми мають способи адаптуватися до змін цього чинника.

**Терморегуляція рослинного організму.** Рослини здебільшого ведуть прикріплений спосіб життя, тому вони існують за тих температурних умов, які є в місцях їх зростання. У рослинному організмі утворюється мало метаболічної теплоти, що визначає обмеженість спектру способів терморегуляції.

**Морфологічна терморегуляція** спрямована на запобігання перегріву організму. Прикладами таких адаптацій є густе опушення листя (розсіює частину сонячних променів), глянсувата поверхня (сприяє їх відбиванню). У рослин, які мешкають в умовах жаркого клімату, адаптації спрямовані на зменшення площини листкової пластинки (рис. 45). У холодних умовах засобами запобігання втратам теплоти є особливі життєві форми, наприклад карликівій сланкі, які вможливлюють захист сніговим покривом узимку. Значна частина холодостійких рослин має темне забарвлення, що допомагає краще поглинати теплові промені.

До фізичної терморегуляції відносять транспірацію, яка є засобом виведення надлишку теплоти й запобігання опікам. За інтенсивної транспірації температура може знижуватися на 4–6 °С, а іноді навіть на 10–15 °С. Однак цей механізм терморегуляції ефективний лише в умовах достатнього забезпечення водою.

Рис. 45. Приклади морфологічної терморегуляції в рослин: а – кактус опунція; б – евкаліпт



а



б

У кактуса листя редуковане, має вигляд колючки, а в евкаліпта тонке листя розташоване ребром до сонячних променів.



Колючки в рослин – тверді, загострені на кінцях утвори, які є наслідком перетворення окремих органів або їхніх частин. Укажіть походження та функції колючок у троянди, барбарису, дикої груші, сосни. Чи всі вони є адаптацією до регуляції теплообміну?

Ці способи терморегуляції дозволяють рослинам виживати в екстремальних умовах. Більш істотне значення для рослин має фізіологічна **терморегуляція**. Прикладами таких адаптацій є накопичення в клітинах антифризів, листопад, відмирання надземних частин, зменшення кількості води в клітинах. Наприклад, під час сильних морозів надzemні органи дерев і чагарників промерзають, але зберігають життєздатність, бо в клітинах не утворюється кристалічного льоду. Це зумовлено накопиченням у клітинах цукрів (до 20–30 %), похідних вуглеводів, деяких амінокислот, гідрофільних білків, які знижують температуру замерзання води, – відбувається адаптація на молекулярному рівні.

**Терморегуляція тваринного організму.** Найважливіша особливість тварин – їхня рухливість, здатність переміщатися в просторі – створює нові адаптивні можливості, у тому числі й у терморегуляції. Тварини можуть активно вибирати місце мешкання зі сприятливішими умовами. Відносно високий ступінь метаболізму й робота м'язів зумовлює вивільнення великої кількості енергії, зокрема й теплової.

**Етологічні (поведінкові) адаптації** є ще одним дієвим способом терморегуляції, адже для багатьох тварин поведінка є єдиним і дуже ефективним засобом підтримання теплового балансу (рис. 46).

**Фізична терморегуляція** зумовлена особливостями будови організму, які спрямовані на збереження або розсіювання теплоти. Зокрема такими адаптаціями є забарвлення тіла й наявність теплоізоловальних покривів, різна форма частин тіла. Інтенсифікація метаболічних процесів у тварин забезпечена ускладненням будови кровоносної і дихальної систем, що вможливлює досконалу терморегуляцію.

**Хімічна терморегуляція** пов'язана із продукцією теплоти в численних хімічних реакціях. При цьому, виділеної енергії може вистачати для того,

Рис. 46. Приклади етологічних адаптацій у тварин



Пошук затінку – один зі способів охолодження: пташенята темного крячика використовують для цього тінь від дорослого альбатроса чорноногого.

Пінгвіни збираються в щільні групи, щоб зігрітися. Температура всередині групи може досягати +35 °C за температури навколошнього повітря –20 °C. Щоб усі перебували в рівних умовах, пінгвіни постійно переміщаються від центру до краю й назад.



Наведіть приклади етологічних адаптацій у тварин, спрямованих на регуляцію температури тіла.

щоб підтримувати температуру тіла значно вище температури довкілля. Відповідно до цього, виділяють різні типи терморегуляції.

На основі здатності до фізіологічно-біохімічної терморегуляції тварини поділяються на дві групи. **Пойкілотермні тварини** не зберігають постійного теплового балансу між теплоутворенням і тепловіддачею, унаслідок чого температура тіла істотно залежить від температури навколошнього середовища (рис. 47). **Гомойотермні тварини** зберігають постійний тепловий баланс і підтримують постійну високу температуру тіла (рис. 48).

**Особливості терморегуляції пойкілотермних і гомойотермних тварин.** Пойкілотермні тварини вирізняються більш низьким рівнем обміну речовин порівняно з гомойотермними, навіть за однакової температури тіла. Наприклад, за температури +37 °C пустельна ігуана споживає кисню в 7 разів менше, ніж гризуни такого самого розміру. Через знижений рівень обміну в пойкілотермних тварин виробляється мало власної теплоти, тому можливості хімічної терморегуляції в них невеликі. Із пониженням температури середовища всі процеси життєдіяльності дуже вповільнюються, і тварини впадають у заціпеніння. У такому неактивному стані їм властива висока холодостійкість, яка забезпечується біохімічними адаптаціями.

Основний спосіб регуляції температури тіла цих тварин – *етологічний* (активний пошук сприятливих мікрокліматичних умов, зміна місця мешкання тощо). Наприклад, червоноклопи збираються в пошуках тепла на ділянках, добре прогрітих сонцем. У спеку тварини ховаються в тінь або в нори. У пустелях ящірки та змії заповзають на рослини, щоб уникнути дотику до розпеченої поверхні піску. Суспільні комахи будують свої житла так, щоб температура добре регулювалася. Наприклад, мурашка рудий закриває на ніч вхідний отвір у своєму гнізді сосновими голками, унаслідок чого температура

Рис. 47. Пойкілотермні тварини



Слимак  
виноградний



Сонцевик  
павиче око

Рис. 48. Гомойотермні тварини



Кіт лісовий



Горлиця звичайна



Назвіть у зображеніх організмів адаптації, які забезпечують терморегуляцію.



Створіть просвітницький проект для учнів молодших класів: «Способи терморегуляції тварин», «Гомойотермні тварини моєї місцевості».

підтримується на рівні +23–29°C. Пойкілотермні тварини можуть підтримувати оптимальну температуру тіла за рахунок скорочення м'язів, зокрема, джмелі розігривають тіло м'язовими скороченнями – тремтінням – до +35°C.

Гомойотермні тварини мають високу здатність до біохімічної терморегуляції внаслідок інтенсивного обміну речовин і виробленню великої кількості теплоти. За низьких температур у їхньому організмі посилюються окиснювальні процеси, тому вони потребують великої кількості їжі або витрачають багато жирових запасів. Ефективне використання енергоресурсів забезпечується рядом фізіологічних пристосувань: без'ядерні еритроцити в ссавців, подвійне дихання в птахів тощо.

Одним з важливих чинників, що впливає на терморегуляцію, є розміри тіла. Кількість продукуваної теплоти є пропорційною об'єму організму, натомість тепловтрати – площі його поверхні. Свою чергою, об'єм пропорційний лінійним розмірам у третьому степені, а площа – у другому степені (*пригадайте з курсу математики формули площи та об'єму кулі або куба*). Відтак, менші організми мають більшу питому втрату теплоти, адже в них більше відношення площини до об'єму. Це має наслідком закономірність, установлену німецьким біологом Карлом Бергманом: у гомойотермних тварин одного виду або групи близьких видів розміри тіла більші в холодних частинах ареалу та менші – у теплих (рис. 49). Більша інтенсивність тепловіддачі може досягатися не лише зменшенням загальних розмірів, а й збільшенням відносних розмірів частин тіла, що виступають (лапи, вуха тощо). Тому серед споріднених видів ті, що мешкають у теплому кліматі, будуть мати більші відносні розміри таких частин тіла, порівняно з тими, що мешкають у холодних регіонах (рис. 50). Це правило було сформульоване Джоелем Асафом Аленом.

Рис. 49. Приклад вияву правила Бергмана



Пінгвін імператорський (34 кг)



Пінгвін галапагоський (2 кг)

Рис. 50. Приклад вияву правила Алена



Лисиця звичайна



Фенек – пустельна лисиця



1. Дайте означення поняття *терморегуляція*.
2. Назвіть способи терморегуляції організмів.
3. Чим зумовлений обмежений спектр способів терморегуляції в рослин?
4. Наведіть приклади адаптацій рослинних і тваринних організмів, які забезпечують терморегуляцію.
5. Порівняйте особливості терморегуляції пойкілотермних і гомойотермних тварин.
6. Поясніть біологічне та фізичне підґрунтя правил Алена та Бергмана.

## § 12. Основні середовища існування та адаптації до них організмів



Назвіть середовища існування організмів на нашій планеті.  
Чим різняться умови існування організмів у цих середовищах?

На нашій планеті мешкають дуже різноманітні організми. Вони населяють усі наявні середовища, які суттєво відрізняються за специфікою умов. Учені вважають, що життя виникло й поширилося спочатку у водному середовищі. Надалі організми опанували наземно-повітряне середовище, а згодом було утворено й заселено ґрунт (рис. 51). Самі організми також стали специфічним середовищем життя для симбіонтів.

**! Середовище існування** – частина природи, що безпосередньо оточує організми, забезпечує їхні потреби й чинить на них певний вплив.

Основними *абіотичними чинниками*, що впливають на організми в будь-якому середовищі, є освітленість, температура, вологість, хімічний склад, тиск, щільність. Найбільший вплив на існування організмів здійснюють лімітувальні чинники – ті, значення яких найближче до меж витривалості організмів.

**Наземно-повітряне середовище.** Наземно-повітряне середовище — найрізноманітніше за умовами існування. Йому властиві висока прозорість, низька щільність і різкі коливання температури та вологості. Прозорість середовища сприяє високій інтенсивності фотосинтезу і, як наслідок цього процесу, — високому вмісту кисню, що спричиняє підвищений обмін речовин. Це можливило виникнення гомойотермних організмів. Низька щільність повітря зумовила необхідність появи в організмів власної опорної системи. У тварин

Рис. 51. Середовища існування організмів на планеті: а — водне; б — наземно-повітряне; в — ґрунтове



а



б



в



Поміркуйте, яке із середовищ є найсприятливішим для існування організмів.  
Наведіть приклади адаптацій організмів до різних середовищ існування.

такою системою став твердий скелет, а також виникли спеціальні органи пепресування – кінцівки. Деякі тварини, зокрема комахи, птахи, ссавці, набули здатності до активного польоту. У рослин як адаптація до наземно-повітряного середовища виникли тканини та вегетативні органи – корінь і пагін (*пригадайте функції тканин рослинного організму*).

За відношенням до світла рослини поділяють на три екологічні групи. Перша група – *світлолюбні рослини*, які добре ростуть за умов інтенсивного сонячного освітлення (рис. 52). Це рослини відкритих, добре освітлених сонцем місць. Вони мають відносно товсті листки з добре розвинutoю фотосинтезувальною паренхімою й велику кількість продихів, сконцентрованих переважно на нижній стороні листка. До цих рослин належать дерева й чагарники (береза, акація, модрина, сосна) трав'янисті рослини степів, рослини напівпустель і пустель, а також водні рослини з розташованими над поверхнею води листками (латаття, лотос). Друга група рослин – *тіньовитривали*, пристосована до умов недостатньої освітленості. Поміж тіньовитривалих рослин є деревні форми (наприклад липа, граб, ялина тощо), що мають густу корону, темно-зелене листя. Трапляються й трав'янисті форми, наприклад копитняк, яглиця, підмаренник та інші рослини широколистяних лісів (рис. 53). *Тіньолюбні* рослини ростуть в умовах тривалого затемнення й не витримують інтенсивного освітлення (рис. 54). Це рослини нижніх ярусів лісу, водних глибин, скель і печер. Їхнє листя досить велике, темно-зелене з широкою і тонкою листковою пластинкою, що сприяє більшому поглинанню світла (квасениця, плаун, смерека).

Тварин за відношенням до світла можна поділити на *нічних* та *денних*. Для орієнтування в просторі нічні використовують переважно слух та нюх. Натомість денні тварини мають більш розвинений зір.

*Рис. 52. Світлолюбні рослини*



Сосна  
звичайна



Глечики  
жовті

*Рис. 54. Тіньолюбні рослини*



Квасениця  
звичайна



Плаун  
булавовидний

*Рис. 53. Тіньовитривали рослини*



Копитняк  
європейський



Ялина зелена



Підготуйте повідомлення про екологічні групи рослин своєї місцевості за відношенням до світла, використовуючи інтернет-джерела.

За відношенням до вологи рослини поділяють на три основні групи (рис. 55). **Водяні рослини** повністю або частково ростуть у воді (елодея, валіснерія, ряска, латаття, очерет, стрілиця). **Вологолюбні рослини** ростуть в умовах надмірної вологості – на луках, болотах, вологих ґрунтах (конюшина, осока, росичка, зозулин льон). **Посухостійкі рослини** ростуть у посушливих місцях, зокрема в пустелях, напівпустелях, степах. Ці рослини мають тонке листя, інколи воно може перетворюватися на колючки (кактуси) або здатне потовщуватись і накопичувати вологу (алое, молодило, очиток). Стебла можуть бути потовщеними, накопичувати вологу й виконувати фотосинтетичну функцію (кактуси). Їхня коренева система добре розвинена. Деякі рослини займають проміжну нішу між вологолюбними та посухостійкими.

За відношенням до вологості повітря тварин поділяють на три групи.

**Вологолюбні тварини** живуть у сиріх вологих місцях – під камінням, біля водойм, на болотах (мокриці, амфібії). Друга група – **сухолюбні** – живуть у посушливих місцях, пустелях, напівпустелях (пустельні комахи, павукоподібні, рептилії). Покриви тіла таких тварин (рогова луска, кутикула) дозволяють утримувати воду в організмі. Ці тварини активні переважно вночі, коли температура повітря зменшується. До **посухостійких** відносять переважну більшість тварин (рис. 56).

За відношенням до температури розрізняють **холодостійкі** та **теплолюбні** види. Активна життєдіяльність організмів можлива в температурному діапазоні приблизно від 0 °С до + 50 °С. **Холодостійкими** є види, для існування яких оптимальною є низька температура. До них відносять лишайники, мохи, деякі види бактерій, членистоногих, птахів, ссавців тощо. Для запобігання утворенню кристалів льоду всередині клітин такі організми здатні синтезувати та накопичувати спеціалізовані речовини-антифрізи. Прикладами анатомічних

Рис. 55. Групи рослин за відношенням до вологи: а – водяні; б – вологолюбні; в – посухостійкі



Латаття  
біле



Конюшина  
лучна



Очиток  
їдкий

Рис. 56. Групи тварин за відношенням до вологості повітря: а – вологолюбні; б – сухолюбні; в – посухостійкі



Квакша  
звичайна



Гадюка  
персидська  
рогата



Мураха  
рудий  
лісовий



Порівняйте адаптації мохів, папоротей, голонасінних і покритонасінних рослин до наземно-повітряного середовища існування.

Порівняйте адаптації членистоногих, амфібій, рептилій, птахів і ссавців до наземно-повітряного середовища існування.

адаптацій у рослин є низька висота стебла, а в тварин – наявність жирового прошарку, який сприяє збереженню тепла. Інший шлях адаптацій – тимчасове припинення активного стану (криптобіоз). *Теплолюбні* – це види, для існування яких оптимальними є високі температури, зокрема деякі бактерії, ціанобактерії, рослини та членистоногі, які мешкають у теплих джерелах (гейзерах) і на поверхні ґрунтів, що прогріваються.

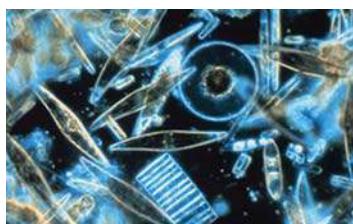
**Водне середовище.** Йому властиві висока щільність і густина, істотні перепади тиску, певний склад солей і відносно низький уміст кисню тощо. Мешканців водойм називають *гідробіонтами* й поділяють на декілька еколо-гічних груп.

**Планктон** утворюють організми, які не здатні протистояти течіям. У них виникла низка адаптацій, що підвищують їхню плавучість і перешкоджають осіданню на дно: загальне збільшення відносної поверхні тіла за рахунок зменшення розмірів, накопичення в тілі жирів, бульбашок газу тощо. Такими організмами є бактерії, водорості, радолярії, форамініфери, личинки кісткових риб, медузи, дрібні ракоподібні тощо (рис. 57).

**Нектон** – це організми, які активно рухаються й не залежать від течії. Вони мають обтічну форму тіла, що часто вкрите слизом чи лускою. Ці організми мають розвинену мускулатуру й використовують різні способи руху, у деяких організмів руху є плавці або ласти. До нектону відносять більшість видів риб, головоногих молюсків, китоподібних (рис. 58).

**Перифітон** утворюють організми, які оселяються на різних субстратах товщі води й покривають поверхні гідроспоруд, кораблів тощо. До цієї групи відносять деякі види ракоподібних і риб, черевоногих і двостулкових молюсків, водорості, губки тощо (рис. 59).

Рис. 57. Планктонні організми



Діатомові водорості

Рис. 59. Перифітонні організми



Рис. 58. Нектонні організми



Дельфін чорноморський



В акваторії площею  $5 \times 106 \text{ м}^2$  відкритого океану протягом року розвивається 30 т фіто- і зоопланктону. Чи достатньо цього об'єму для існування одного кита-горбача, який є споживачем планктону, ураховуючи, що приріст його маси за цей самий час дорівнював 3 т? *Примітка.* На наступний трофічний рівень переходить лише 10 % маси.

Мешканці межі водного і наземно-повітряного середовища, які населяють поверхню плівки води (наприклад клопи-водомірки) утворюють **нейстон** (рис. 60).

**Бентос** — це організми, прикріплені до дна водойми, занурені в субстрат дна або ж які переміщуються по ньому; водорості, губки, кільчасті черви, двостулкові молюски, ракоподібні (рис. 61).

Уміст кисню у воді менший, ніж в атмосфері. Концентрація кисню залежить від глибини водойми — що глибше, то вона нижча, та від температури й солоності води — із їх підвищенням концентрація кисню зменшується. Температурний режим водойм досить сталий. Це пов'язано з фізичними властивостями води (висока питома теплоємність). Найбільші коливання температури спостерігаються у поверхневих шарах.

Світла у воді значно менше, ніж у повітрі. Освітленість зменшується в напрямку збільшення глибини, що істотно впливає на інтенсивність фотосинтезу рослин. Так, водорості мешкають не глибше за 250 метрів. Адаптацією до зростання на глибині є різне забарвлення талому, зумовлене складом хлорофілів та інших фотосинтетичних пігментів. Червоні водорості містять філокобіліни, які поглинають сині та фіолетові промені (*пригадайте, яка особливість поширення червоних водоростей із цим пов'язана*), а бурі водорості — ксантофіли (рис. 62). На глибину 1500 метрів світло взагалі не проникає. Такі умови освітленості значно обмежують можливості зорової орієнтації гідробіонтів. Глибоководні організми здатні до вироблення світла за рахунок окиснення — таке явище називають **біолюмінесценцією** (*назвіть організми, які мають таку здатність*). Орієнтація на звук розвинена в гідробіонтів загалом краще, ніж зорова. Деякі тварини орієнтуються за допомогою **ехолокації** — сприйняття відбитих звукових хвиль (китоподібні).

Рис. 60. Нейстонні організми



Клопи-водомірки

Рис. 62. Бура водорість



Макроцистіс

Рис. 61. Бентосні організми



Голкошкірі



Ч. Р. Дарвін у праці «Подорожнатаураліста навколо світу на кораблі «Бігль»» так описував значення бурої водорості макроцистіс: «Ці величезні підводні ліси південної півкулі я можу порівняти лише з наземними лісами тропічних областей». Поясніть адаптації буріх водоростей, що дозволили їм стати однією з панівних груп океанів й морів.

**Грунт як середовище існування.** Грунт – це верхній родючий шар літосфери, що складається з материнської породи та гумусу й контактує з повітряним середовищем. Це більш стабільне середовище існування, ніж наземно-повітряне. Грунт має систему порожнин, які заповнені сумішшю газів і водними розчинами. Вологість у ґрунті завжди вища, ніж у наземно-повітряному середовищі. У глибині коливання температури є менш вираженими, тому деякі наземні організми можуть переживати в ньому холодну пору року.

Грунт містить значну частину поживних сполук, що є результатом розкладання редуцентами органічної речовини мертвих організмів та відходів життєдіяльності. Склад ґрунту має важливе значення для існування на ньому рослин, підземні частини яких поглинають необхідні сполуки і виконують функцію закріпллення. Кореневі системи рослин симбіотично взаємодіють із грибами, формуючи мікоризу. На поверхні ґрунту живуть водорості, гриби, лишайники, ціанобактерії, одноклітинні організми. У товщі ґрунту живуть як хемосинтезувальні бактерії, так і гетеротрофи. Поміж тварин у ґрунті мешкають види різних груп, зокрема деякі комахи, круглі черви, кільчасті черви, членистоногі, хребетні. Деякі організми проводять у ґрунті лише частину життєвого циклу (наприклад личинки певних комах). У зв'язку з великою щільністю середовища в багатьох тварин розвинулися певні адаптації до пересування в ґрунті, зокрема риючі кінцівки, червоподібний рух, укрита слизом шкіра (рис. 63).

У цьому параграфі йшлося про адаптації організмів до наземно-повітряного, водного та ґрутового середовищ існування, а про особливості організму як середовища мешкання та пов'язані з цим пристосування дізнаємося з наступного параграфа.

Рис. 63. Адаптації до пересування в ґрунті



Дощовий черв'як



Вовчок звичайний



Кріт європейський



Порівняйте адаптації зображених груп організмів до ґрутового середовища існування.



Створіть просвітницькі проекти для учнів молодших класів, використовуючи інтернет-джерела: «Мешканці ґрутового середовища нашого регіону», «Біологічне значення дощових черв'яків».



1. Дайте означення поняття середовище існування.
2. Перелічіть існуючі на планеті середовища існування.
3. Наведіть приклади організмів поміж різних груп, що пристосувалися до наземно-повітряного, водного та ґрутового середовища існування. Поясніть адаптації цих організмів до певного середовища існування.
4. Оцініть ступінь адаптації певного організму до середовища існування, у якому він мешкає (на 3–4 прикладах).

## § 13. Організм як середовище існування. Взаємовигідне співіснування організмів



Пригадайте типи взаємодій між популяціями в екосистемі.  
Що таке симбіоз?

Організми одних видів можуть використовувати в якості середовища існування організми інших видів. У такому середовищі біотичним екологічним факторам належить істотно більша роль, ніж в інших типах середовищ. В організмах як хазяїна, так і квартиранта розвиваються численні адаптації до впливів одне на одного, що є одним із прикладів коеволюції. Заселеними можуть бути як поверхні тіла організмів, так і їх внутрішні порожнини. У якості квартирантів можуть виступати прокаріоти, одноклітинні еукаріоти або ж багатоклітинні організми різних груп. Симбіонти можуть траплятися навіть в одноклітинних організмів. Такі взаємодії можуть належати до всіх розглянутих раніше (§ 9) типів, але зважаючи на щільність зв'язків між організмами, частіше трапляються випадки мутуалізму, протокооперації та паразитизму (§ 14).

**Взаємовигідні взаємодії організмів хазяїна та симбіонта.** Один із прикладів мутуалізму ми наводили раніше – це мешкання мікроскопічних водоростей у тканинах тридакни. Таке явище не є унікальним, відомо багато тварин, що мають у своїх тканинах фотосинтезувальні клітини інших видів (рис. 64). У так званих «зелених» гідр (*Hydra viridissima*) в клітинах ентодерми живуть водорості роду *Chlorella*. На світлі такі гідри можуть понад чотири місяці обходитися без їжі, а без симбіонтів і годування гинуть за два місяці.

Рис. 64. Симбіоз тваринних організмів із фотосинтезувальними організмами



Зелена гідра



Коралові поліпи



Схарактеризуйте значення симбіонтів наведених організмів. Оцінка кольорової гами коралу є одним із простих, але ефективних способів визначення його життєздатності. Поясніть, як колір пов'язаний з функціонуванням цього організму.



За допомогою джерел додаткової інформації наведіть інші приклади симбіонтів поміж бактерій, одноклітинних прокаріотів, багатоклітинних організмів.

Зоохлорели проникають у яйцеклітини і в такий спосіб передаються по-томуству. Щікаво, що гідри інших видів не вдається «заразити» хлорелою навіть у лабораторних умовах. Це вказує на наявність специфічних адаптацій, що вможливлюють такий симбіоз. Яскраве забарвлення коралових рифів також зумовлене наявністю симбіотичних водоростей. У разі їх загибелі тіло корала стає сірим, а через нестачу поживних сполук він гине. Водорості можуть оселятися і на наземних організмах. Найбільш відомим прикладом є мешкання їх на шерсті лінівців (рис. 65). Звісно, ці ссавці не використовують продукти фотосинтезу, але зелений відтінок забарвлення допомагає їхньому маскуванню.

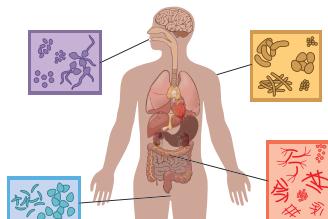
Частіше за водоростей у якості симбіонтів виступають бактерії. Раніше ми пригадували бульбочкові бактерії в рослин. Нормальна мікрофлора має важливе значення для функціонування організму хазяїна (рис. 66). Заселяючи доступні ділянки, вона запобігає розвитку патогенних. Бактерії можуть синтезувати корисні для хазяїна сполуки. Кишкова паличка в людини утворює вітамін К. Іншим відомим прикладом є бактеріальні симбіонти джгутикових одноклітинних, що мешкають у травному тракті рослиноїдних тварин, уможливлюючи перетравлення ними целюлози (терміти, жуйні ссавці). Дисбаланс видового складу кишкової мікрофлори може супроводжуватися порушенням здоров'я та розвитком хвороб. Дослідження взаємодії мікробіому та функціонування організму хазяїна є актуальним напрямом сучасних біомедичних досліджень.

**Ендосимбіоз.** Оселення прокаріотичної клітини всередині іншої – **ендосимбіоз** – мало важливе значення в процесі еволюції. Відповідно до сучасних уявлень, саме так виникли важливі клітинні складники – мітохондрії та пластиди. Імовірно, спочатку це був симбіоз автономних організмів, проте в процесі розвитку частина генів симбіонтів перемістилася до ядерного геному, що зробило таке співіснування облігатним (обов'язковим).

Rис. 65. Лінівець



Rис. 66. Мікробні симбіонти організму людини



За наявними оцінками, в організмі людини мешкає  $4 \times 10^{13}$  бактерій, тоді як число власних клітин становить  $3 \times 10^{13}$ .



1. Назвіть частини нашого організму, що можуть бути заселеними бактеріями.
2. Одним з потенційних шляхів порушення функціонування мікрофлори є надмірне використання антибіотиків. Схарактеризуйте шкоду цього чинника.



1. Схарактеризуйте організм як особливе середовище існування.
2. Назвіть групи організмів, для яких інший організм може бути середовищем існування.
3. Наведіть приклади мутуалістичних взаємовідносин у разі існування одного організму всередині іншого.
4. Що таке ендосимбіоз?
5. Підготуйте презентацію «Сучасні погляди на виникнення еукаріотичної клітини».

## § 14. Поширення паразитизму поміж різних груп організмів



**Що таке паразитичні організми?**

**Назвіть приклади паразитичних організмів.**

У попередньому параграфі ми навели приклади переважно взаємовигідних взаємодій організму хазяїна та симбіонта.

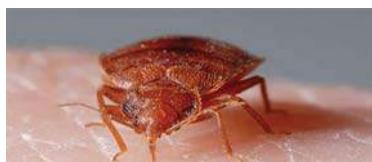
**Поняття паразитизму.** Проте часто буває і протилежне – коли співмешканець використовує хазяїна в якості джерела поживних речовин. Такі організми називаються паразитами.

❗ **Паразитизм** – форма симбіозу організмів різних видів, з яких один (паразит) використовує іншого (хазяїна) як середовище мешкання та джерело живлення, покладаючи на нього (частково або повністю) регуляцію відносин з навколошнім середовищем.

Паразитичний спосіб існування можуть вести організми всіх груп – прокаріоти, одноклітинні еукаріоти, рослини, тварини, гриби. Залежно від локалізації виділяють ект- та ендопаразитів. **Ектопаразити** – паразити, що живуть на поверхні тіла хазяїна (рис. 67). Паразитичні організми, що живуть усередині тіла хазяїна, називають **ендопаразитами** (рис. 68). Відоме також явище **суперпаразитизму**, за якого хазяїн певного паразита є, у свою чергу, паразитом іншого хазяїна.

Залежно від часу паразитування паразитів поділяють на тимчасових та стаціонарних. Тимчасові – це паразити, які живуть і розмножуються в навколошніому середовищі, а хазяїна використовують лише для живлення (наприклад, комарі, кліщі, блохи). Стационарними називають паразитів, які живуть

*Рис. 67. Ектопаразити*



Клоп постільний

*Рис. 68. Ендопаразити.*



Трипаносома в зразку крові людини.  
Еритроцити – рожевий колір; трипаносоми – бузковий колір



П'явка медична



Лямблії.  
Мікрофотографія



Підготуйте повідомлення про вплив зображених паразитичних організмів на організм хазяїна, використовуючи наукову літературу й інтернет-джерела.

Складіть перелік заходів запобігання зараженню зображеними паразитичними організмами.

і розмножуються всередині або зовні організму хазяїна тривалий час, іноді впродовж цілого життя. Цих паразитів поділяють на *постійних*, у яких усі стадії розвитку відбуваються в межах організму одного хазяїна (наприклад воші, коростяні кліщі), і на *періодичних*, для проходження повного циклу розвитку яких необхідні також проміжні хазяїни (наприклад свинячий і бичачий ціп'яки).

Розрізняють також паразитів облігативних і факультативних. *Облігатні* паразити не здатні жити й розмножуватися без живлення поза організмом хазяїна (наприклад аскариди, гострики, солітери). *Факультативні* паразити здатні самостійно жити й розмножуватися без живлення тканинами та соками хазяїна (наприклад амеба дизентерійна).

**Поширення паразитизму поміж різних груп організмів.** Паразитизм поширений у всіх групах організмів – бактеріях, рослинах, грибах і тваринах. Можна помітити пряму залежність кількості видів-паразитів у кожній із цих груп організмів від щабля еволюційного розвитку, на якому ця група перебуває.

Поміж рослин можна виділити напівпаразитичні організми, які містять хлорофіл і здатні синтезувати органічні речовини за рахунок світлої енергії, зокрема омела. Інші рослини-паразити не містять хлорофілу, тому живляться лише за рахунок рослини-хазяїна, зокрема повитиця (рис. 69).

Багато паразитичних форм є поміж грибів. Це різні види сажкових, іржастих, борошнисторосяних грибів, які викликають захворювання (рис. 70). Поміж шапинкових грибів усім відомий трутовик, що паразитує на стовбурах дерев. Захворювання людини, спричинені патологічними для неї грибами, називають *мікозами*. Значного поширення набули такі грибкові захворювання, як дерматофітій та кандидоз (молочниця).

Багато видів бактерій формують паразитичні відносини з рослинними, тваринними та грибними організмами. У цих випадках їх класифікують як патогени

Рис. 69. Паразитичні рослини



Омела



Повитиця

Рис. 70. Захворювання рослин, спричинені паразитичними грибами



Плодова гниль яблуні



Борошниста роса полуниці



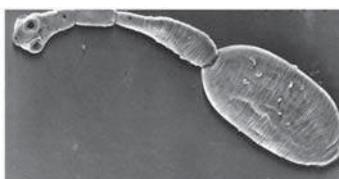
Створіть просвітницькі проекти для учнів та учениць 6 класу: «Паразитичні рослини України», «Захворювання рослин, спричинені паразитичними грибами», «Мікози людини».

(збудники), або хвороботворні бактерії. Вони спричиняють різні інфекційні захворювання. Зокрема, у рослин унаслідок впливу хвороботворних бактерій виникають бактеріальні опіки, гнилі та рак. У тварин бактеріальне походження мають такі захворювання, як сибірка, бруцельоз і чума, а в людини – туберкульоз, дифтерія, черевний тиф, правець, холера, чума, ботулізм тощо.

Багато паразитичних видів тварин є поміж плоских, круглих і кільчастих червів, молюсків, членистоногих (*пригадайте види, з якими ви ознайомилися під час вивчення тварин*).

**Адаптації паразитів до мешкання в організмі хазяїна.** Існування паразитів у специфічному середовищі зумовлює деякі особливості їхньої будови, фізіології та розмноження. У червів, що перейшли до паразитичного способу життя, відбулося збільшення розмірів тіла порівняно з вільноживучими видами (наприклад бичачий ціп'як, стъожак широкий, нематоди тощо). До адаптацій можна віднести розвиток органів прикріплення – присосок, гачків, шипів (рис. 71). У складнюються та спеціалізуються ротові апарати в кровосисних комах (рис. 72). У рослин-паразитів виникли гаусторії – видозміна коренів, які забезпечують живлення та прикріплення до субстрату. Через те, що чинники зовнішнього середовища впливають на паразитів переважно через організм хазяїна, розвиваються регресивні адаптації. До них можна зарахувати спрошення або повну втрату певних органів чи їхніх систем (травної, кровоносної, нервової, органів чуття). Паразитичні організми мають високу плодючість: продукують від сотні тисяч до мільйонів яєць, цист і спор. Поміж них поширений гермафрідитизм (*пригадайте означення цього явища*), що значно підвищує здатність їх до репродукції. Багатьом паразитам властиві складні життєві цикли, які дають їм змогу поширюватися через навколоишне середовище або проміжних і додаткових хазяїнів. Прикладом може слугувати печінковий сисун – паразит рогатої худоби, який іноді вражає й людину.

*Рис. 71. Органи прикріплення паразитичних червів*



Ехінокок



Ціп'як свинячий

*Рис. 72. Ротові апарати кровосисних комах*



Гедзь.  
Ріжучо-сисний



Блоха.  
Колючо-сисний



Поміркуйте, від чого залежить наявність або відсутність органів прикріплення в паразитів.



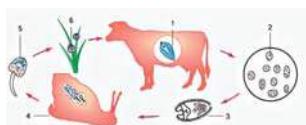
Обґрунтуйте значення диференціації ротових апаратів у комах залежно від типу живлення.

Кожен сисун продукує безліч яєць, що виводяться назовні. У воді з яйця виходить війчаста личинка, яка проникає в проміжного хазяїна – Ставковика малого. У ставковику змінюються й розмножуються нестатевим способом два личинкові покоління паразита. Третє покоління – хвостаті личинки – виходять у воду, прикріплюються до рослин і вкриваються оболонкою. Відтак їх ковтає худоба, споживаючи рослини. Личинка проникає в печінку й розвивається в дорослого паразита (рис. 73).

**Відповідь організму хазяїна на оселення паразитів.** Відповідь організму хазяїна спрямована на пригнічення життедіяльності паразита та остаточне його знищенння. Виділяють *клітинну реакцію* як адаптаційний механізм організму хазяїна, що виявляється в збільшенні розмірів клітин, які містять паразитів. Створення навколо паразита сполучнотканинної капсули, що ізолює його, називають *тканинною реакцією*. *Імунологічна реакція* полягає у створенні в організмі хазяїна антитіл у відповідь на антигени, що їх виробляє паразит.

Існують чинники, що зумовлюють різні ступені адаптації організму хазяїна до паразита. Поміж них варто зазначити негативні, як-от: вік, характер харчування, порушення ендокринної регуляції, хронічні захворювання тощо. Деякі чинники є спадковими. Наприклад, люди із генетичним захворюванням серповидно-клітинною анемією мають підвищену стійкість до малярії. Річ у тім, що еритроцити патологічної форми, заражені плазмодієм, активніше знищуються клітинами імунної системи. Через це життєвий цикл паразита переривається. Захворювання є аутосомно-рецесивним (рис. 74). Що більше у крові видозмінених еритроцитів, тим більшою є стійкість до малярії. Частота поширення серповидно-клітинної анемії є істотно вищою в тих регіонах світу, де малярія є ендемічним захворюванням, що можна розглядати як адаптацію на популяційно-видовому рівні. Причиною цього явища є природний добір, що діє в напрямку збереження ознак стійкості до малярії.

*Rис. 73. Життєвий цикл Сисуна печінкового*



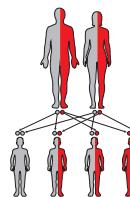
- дорослий паразит в організмі корови
- яйця сисуна у зовнішньому середовищі (у воді)
- вільноплаваюча личинка
- личинкові стадії в організмі молюска (малого ставковика)
- личинкова стадія у воді
- личинка, що прикріпилася до травинки

 Назвіть основного та проміжного хазяїнів Сисуна печінкового. Обґрунтуйте наявність складного життєвого циклу як адаптацію паразитичних червів.



1. Дайте означення поняття *паразитизм*.
2. Перелічіть існуючі форми паразитизму.
3. Наведіть приклади організмів поміж різних груп, що пристосувалися до паразитичного способу життя.
4. Оцініть ступінь адаптації організмів до паразитичного способу життя (на 3–4 прикладах).
5. Опишіть адаптації організмів хазяїна на оселення паразитів.

*Rис. 74. Успадкування серповидно-клітинної анемії*



■ Людина не має захворювання, в генотипі обидва алелі домінантні

■ Людина не має захворювання, в генотипі присутній мутантний алель

■ Людина має захворювання, в генотипі обидва алелі мутантні

Яка частка (%) дітей цього подружжя має підвищену стійкість до малярії?



У подружжя батько хворіє на серповидно-клітинну анемію. У генотипі матері відсутній мутантний алель. Яка частка (%) дітей цього подружжя має підвищену стійкість до малярії?

## § 15. Адаптивні біологічні ритми біологічних систем



Назвіть рівні організації живого.

Наведіть приклади періодичних змін екологічних чинників, які впливають на біологічну систему.

Екологічні чинники часто впливають на біологічні системи ритмічно. Це спричиняє формування на різних рівнях організації живого адаптивних біологічних ритмів.

**! Біологічні ритми** – циклічні коливання інтенсивності та характеру процесів життєдіяльності, в основі яких лежать кількісні та якісні зміни метаболізму біологічних систем.

**Типи адаптивних біологічних ритмів.** За чинниками біологічні ритми поділяють на зовнішні та внутрішні. *Зовнішні біологічні ритми* пов'язані з циклічними змінами в навколошньому середовищі. До них належать добові, припливно-відпливні, сезонні, річні та багаторічні ритми.

**Добові ритми** зумовлені обертанням Землі навколо своєї осі. Двічі на добу змінюється освітленість, що зумовлює коливання абіотичних чинників (температури, вологості тощо), які впливають на активність організмів. У рослин зміни освітленості викликають періодичність процесів фотосинтезу, транспирації, закриття та відкриття квіток тощо (рис. 75). Зміна дня і ночі впливає на різні функції організмів тварин: рухову активність, інтенсивність процесів обміну речовин тощо (рис. 76). У людини найважливіший добовий ритм – чергування сну і неспання. Загалом виявлено понад 300 фізіологічних функцій, які залежать від добової періодичності.

Рис. 75. Приклади добових ритмів у рослин



Кульбаба – рослина, що відкриває квітки вдень. Матіоля відкриває квітки вночі.

Рис. 76. Приклади тварин із різними добовими ритмами



Скопа – денний птах.

Пугач – нічний птах.



Поміркуйте, яке адаптивне значення для рослин має те, що різні рослини розкривають свої квітки в різний час доби? Чи може слугувати прикладом зменшення конкуренції між тваринами розподіл їх на групи залежно від способу життя (денні та нічні)?

**Припливно-відпливні ритми** зумовлені обертанням Місяця навколо Землі. Добре виражені в організмів, що мешкають у прибережній зоні відкритих морів і океанів. Протягом місячної доби (24 години 50 хвилин) відбувається по два припливи й відпливи, що спонукає організми пристосуватися до таких періодичних змін умов існування (зміна забарвлення, розмноження, укриття в скованках) (рис. 77).

**Сезонні ритми** зумовлені обертанням Землі навколо Сонця. Відтак виникають сезонні явища. Зі зміною сезонів пов'язані важливі життєві функції організмів: анабіоз, линяння, міграції, розмноження, розвиток, листопад тощо (рис. 78). Можливі впливи сезонних ритмів навіть на будову організмів (у поперлиць, дафній – розміри тіла, будова окремих частин).

**Річні та багаторічні ритми** пов'язані з змінами сонячної активності та інших чинників протягом кількох років. Ці ритми виражені не так чітко, як сезонні. Прикладом багаторічних циклів є масові розмноження перелітної сарани й деяких інших тварин (рис. 79).

**Внутрішні біологічні ритми** зумовлені життєдіяльністю організмів (ритм дихання, серцевий цикл, травлення, виділення). Існування періодичних змін довкілля зумовлює виникнення адаптивних біологічних ритмів у живих істот. З ними пов'язане явище «біологічного годинника» – здатності організмів реагувати на плин часу. Воно дає змогу узгоджувати фізіологічні ритми організмів зі змінами навколошнього середовища. Зміни освітлення, температури, вологості можуть корегувати біологічний годинник.

**Фотoperіодизм, його біологічна роль.** Одним із провідних чинників, які впливають на біологічні ритми, є фотoperіод – тривалість світлого періоду доби.

❗ **Фотoperіодизм** – фізіологічна реакція організмів на співвідношення між довжиною дня і ночі.

Рис. 77. Приклад припливно-відпливних ритмів



Зміна забарвлення у ваблячого краба.

Рис. 79. Приклад багаторічного ритму



Масове розмноження Сарани перелітної.

Рис. 78. Приклад сезонних ритмів



Переліт птахів до місць зимівлі.



Наведіть приклади різних типів біологічних ритмів тварин і рослин вашої місцевості, використовуючи інтернет-джерела.

Фотoperіодизм властивий різним організмам, але найбільш чітко виражений у видів, які живуть в умовах різких сезонних змін умов навколошнього середовища. Найбільшою мірою фотoperіодизм властивий зеленим рослинам, життєдіяльність яких безпосередньо залежить від світлової енергії Сонця.

Фотoperіодизм у рослин виявляється в зміні процесів росту та розвитку. Унаслідок цих змін у клітинах рослин утворюються біологічно активні речовини (фітогормони), які впливають на різноманітні процеси життєдіяльності (цвітіння, листопад, проростання насіння, бульб, цибулин тощо). Залежно від реакції на довжину світлого періоду доби розрізняють рослини довгого (рис. 80) та короткого дня (рис. 81). Рослини короткого дня здебільшого зростають у приекваторіальних областях, довгого – у помірних широтах і полярних областях. Фотoperіодизм чіткіше виражений у рослин короткого дня. Він відіграє роль у географічному поширенні рослин і в регуляції їхнього сезонного ритму.

У тварин фотoperіодизм контролює настання й припинення парувального періоду, плодючість, линяння, міграції, перехід до зимівлі тощо. А фотoperіодичні реакції регулюються нервовою й ендокринною системами. За відношенням до світла тварин поділяють на групи залежно від їхнього способу життя: денні та нічні. У людини фотoperіодизм виражається переважно в коливаннях інтенсивності обміну речовин і енергії.

**Шляхи пристосування організмів до періодичних змін умов середовища мешкання.** Різні організми пристосовуються до однакових умов мешкання по-різному. Розрізняють активні, пасивні пристосування й уникання несприятливих умов. Під час активних пристосувань організми можуть регулювати власні процеси життєдіяльності залежно від змін умов навколошнього середовища. Це підвищує стійкість до несприятливих змін умов, які не впливатимуть на проходження фізіологічних процесів (наприклад, температура тіла птахів і

Рис. 80. Рослини довгого дня



Капуста білоголова



Цибуля городня

Рис. 81. Рослини короткого дня



Гарбуз звичайний



Баклажан



Ред'ка посівна



Кріп городній



Перець овочевий



Квасоля звичайна



Поясніть роль фотoperіодизму в географічному поширенні рослин.

ссавців залишається постійною навіть за сильних морозів, а пустельні членистоногі підтримують відносно стабільний уміст води в тілі за умов значної посухи).

Під час пасивних пристосувань в організмів усі процеси життєдіяльності підпорядковані змінам у навколошньому середовищі. Так, за зниження температури повітря в пойкілотермних тварин знижується інтенсивність процесів обміну речовин, вони впадають у стан заціпеніння. Деякі гоміотермні тварини (їжаки, бурі ведмеді) впадають у зимову сплячку (рис. 82). Листопадні рослини взимку припиняють фотосинтез, ріст і розвиток.

Щоб уникнути несприятливих умов, тварини переміщаються в інші місця (міграції та кочівлі деяких комах, риб, птахів, ссавців тощо) або найвразливіші фази розвитку завершують у найсприятливіші періоди, а на несприятливі періоди припадають фази спокою (наприклад фази яйця або лялечки в комах).

**Внутрішній механізм формування добової ритміки.** На циркадні ритми впливають не лише зовнішні чинники (світло), а й перебіг внутрішніх процесів, зокрема зміна активності певних генів. Ключова роль у цьому належить гену *per* (*period*), продукт якого – білок PER – діє як транскрипційний фактор, гальмуєчи власну активність. Синтезований білок за деякий час піддається руйнуванню, унаслідок чого гальмування зменшується, а синтез відновлюється. У такий спосіб у клітині формується цикличне коливання PER. У людини ген *per* найбільш активний у клітинах гіпоталамуса, які регулюють утворення гормону мелатоніну, який своєю чергою впливає на рівень активності різних тканин організму. На цей процес може впливати рівень освітлення, так відбувається підлаштування циклу активності генів під тривалість доби. Проте описана ритмічність встановлюється і без змін освітлення або інших зовнішніх чинників. Відтак добова ритміка впливає на перебіг фізіологічних функцій, працевдатність і самопочуття (рис. 83).

Rис. 82. Тварини, які впадають у зимову сплячку



Rис. 83. Ритмічні зміни деяких фізіологічних параметрів протягом доби в людини



1. Дайте означення понять **біологічні ритми, фотoperіодизм**.
2. Перелічіть типи адаптивних біологічних ритмів.
3. Схарактеризуйте типи біологічних ритмів.
4. Висловіть судження щодо адаптивного значення фотоперіодизму.
5. Схарактеризуйте шляхи пристосування організмів до періодичних змін умов середовища мешкання.
6. За відкриття молекулярно-біологічних основ формування добових ритмів було присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології або медицини 2017 року. Користуючись додатковими джерелами, підготуйте повідомлення про «гени сну».

## Практична робота.

### **Визначення ознак адаптованості різних організмів до середовища існування**

**Мета:** визначити ознаки адаптованості різних видів організмів до водного, наземного й ґрунтового середовища існування

1. Розгляньте зображення представників видів організмів. Розподіліть їх на групи відповідно до середовища існування.
2. Складіть план опису ознак адаптованості організмів до середовища існування (зверніть увагу на форму й особливості покриву тіла, особливості будови кінцівок тощо).
3. Опишіть ознаки адаптованості різних організмів до певного середовища існування.



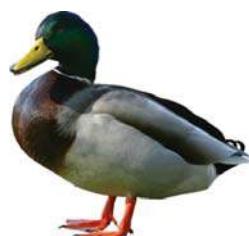
Горобець хатній



Фукус  
пухирчастий



Жаба сіра



Качка  
дика



Сосна звичайна



Афаліна  
звичайна



Вовчок  
звичайний



Стрілиця  
звичайна



Верблюд  
двогорбий



Краб  
трав'яний



Муха  
хатня



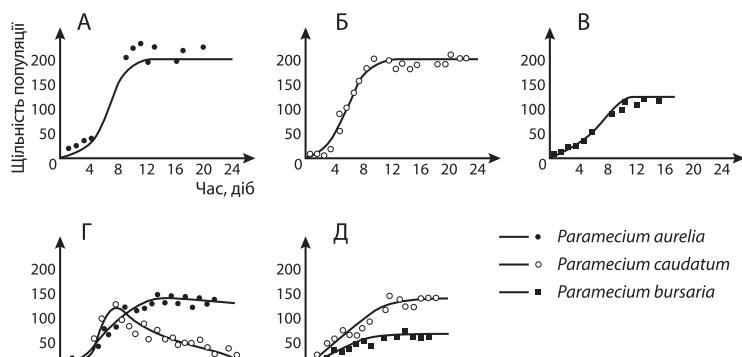
Кріт  
європейський

## Індивідуальне завдання

### Дослідження Гаузе

Ознайомтеся з інформацією.

«У 1931–1935 роках науковець Г. Ф. Гаузе вивчав міжвидову конкуренцію. Для дослідження він обрав одноклітинні організми – Інфузорію туфельку (*Paramcium caudatum*) і її найближчих родичів. Ці організми мали переваги для дослідження: їм потрібен невеликий об'єм середовища, у них швидко відбувається зміна поколінь. Гаузе вирошуєвав три види інфузорій роду *Paramcium* у пробірках, куди він добавляв вівсяне борошно. На ньому розвивалися дріжджі й бактерії, якими харчувалися інфузорії. У таких умовах, окрім одного, усі три види роду *Paramcium* успішно розвивалися (див. графіки А, Б, В). За сумісного існування двох різних видів результахи дослідження виявилися іншими (див. графіки Г, Д). Науковець також встановив, що види *P. caudatum* й *P. bursaria* відрізнялися за своїм способом живлення: перший вид живився бактеріями в товщі рідини, другий – дріжджевими клітинами при дні».



**Завдання 1.** Який метод біологічних досліджень був використаний науковцем?

- А порівняльно-описовий
- Б експериментальний
- В моделювання
- Г моніторингу

**Завдання 2.** Форма симбіотичних відносин між видами інфузорій – це

- А хижацтво
- Б паразитизм
- В коменсалізм
- Г конкуренція

**Завдання 3.** Учень та учениця аналізували графіки динаміки чисельності видів інфузорій. Учень дійшов висновку, що за спільногого утримання *P. aurelia* завжди повністю витісняла *P. caudatum*, тобто була більш конкурентоспроможною. Учениця зауважила, що за спільногого утримання *P. caudatum* й *P. bursaria* два види могли існувати разом, займаючи різні екологічні ніші.

Чи має хтось рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обое мають рацію
- Г обое помилляються

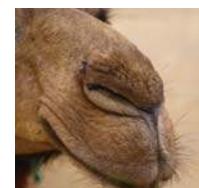
## Індивідуальне завдання

### Кораблі пустелі

Двогорбих верблюдів – бактріанів – називають «кораблями пустелі». До існування за високих температур і нестачі води ця тварина має низку адаптацій. Щільна шерсть не пропускає гаряче повітря до шкіри. Жировий горб також відіграє захисну роль, бо, як відомо, жир – поганий провідник тепла. Крім того, жирова тканина горба є джерелом метаболічної води. Ніздрі зі щільними клапанами відкриваються строго на час вдиху і видиху, щоб не випаровувати зайвого. Послід верблюда гранично сухий, а сеча надзвичайно концентрована – нирки залишають у ній мінімум води.



Верблюди виділяють з організму набагато менше води, ніж людина за тих самих умов. Пояснюються це тим, що у верблюдів у літню спеку значно коливається температура тіла: вночі падає до  $34^{\circ}\text{C}$ , а вдень доходить до  $40^{\circ}\text{C}$ . Ці тварини виділяють пот лише після того, як температура їхнього тіла, повільно підвищуючись, досягне  $40^{\circ}\text{C}$ , а в людини потовиділення починається відразу, коли температура навколошнього повітря стає вища за температуру тіла



В екстремальних ситуаціях верблюду вдається вижити, навіть втративши до 40 % маси тіла, натомість більшість ссавців при втраті 15–20 % гине від зневоднення. Почасті це пов’язано з тим, що здебільшого у тварин втрата води відбувається насамперед за рахунок плазми крові, з якої її фільтрується пот. При цьому зростає в’язкість крові, що може привести до загибелі організму. У верблюда ж навіть під час значних втрат води в’язкість крові практично не зростає – воду віддають інші тканини. Крім того, поміж усіх ссавців лише верблюди мають овальні еритроцити, які добре рухаються навіть при зневодненні.

**Завдання 1.** Яке з пропонованих тверджень можна сформулювати на основі аналізу наведеної інформації?

- А унаслідок розщеплення жиру вода не утворюється
- Б адаптації у верблюда пов’язані лише з хімічною терморегуляцією
- В верблюдів можна віднести до пойкілотермних тварин
- Г адаптації верблюда запобігають перегріванню та зневодненню організму

**Завдання 2.** Учень та учениця обговорювали наведену інформацію. Учень зазначив, що верблюди не гинуть від зневоднення, зокрема, завдяки особливостям будови та функціонування складників крові. Учениця зауважила, що збереження води організмом верблюда пов’язане з коливаннями температури тіла. Чи має хтось рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помилляються

**Завдання 3.** Наведіть приклади використання людиною в екстремальних умовах життя за високих температур і нестачі води пристосувань, подібних до адаптацій верблюдів.

## Індивідуальне завдання

### Мурахи й комахоїдна рослина

Ознайомтеся з інформацією:

«Біологи описали цікавий приклад симбіотичних відносин між мурахами *Catoprotus schmitzi*, що мешкають на Калімантані, і комахоїдними рослинами непентесами (*Nepenthes bicalcarata*).

Непентес мешкає на бідних поживними речовинами торф'яних болотах і змушений отримувати Нітроген та інші елементи від комах, щопадають у своєрідний глечик (ловчий апарат) із травними ферментами. Виявляється, що в цьому рослині допомагають інші комахи – мурахи. Учені порівняли непентеси, заселені й не заселені мурашиними колоніями. З'ясувалося, що в тих рослинах, які позбавлені сусідів-мурашок, уміст Нітрогену в листках був майже втрічі менший, ніж у заселених колоніями. Фактично, рослини, позбавлені допомоги сусідів, постійно перебували в стані нітратного голодування й не могли повноцінно розвиватися. Мурахи доглядали за непентесами: очищали краї глечика, щоб вони завжди залишалися гладенькими, видаляли з глечика занадто велику неперетравлену здобич і навіть проганяли довгоносиків, які намагалися поласувати пагонами рослини. Але найголовніша послуга з боку мурах для квітки полягала в тому, що комахи залишали свої продукти життєдіяльності рослині й, таким чином, підгодовували її. Більшу частину Нітрогену, як показав ізотопний аналіз, непентес отримував саме від мурашок. У подяку рослина надавала мурахам спеціалізовані пагони, у яких вони влаштовували свої житла. Крім того, непентеси підгодовували комах нектаром».



**Завдання 1.** Нестача Нітрогену в організмі може призводити у першу чергу до порушення синтезу

- А білків
- Б ліпідів
- В моносахаридів
- Г полісахаридів

**Завдання 2.** Як непентес додатково отримує Нітроген?

- А перетравлюючи мурашок, які потрапляють у ловчий апарат рослини
- Б унаслідок симбіотичних відносин з нітрифікувальними бактеріями
- В з ґрунту торф'яних боліт, багатих поживними речовинами
- Г використовуючи продукти життєдіяльності мурашок

**Завдання 3.** Учень та учениця обговорювали наведену інформацію. Учень зауважив, що взаємовідносини між мурахами й непентесами зумовлені, зокрема, і взаємовигідними трофічними зв'язками. Учениця зауважила, що сусіди-мурахи підвищують уміст Нітрогену в листках рослини втрічі.

Чи має хтось рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помилляються

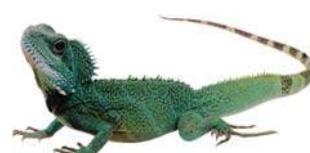
## Самоконтроль рівня навчальних досягнень. АДАПТАЦІЇ

### Тестові завдання з однією правильною відповіддю (0,5 бала)

1. Рушійною силою еволюції Ч. Р. Дарвінуважав  
 А внутрішнє прагнення організму до прогресу  
 Б зміни в організмі в результаті тренування органів  
 В процес виживання організмів, найбільш пристосованих до умов існування  
 Г добір людиною організмів з найбільш корисними для неї ознаками
2. Відповідно до сучасних поглядів елементарною одиницею еволюції є  
 А екосистема  
 Б популяція  
 В особина  
 Г вид
3. Випадкову зміну частоти зустрічальності алелів у малих популяціях називають  
 А міграцією  
 Б ізоляцією  
 В дрейфом генів  
 Г популяційними хвилями
4. Яка видозміна листків є пристосуванням рослини до життя в посушливих умовах?  
 А вуса полуниці  
 Б вусики гороху  
 В колючки кактуса  
 Г ловчі листки росички
5. На рисунку наведено приклад взаємозв'язків між різними видами. Укажіть його.  
 А хижацтво  
 Б мутуалізм  
 В паразитизм  
 Г коменсалізм
6. Укажіть організми різних видів, один з яких певний час використовує іншого як джерело живлення та середовище мешкання.  
 А ціп'як бічачий і корова  
 Б ховрах степовий і миша польова  
 В підберезник твердуватий і береза  
 Г павук-хрестовик і бджола медоносна

### Тестове завдання з коротким описом (1,5 бала)

7. На рисунку зображені хребетних тварин. Поміж зазначених ознак виявіть адаптації до наземного середовища.  
 1 шкіра, вкрита роговими лусками  
 2 суглобові кінцівки  
 3 наявність очей  
 4 легеневе дихання  
 5 статеве розмноження  
 6 формування зародкових оболонок  
 Які з адаптацій є спільними для обох організмів?



- A 1, 2  
B 2, 4  
В 3, 5  
Г 4, 6

**8.** Прочитайте речення: «Крило кажана та плавець дельфіна є (1) органами, які виникли внаслідок (2)». Замість цифр необхідно вписати слова. Виберіть правильний варіант.

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| A 1 – гомологічними | 2 – конвергенції |
| Б 1 – аналогічними  | 2 – дивергенції  |
| В 1 –rudimentарними | 2 – паралелізму  |
| Г 1 – гомологічними | 2 – дивергенції  |

**9.** Прочитайте твердження щодо еволюційних змін зображених тварин.

- I. Обидві тварини пристосовані до життя у воді.  
II. Можливий шлях виникнення обох видів – адаптивна радіація.

Чи є поміж них правильні?

- A правильне лише I  
Б правильне лише II  
В обидва правильні  
Г немає правильних



#### Тестове завдання з коротким описом (1,5 бала)

**10.** Схарактеризуйте зображену рослину за наведеними ознаками.

Середовище мешкання	Приступання до умов існування
1 водне	1 розмноження за допомогою спор
2 наземне	2 наявність повітряних коренів
3 наземно-водне	3 видозміна листків



#### Особливості умов існування

- 1 низька температура повітря, велика кількість опадів упродовж року  
2 висока температура повітря, незначна кількість опадів упродовж року  
3 низька температура повітря упродовж року, сезонні коливання кількості опадів

**11.** Схарактеризуйте адаптації Рака річкового, Карася сріблястого й Дельфіна чорноморського до умов існування.

Адаптацією в усіх трьох видів є	Використовує атмосферне повітря для дихання	Орієнтація за допомогою бічної лінії є пристосуванням у
1 шкіра, яка містить слизові залози	1 Рак річковий	1 Рака річкового
2 наявність зябер	2 Карась сріблястий	2 Карася сріблястого
3 обтічна форма тіла	3 Дельфін чорноморський	3 Дельфіна чорноморського

#### Виконайте обране завдання в письмовій формі (3 бали)

1. Поясніть значення теорії Ч. Дарвіна для подальшого розвитку поглядів на еволюційний процес.  
2. Порівняйте адаптації різних груп організмів до певного середовища мешкання.



*Тема 6*

## **БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОBU ЖИТТЯ**



## З історії відкриттів

Зачатки лікування виникли на ранніх етапах існування людства: «Медична діяльність – ровесниця першої людини», – писав Іван Павлов. Джерелами наших знань про хвороби і їх лікування в ті далекі часи слугують, наприклад, результати розкопок поселень і поховань первісної людини.

Однією з найвизначніших постатей в історії медицини є грецький лікар Гіппократ (бл. 460 до н. е. – бл. 370 до н. е.), якого на знак визнання його значного внеску у її розвиток називають «батьком сучасної медицини». Перша спроба встановити взаємозв'язок між будовою і функціями людського тіла належить знаменитим олександрійським лікарям Герофілу і Ерасістрату (ІІІ ст. до н. е.), які проводили розтини трупів і досліди на тваринах.

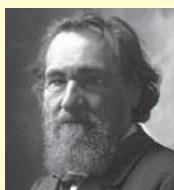
Великий вплив на розвиток медицини мав римський лікар Гален, який узагальнив відомості з анатомії, фізіології, терапії, гігієни та спробував вибудувати наукову систему медицини.

У середні віки медицина в Західній Європі майже не мала подальшого наукового розвитку. Але хрестові походи, що супроводжувалися міграцією великої кількості людей, сприяли спустошливим епідеміям, а тому зумовили в Європі появу карантинів і відкриття монастирських лікарень.

У IX–XI ст. центр наукової медичної думки перемістився в країни Арабського Халіфату. Велику роль у розвитку медицини зіграв уродженець Середньої Азії, різно-бічний учений і мислитель Ібн-Сіна (Авиценна, 980–1037): його «Канон лікарської науки» був енциклопедією медичних знань.

Повільний, але нестримний розвиток медичних знань починається в Західній Європі в XII–XIII століттях. У Швейцарії лікар Парацельс (1493–1541) запроваджує в лікувальну практику різні хімічні речовини й мінеральні води. Англійський лікар Вільям Гарвей створює вчення про кровообіг (1628 р.), заклавши підґрунтя розвитку сучасної фізіології. Поряд з лікувальною медициною розвивається медицина профілактична. Англійський лікар Едвард Дженнер відкриває вакцину проти віспи (1796 р.). Роботи Луї Пастера (1822–1895), який установив мікробну природу інфекційних хвороб, поклали початок «бактеріологічній ері». Наш співвітчизник Ілля Мечников відкрив явище фагоцитозу та розробив фагоцитарну теорію імунітету (1883 р.). У 1908 р. спільно з німецьким лікарем, бактеріологом і біохіміком Паулем Ерліхом він отримав Нобелівську премію з фізіології або медицини «за праці з імунітетом».

Французькі дослідники Люк Монтанье, Франсуаза Барре-Сінусси та німецький учений Гаральд цур Гаузен, розділили Нобелівську премію в галузі медицини або фізіології 2008 року. Відкриття, зроблені двома французькими вченими, стали «однією з передумов розуміння біології СНІДу та способу його лікування». Головним практичним результатом робіт німецького вченого стало розроблення простих та ефективних програм профілактичної вакцинації проти вірусу папіломи, який є причиною раку шийки матки. У 2015 році Нобелівську премію отримали американський учений Вільям С. Кембл, Сатосі Омурас Японії за дослідження в галузі лікування гельмінтоzів і китайська дослідниця Ту Юю за відкриття нових методів лікування малярії.



Ілля Мечников  
(1845–1916)



Франсуаза Барре-Сінусси  
(1947)



Ту Юю  
(1930)

## § 16. Поняття про здоров'я



Пригадайте Глобальні цілі сталого розвитку та їхнє значення.  
Назвіть науки, які вивчають організм людини.

Здоров'я є однією з глобальних цілей сталого розвитку людства. Означення поняття здоров'я є не настільки легким, як це здається на перший погляд. Інтуїтивно ми відрізняємо звичайний, здоровий стан від хвороби. Проте за сучасними поглядами існує багато градацій між абсолютно здоровим і надзвичайно хворим станами. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначає це поняття так:

**!** Здоров'я – це стан повного фізіологічного, розумового та соціального благополуччя, не лише відсутність захворювань та ушкоджень організму.

**Складники здоров'я.** Відповідно до цього означення можна виокремити складники здоров'я. **Фізичне здоров'я** передбачає цілісність і нормальності будови тіла, нормальне перетікання біохімічних і фізіологічних процесів за різних (не екстремальних) умов. **Психічне здоров'я** – це нормальний перебіг процесів мислення, пам'яті, уваги, емоцій, почуттів тощо. **Соціальне здоров'я** характеризує нормальності взаємодії конкретної людини із іншими членами соціуму, формування соціальних зв'язків, організації роботи, відпочинку, пошуку тощо. Складники здоров'я є взаємопов'язаними (рис. 84).

Здоров'я може порушуватися, а ступінь такого порушення бути різним. Люди можуть мати незначні вади, які не заважають життедіяльності (шрами, зубні пломби). Нормальний стан також може включати деякі легкі порушення, що можуть неістотно обмежувати життедіяльність – короткозорість або далекозорість, легкий ступінь сутулості або плоскостопості, помірний рівень стресу тощо. Істотне порушення життедіяльності ми розглядаємо як **хворобу**.

Рис. 84. Структура здоров'я



Проаналізуйте схему.  
Поміркуйте, у який її сектор можна помістити:

- відносини з родиною та друзями;
- самооцінку та емоційний стан;
- темперамент та інтелект;
- негативний вплив наркотичних речовин;
- генетичні хвороби;
- набуті фізичні травми;
- будову та функціонування тіла;
- доброчесливе спілкування;
- уміння приймати зважені рішення.

Хвороба може бути гострою, що триває порівняно невеликий час, а може тривати багато років або навіть усє життя людини.

**Чинники, які впливають на здоров'я.** На здоров'я можуть впливати різні чинники: спадкові, якість середовища існування, спосіб життя людини, рівень розвитку та доступність медицини.

Раніше ви ознайомилися з механізмами розвитку спадкових хвороб. Їх причиною є порушення в структурі генетичного матеріалу – зміни окремих генів, хромосом або хромосомного набору. Лікування таких захворювань поки що не можливе, сучасна медицина може лише пом'якшити вияв негативних симптомів. Тому потрібно якомога раніше діагностувати патологію й починати профілактичні та корегувальні заходи. Одним зі шляхів профілактики розвитку спадкових хвороб є медико-генетичне консультування. Успіхи сучасної науки дають надію на розроблення в майбутньому ефективних методів лікування генетичних хвороб (§ 47). Спадкові чинники здоров'я зумовлюють розвиток не лише генетичних хвороб. Деякі розлади визначаються не лише спадковою інформацією, а й чинниками середовища – у такому випадку ми говоримо про успадкування *схильності* до виникнення хвороби. У деяких випадках певні алельні версії генів можуть зумовлювати меншу стійкість до негативних чинників середовища існування (стресорів, інфекційних агентів тощо). Вплив деяких чинників середовища на здоров'я може мати епігенетичне підґрунтя (*пригадайте регуляцію активності генів*).

За даними ВООЗ, щороку понад 12 млн людей помирають унаслідок проживання або роботи в шкідливому середовищі (рис. 85). Чинниками ризику може бути забруднення повітря, води, ґрунтів, дія неприродних хімікатів, зміни клімату, надмірне ультрафіолетове опромінювання. Забруднена вода може бути джерелом кишкових інфекцій і токсичних сполук.

Рис. 85. Приклади чинників середовища, що впливають на здоров'я людини



Поясніть вплив зображених чинників на здоров'я людини.



В Україні поширене спалювання восени та навесні сухої трави та листя. За допомогою додаткових джерел інформації сформулюйте власну позицію щодо доцільноті такої практики. Чи є їй алтернативи? Створіть разом з однокласниками просвітницький проект для жителів вашої місцевості.

Понад 90 % людей дихає повітрям, рівень забруднення якого перевищує допустимі норми. До того ж, проблеми створюють не лише викиди промисловості, а й побутова діяльність людини – через дим від горіння дров або вугілля, що його використовують для обігріву або приготування їжі, ризики для здоров'я мають 3 млрд мешканців планети.

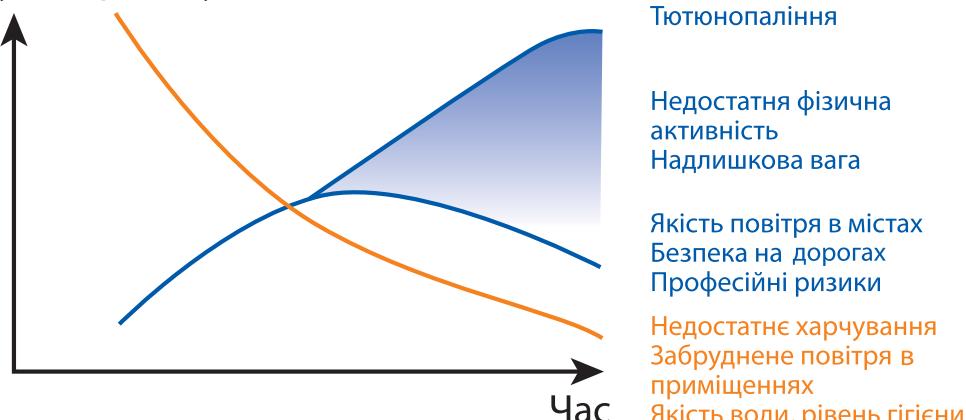
Істотним чинником небезпеки є інфекційні агенти (пріони, віруси, бактерії) та паразити. Завдяки покращенню доступу людей до якісної води, зниженню рівня забруднення довкілля, профілактичному щепленню та боротьбі з природними переносниками збудників, смертність від інфекцій в останнє десятиліття істотно зменшилася.

Спосіб життя людини є також важливим чинником, який впливає на здоров'я людини. Вивчення особливостей функціонування організму людини, впливу різноманітних чинників на нього вможливлює формульовання принципів здорового способу життя, зокрема раціональне харчування, забезпечення певного рівня фізичної активності, уникнення шкідливих звичок тощо (більш детально ми розглянемо це в § 23). Протягом історії людства значущість різних чинників здоров'я зазнавала істотних змін (рис. 86).

**Науки, що вивчають здоров'я людини.** Оскільки здоров'я є комплексним поняттям, його досліджують різні галузі науки. Базові особливості будови та механізми функціонування організму людини є об'єктами вивчення біологічних наук, зокрема анатомії, фізіології, цитології, біохімії й молекулярної біології. Загальні закономірності успадкування ознак вивчає генетика. Розуміння взаємозв'язків людини з навколошнім середовищем ґрунтуються на вивченні екологічних закономірностей. Еволюційна біологія досліджує закономірності історичного розвитку органічного світу, що вможливлює розуміння механізмів антропогенезу (див. форзац I).

Рис. 86. Зміна структури чинників, які впливають на здоров'я протягом останніх двох століть (дані ВООЗ)

## Ступінь ризику



Проаналізуйте графік.

Дайте відповіді на запитання.

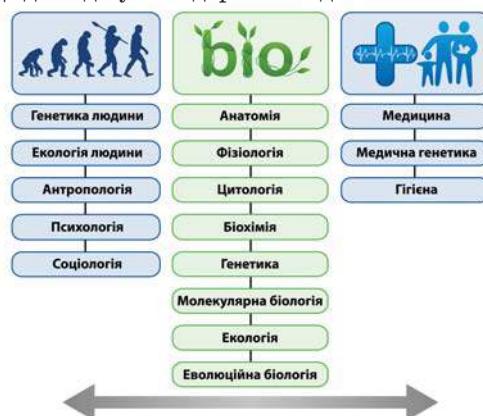
1. Які з чинників становлять найбільшу небезпеку для сучасної людини?
2. Які події в розвитку людства зумовили зображені зміни?

Генетика людини вивчає спадковість і мінливість нормальних ознак людського організму. Медицина – галузь наукової та практичної діяльності, що вивчає нормальні та патологічні процеси в організмі людини, різноманітні захворювання, методи їх лікування, запобігання та зміцнення здоров'я людини. На стику медичної науки та генетики сформувалася медична генетика, основними завданнями якої є визначення механізмів формування патологій, пов'язаних з порушеннями генетичного матеріалу, розроблення та впровадження методів діагностики генетичних хвороб, їх профілактика й лікування. Генетика людини пов'язана також з еволюційною біологією, оскільки досліджує конкретні механізми еволюції. Предметом вивчення екології людини є закономірності впливу на організм та суспільне здоров'я комплексу чинників навколошнього середовища. Своєю чергою ці закономірності є підґрунтам розроблення гігієнічних норм, санітарних правил, запобіжних і оздоровчих заходів (рис. 87).

Підтримка ментальної та соціальної норми є об'єктами вивчення психології та соціології. Психологія вивчає механізми й закономірності формування психічних явищ. Соціологія – наука, що вивчає людське суспільство. Разом вони досліджують чинники, які формують переважно психічну складову здоров'я (рис. 87).

Важливе значення для збереження здоров'я мають і практичні дисципліни, як-от інженерна психологія та ергономіка, що комплексно вивчають особливості взаємодії людини з технікою та приладами. Оптимізація цього процесу дозволяє збільшити ефективність праці, зменшити рівень стресу та покращити самопочуття людини під час роботи, зменшити ймовірність травматизму та виникнення промислових аварій, результати яких можуть негативно позначитися на здоров'ї та житті значної кількості людей (*пригадайте відомі технологенні катастрофи*). Збереження та покращення життя є важливим завданням сучасного людства.

*Рис. 87. Галузі науки, що досліджують здоров'я людини*



1. Дайте означення поняття здоров'я.
2. Які складники здоров'я вирізняють?
3. Назвіть науки, які вивчають здоров'я людини.
4. Які чинники впливають на здоров'я людини?
5. Наведіть приклади залежності ступеня захворюваності від рівня розвитку медицини.
6. Поясніть значення реалізації глобальних цілей сталого розвитку людства в збереженні здоров'я.

## § 17. Поняття хвороби



Пригадайте з курсу біології людини основні хвороби різних систем органів, способи їх лікування та профілактики.

Зачатки лікування виникли на найбільш ранніх стадіях існування людини. Джерелами наших знань про хвороби та їх лікування в ті далекі часи слугують, наприклад, результати розкопок поселень і поховань первісної людини.

**Хвороба** – істотне порушення здоров'я, яке супроводжується зниженням якості життя та порушенням будови й життедіяльності організму.

Перелік відомих хвороб та їх класифікація затверджені Міжнародним класифікатором хвороб, що розроблений Всесвітньою організацією охорони здоров'я (рис. 88). Універсальна система класифікації хвороб є важливою для взаємодії систем охорони здоров'я різних країн, обміну досвідом і впровадження передових методик діагностування та лікування. Хвороби можна об'єднувати в групи за різними ознаками: внутрішні, хірургічні, спадкові, онкологічні, інфекційні, такі, що передаються статевим шляхом тощо.

**Причини хвороб.** Причини хвороб можуть бути найрізноманітніші: **зовнішні** стосовно організму чинники (механічні, фізичні, хімічні, біологічні), **вроджені** (генетичні), **психогенні** та **соціальні** чинники тощо. Незадовільний стан довкілля, нездоровий спосіб життя можуть сприяти погіршенню здоров'я. За особливостями поширення в людських популяціях виділяють дві великі групи хвороб: **інфекційні** та **неінфекційні**. Збудниками власне інфекційних захворювань є прокаріоти, віруси або пріони. Також виділяють інвазійні, або паразитарні хвороби, викликані еукаріотичними організмами: одноклітинними твариноподібними еукаріотами, гельмінтами, комахами тощо. Прикладами

Рис. 88. Емблема Всесвітньої організації охорони здоров'я



ВООЗ – спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй, яка опікується проблемами охорони здоров'я у світовому масштабі. Штаб-квартира ВООЗ розташована в Женеві. До складу входять 193 країни, у тому числі й Україна.

Особливу увагу ВООЗ приділяє семи дням і одному тижню, які, на вимогу держав-членів ВООЗ, визнані офіційними глобальними кампаніями охорони здоров'я: Всесвітній день здоров'я (7 квітня), боротьби з туберкульозом, з малярією, зі СНІДом, з гепатитом, день без тютюну, день донора крові, тиждень імунізації.



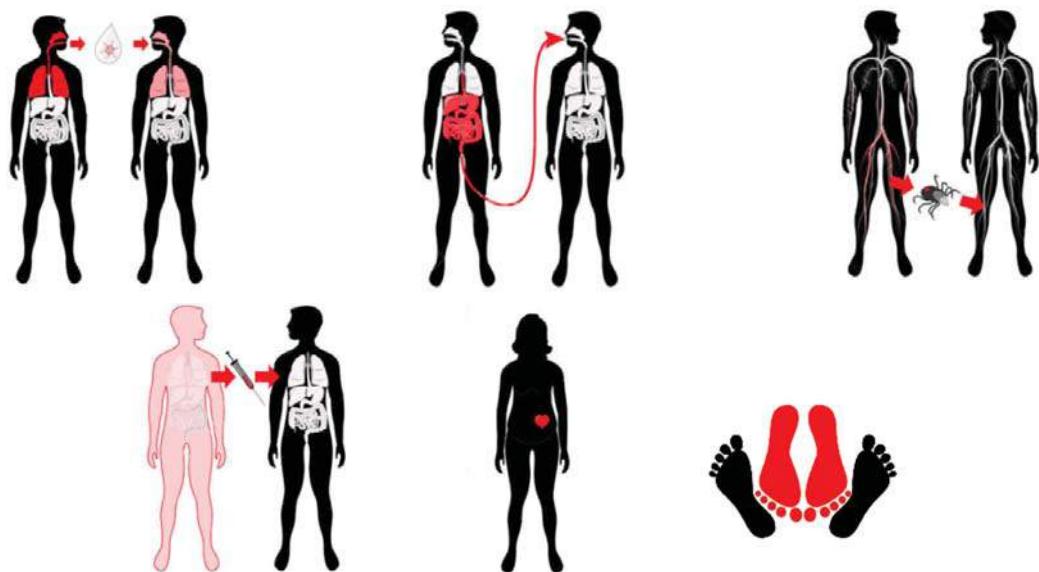
Поміркуйте, чому ВООЗ обрала саме ці приводи. Підготуйте просвітницький проект для учнів молодших класів, присвячений одній з дат.

неінфекційних хвороб є цукровий діабет, інфаркти, інсульти, хвороби Альцгеймера, Паркінсона тощо.

**Шляхи зараження інфекційними агентами.** Знаючи шляхи зараження інфекційними агентами (рис. 89), можна вжити ефективних профілактичних заходів, що особливо важливо в періоди масових спалахів захворювань.

Хвороби дихальної системи часто поширяються **повітряно-крапельним** шляхом. Людина, яка хворіє, може чхати, кашляти, унаслідок чого поширює навколо себе мікрокраплини слизу, що містять інфекційний агент. Люди, які не хворіють і перебувають поруч, можуть вдихнути їх та заразитися. Описані реакції є результатом впливу на організм людини збудника хвороби, що є його адаптацією до поширення. Типовим способом поширення кишкових інфекцій та інвазій є **фекально-оральний** (див. рис. 89). Збудник виходить з організму в складі калових мас, після чого в разі недотримання особистої гігієни з водою або їжею потрапляє до організму. Організм людини може бути середовищем існування багатьох кишкових паразитів (дизентерійна амеба, людська аскарида, сисуни, стъожкові черви тощо), а їхні життєві цикли можуть включати стадії розвитку в інших організмах. У такому випадку людина може заразитися, споживаючи неякісні м'ясо, рибу, воду, контактуючи зі свійськими тваринами тощо. **Трансмісивні** хвороби поширяються за допомогою тварин-переносників. Це можуть бути комарі (малярія, див. рис. 90), мухи (сонна хвороба), кліщі (кліщовий енцефаліт, хвороба Лайма), блохи (чума), воші (тиф) та інші організми. Часто збудник хвороб людини може мешкати в популяціях диких тварин, які є природним резервуаром. Для профілактики таких хвороб необхідно контролювати популяції таких тварин. Деякі збудники, наприклад віруси гепатиту типу В та С, ВІЛ, можуть передаватися шляхом **контакту з кров'ю** хвою людини або тварини. У цьому випадку чинниками

Рис. 89. Основні шляхи зараження хворобами



Назвіть зображені шляхи передавання хвороби та профілактичні заходи, що можуть зменшити ризик зараження.

небезпеки є недостатній контроль за якістю крові донорів під час переливання, використання погано стерилізованого медичного або косметологічного обладнання, повторне використання шприців тощо. Хвороби, які поширяються через кров, можуть передаватися від матері до дитини під час вагітності. Велику групу становлять **захворювання, що передаються статевим шляхом** (ЗПСШ). Їх збудниками можуть бути віруси (ВІЛ-інфекція, герпес, гепатит В, папілома), бактерії (гонорея, сифіліс, хламідіоз), гриби (кандидоз) і найпростіші (трихомоніаз). Наслідками цих хвороб можуть бути втрата сексуальної функції (імпотенція), беспліддя та системні захворювання, що можуть привести до смерті. За даними ВООЗ, щодня близько 1 млн людей інфікуються ЗПСШ. Для профілактики потрібно пильнувати своє сексуальне життя: уникати випадкових статевих контактів, завжди користуватися презервативом, який, обмежуючи контакт слизових оболонок статевих органів партнерів, істотно зменшує ризик передачі збудника. Варто зауважити, що багато ЗПСШ мають тривалі приховані періоди, під час яких видимих симптомів ще немає, але ймовірність передання збудника (зараження) є високою. Тому використання презерватива має бути обов'язковим елементом статевого життя. Okрім профілактики хвороб, презерватив забезпечує контрацепцію – запобігання небажаній вагітності. Рання діагностика небезпечних хвороб є запорукою ефективного лікування або зменшення негативних наслідків – у більшості регіонів існує можливість пройти анонімне лабораторне обстеження (рис. 91).

**Динаміка розвитку хвороб.** У динаміці розвитку хвороб виділяють періоди: **прихований** (латентний, для інфекційних хвороб – інкубаційний), коли хвороботворний агент уже потрапив до організму, але симптоми ще не виявляються; **продромальний** – вияв перших ознак хвороби, яких може бути ще не достатньо для постановки точного діагнозу; **повний розвиток** хвороби та її

Рис. 90. Кarta поширення захворюваності на малярію (червоний колір)

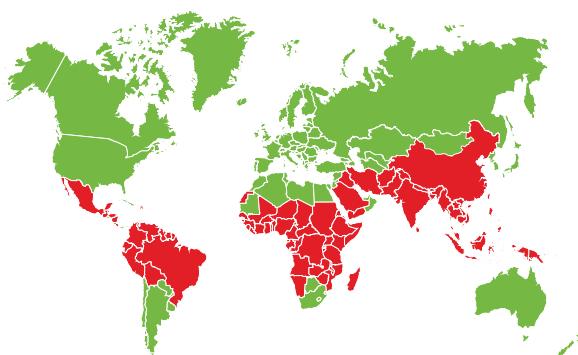


Рис. 91. Данило Заболотний (1866–1929)



Відкриття, пов'язані з вивченням та лікуванням цієї небезпечної хвороби, удостоєні аж чотирьох Нобелівських премій. Через глобалізацію людства, міграції та туризм ризик захворювання існує й в Україні. За допомогою пошукових систем Інтернету знайдіть інформацію про малярію в Україні. Наскільки небезичною є ця хвороба?

Український мікробіолог та епідеміолог. Досліджував і розробляв способи боротьби з холерою, чумою та сифілісом. Довів роль гризунів як природного резервуару чуми та джерела інфікування.

**завершення** (одужання). За характером перебігу виділяють хвороби *гострі*, які розвиваються порівняно швидко, та *хронічні*, вияв яких може бути менш вираженим, але тривають вони значно довше (місяці та роки).

**Наслідками хвороб** є втрата людьми днів повноцінного життя та працездатності, а багато захворювань після одужання можуть залишати наслідки, які призводять до скорочення тривалості та якості життя. Хвороба – це не лише неприємний стан, а й економічний тягар для суспільства, оскільки лікування вимагає значних ресурсів. ВООЗ розраховує низку параметрів, які дозволяють оцінити втрачені роки потенційного життя внаслідок порушень здоров'я. Світова першість за цим показником належить інфекційним хворобам, насамперед за рахунок країн з низькими рівнями економічного розвитку та доступу до медицини (рис. 92). У країнах з розвинутою економікою на перших позиціях серцево-судинні (переважно інфаркт та інсульт) та онкологічні хвороби, а також травмування (зокрема внаслідок ДТП).

**Найбільш небезпечні хвороби.** Багато хвороб є безпосередніми причинами смертей. Багато життів забирають інфекційні хвороби: інфекції дихальних шляхів, кишкові інфекції, туберкульоз. ВІЛ-інфекція раніше була серед 10 головних причин смертності, проте за сучасними даними смертність від ВІЛ знизилася, і ця хвороба вибула з сумного ТОР-10. Серед неінфекційних на перших позиціях ішемічна хвороба серця та інсульт. Okрім переліченого, провідними причинами смертності є деменції (розумова слабкість, наприклад хвороба Альцгеймера), онкологічні захворювання дихальних шляхів, цукровий діабет і травми внаслідок дорожньо-транспортних пригод.

Розуміння біологічних основ поширення збудників і розвитку хвороб є передумовою відповідального ставлення до власного здоров'я, про що ви дізнаєтесь із змісту наступних параграфів.

Рис. 92. Втрачені роки потенційного життя людини (усереднені дані): за всіма країнами, економічно розвиненими країнами та Україною (інформація ВООЗ)



Поміркуйте, за рахунок яких чинників у світовій статистиці домінує вплив інфекційних хвороб. Що робить людство, щоб знижити цей показник?

1. Дайте означення поняття хвороба.
2. Схарактеризуйте причини хвороб.
3. Поясніть різницю між інфекційними та інвазійними хворобами.
4. Назвіть і поясніть способи поширення інфекційних хвороб.
5. Чи зможе людство в більшій перспективі повністю здолати інфекційні хвороби?  
Сформулюйте власне судження.

## § 18. Сучасний прогрес у боротьбі з хворобами

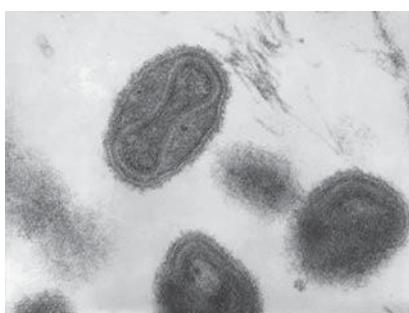


Пригадайте, які біологічні відкриття зумовили розвиток медицини.

Хвороби забирають час і якість повноцінного життя, тому їх подолання є однією з найбільш актуальних завдань, що стоять перед людством.

**Успіхи медицини.** Медицина має кількастисячолітню історію, протягом якої накопичено численні відомості стосовно способів лікування різних хвороб. Кілька років тому редакція одного з найстаріших і найвпливовіших медичних журналів «British Medical Journal» назвала ключові віхи в розвитку медицини. До них віднесли розуміння бактеріальної причини багатьох хвороб і відкриття антибіотиків, що спричинили революцію в подоланні інфекцій. Винайдення вакцинації та її масове впровадження вможливили профілактику небезпечних хвороб, що істотно зменшило зумовлену ними смертність (рис. 93). Винайдення анестезії (наркозу) викликало революцію в хірургії, зменшивши біль і страждання пацієнтів. Запровадженням цієї практики у вітчизняну хірургію завдячуємо видатному лікарю Миколі Пирогову. Істотне покращення діагностики хвороб забезпечили успіхи у фізиці, завдяки яким ми маємо томографи – пристрой, здатні показати лікарю найменші деталі будови організму. Використання рентгенівських променів також уможливило одне з найбільш важливих відкриттів ХХ століття – структури молекули ДНК, що дало імпульс розвиткові генетики та молекулярної біології, зокрема призвівши до розуміння глибинних, молекулярних причин розвитку патологій і шляхів їх корекції (рис. 94).

Рис. 93. Віріони натуральної віспи

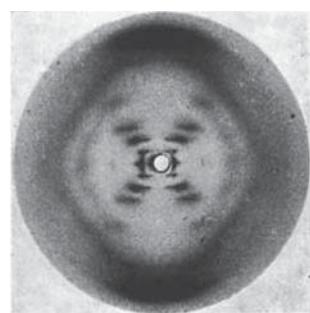


У 1980 р. ВООЗ оголосила про повне знищенння цього збудника, нині він існує лише як зразок у двох лабораторіях.



Чи можливо так само подолати вірус грипу?

Рис. 94. Використання рентгенівського випромінювання в біології та медицині



Зліва: перший рентгенівський знімок. Справа: рентгенограма молекули ДНК, яка демонструє наявність в її будові регулярності, що стало ключовим поштовхом до розуміння її структури.



Поясніть роль рентгенівських променів у сучасній медицині.

Обґрунтуйте значення відкриття ДНК для розвитку біології та медицини.

Українські вчені внесли вагомий внесок у розвиток медицини, зокрема видатний кардіохірург Микола Амосов. У 1958 році він почав співпрацювати з Інститутом кібернетики, унаслідок чого створив протез мітрального клапана. Він стояв у витоків створення Київського науково-дослідного інституту серцевої хірургії. Щороку в інституті проводиться близько 3 000 операцій на серці, в тому числі близько 2 000 зі штучним кровообігом.

**Краще не лікувати, а попереджувати.** У переліку номінацій редакції «British Medical Journal» були й інші важливі медичні та наукові інновації, проте найбільше голосів отримала так звана «санітарна революція» у Великій Британії. Індустріалізацію країн Європи XIX століття супроводжувало стрімке зростання щільноти міського населення, через що нерідкими були епідемії інфекційних хвороб, у тому числі кишкових, через забруднені воду та їжу (рис. 95). Для їх подолання було розроблено подібну до сучасної систему водопостачання будинків і відведення стічних вод. Цей крок істотно покращив епідеміологічну ситуацію та стан здоров'я населення.

Наведений приклад ілюструє необхідність не лише власне лікування, а й запобіжних заходів – **профілактики**. За сучасними оцінками, здоров'я та довголіття залежить від активних медичних дій лише на 10 %. Більш істотними є чинники, які піддаються контролю та змінам (рис. 96). Вчасна вакцинація шляхом щеплення захищає від ризику захворіти на найбільш небезпечні хвороби: гепатит В, туберкульоз, дифтерію, правець, коклюш, поліоміеліт, кір. Важливою передумовою збереження здоров'я та профілактики хвороб є створення здорового середовища існування, найважливіше значення в якому мають якість повітря та води. І нарешті, істотним чинником є поведінка людини. У наступних параграфах детальніше йтиметься про здоровий спосіб життя – такий, що сприяє збільшенню його тривалості та підвищенню якості.

Рис. 95. Гумористична карикатура, журнал «Панч», 1858 р.



Подібні до Лондона проблеми мав і тогочасний Київ. Побудована в ньому наприкінці XIX ст. система каналізації була однією з кращих у Європі.

Рис. 96. Внесок різних чинників у формування здоров'я та забезпечення довголіття людини



Поясніть, чому автор карикатури зобразив саме ці хвороби – дифтерію, золотуху, холеру?



1. Висловіть судження стосовно значення відкриття антибіотиків у розвитку медицини.
2. Доведіть або спростуйте твердження: «Стан здоров'я людини зумовлений переважно її генами».
3. Індивідуальна гігієна є важливою для збереження здоров'я. Чи має значення для вашого здоров'я дотримання правил гігієни?

## § 19. Імунітет і його типи



Що таке регуляторні системи організму людини?  
Як синтезуються білки?

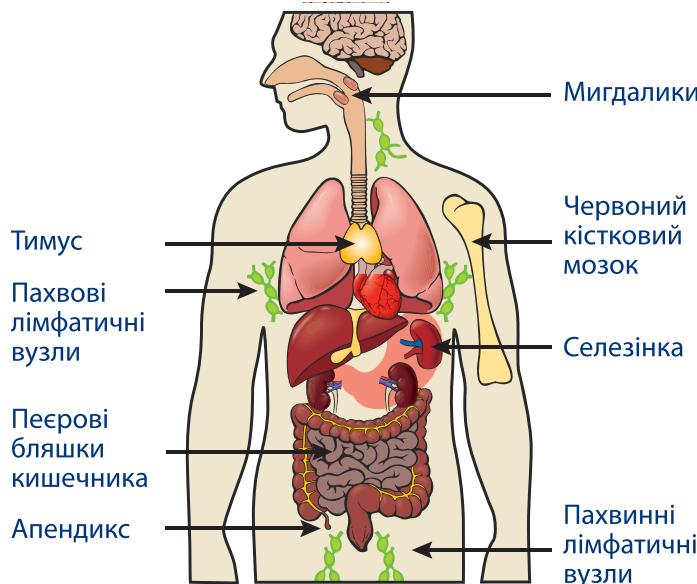
Середовище, у якому ми мешкаємо, не є ідеальним: щодня нас атакують численні інфекційні агенти. Більшість таких атак ми не помічаємо, оскільки наш організм успішно їх відбиває за допомогою імунної системи (рис. 97).

Сукупність реакцій, скерованих на підтримку генетичної сталості організму й боротьбу зі збудниками захворювань, називають **імунітетом**.

**Класифікація типів імунітету.** За механізмом реалізації розрізняють **клітинний** і **гуморальний** імунітет. Перший здійснюється спеціалізованими імунними клітинами (лімфоцитами крові), другий – за допомогою різних хімічних речовин. За особливостями розвитку в часі розрізняють **уроджений** (**спадковий**) і **набутий** імунітет. Набуті форми імунітету формуються протягом життя людини і не передаються від батьків дітям. За специфічністю до конкретного інфекційного агента розрізняють **специфічний** і **неспецифічний** імунітет. Обидва типи можуть здійснюватися за допомогою клітинних або гуморальних механізмів. Розглянемо їх детальніше.

**Неспецифічний гуморальний імунітет.** Цей тип забезпечується хімічними речовинами, яким притаманна противіробна та противірусна дія широкого спектру. Лізоцим – фермент, який міститься в різних слизових оболонках організму людини, а також у слині. Він руйнує компоненти клітинних стінок грам-позитивних бактерій. Хлоридна кислота шлункового соку також сприяє знищенню мікроорганізмів і паразитів. Інтерферони – білки, яким притаманна неспецифічна противірусна дія. Вони виробляються інфікованими

Рис. 97. Головні органи імунної системи організму



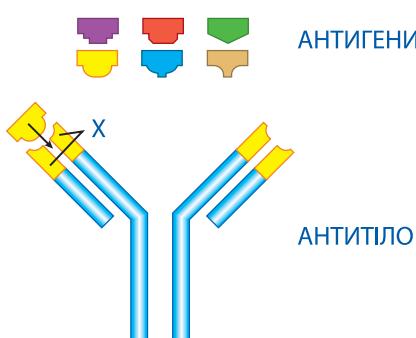
Пригадайте особливості будови та функціонування лімфоцитів.

клітинами і, впливаючи на сусідні неуражені клітини, збільшують їхню несприйнятливість до вірусу.

**Неспецифічний клітинний імунітет.** Цей тип здійснюється спеціалізованими клітинами, які здатні розпізнавати інші клітини свого організму. В основі такого розпізнання лежить наявність на мембранах усіх клітин білків, будова яких є специфічною для конкретного організму. Якщо такого комплексу білків немає, або він має відмінну будову, клітина ідентифікується як чужорідна і знищується. Так можуть убиватися чужорідні клітини та клітини власного організму, інфіковані вірусами або ж генетично змінені. Цей тип імунітету забезпечується переважно окремим типом лейкоцитів крові – NK-клітинами (NK – від англ. *natural killers*, «природні вбивці»). Знищення чужорідних агентів також може здійснюватися макрофагами – клітинами тканин, здатними до фагоцитозу.

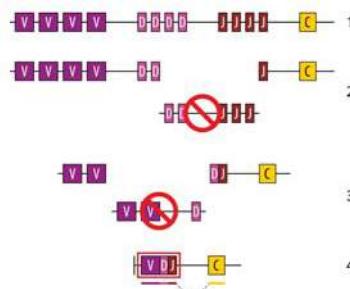
**Специфічний гуморальний імунітет.** Цей тип імунітету пов'язаний з виділенням спеціалізованих захисних білків – антитіл або імуноглобулінів. Вони продукуються одним з типів клітин крові – В-лімфоцитами. Антитіла здатні високоспецифічно зв'язуватися з антигенами – чужорідними білками або глікопротеїнами, які виробляються інфекційними агентами. Висока специфічність означає, що антитілу ефективно зв'язується лише з певним, «своїм» антигеном (рис. 98). Таке зв'язування приводить до його знешкодження. Це може відбуватися в різний спосіб: шляхом своєрідного «склеювання» мікроорганізмів, руйнування їхніх клітин, хімічного зв'язування білкових токсинів. Кожний В-лімфоцит синтезує тільки один тип антитіл, специфічний до конкретного антигену. Цікаво, що ці клітини не мають генів, які б відповідали за синтез конкретних антитіл. Натомість ці гени напіввипадковим чином формуються з генів-попередників. Механізм цього є унікальним для імунних клітин (рис. 99).

Рис. 98. Механізм взаємодії антитіл та антигенів



Різні антигени мають різну конфігурацію. Місце зв'язування з антитілом позначене літерою X. Специфічність антитіл подібна до того, як ключ відмикає лише «свій» замок.

Рис. 99. Молекулярно-біологічний механізм формування антитіл



Ген-попередник, який кодує довгий ланцюг антитіла, складається з незмінної (C) та варіабельної частин. Остання складається з повторюваних фрагментів, позначених VDJ (1). При дозріванні клітини обирається випадково один із сегментів кожного типу, а інші видаляються (2 і 3). Отриманий у результаті ген (4) містить унікальну послідовність ДНК.



Поміркуйте, у чому унікальність процесу синтезу цих білків.

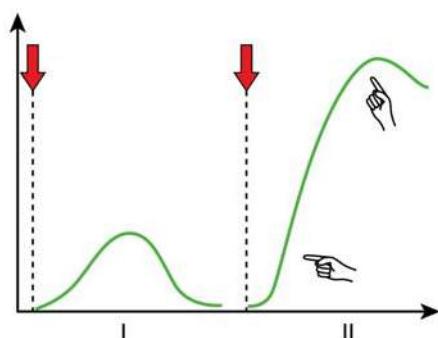
Під час контакту зі «своїм» антигеном лімфоцит починає інтенсивно ділитися, його клони продукують антитіла, які знешкоджують антигени. Після пригнічення інфекції деякі активовані лімфоцити залишаються в кров'яному руслі на тривалий термін (роки і десятиліття), формуючи імунну пам'ять. За повторного контакту з тим самим антигеном клітини пам'яті активуються набагато швидше, дозволяючи подолати інфекцію на самому початку її розвитку (рис. 100).

**Специфічний клітинний імунітет.** Цей тип імунітету також здійснюється за допомогою лімфоцитів, але іншого типу – Т-лімфоцитів. Вони здатні розпізнавати чужорідні антигени на поверхні інших клітин. Контакт з антигеном ініціє початок інтенсивного поділу лімфоцита. Більша їх частина стає Т-кілерами, які здатні вбивати специфічний тип чужорідних клітин. Інший тип Т-клітин – Т-хелпери – необхідний для забезпечення взаємодії між Т- і В-лімфоцитами для запуску розмноження останніх. Саме Т-хелпери уражуються вірусом імунодефіциту людини, що призводить до розладів імунної функції організму. Третій тип – Т-супресори, пригнічує розвиток імунної реакції, що є необхідним на завершальних стадіях хвороби. Цікавим питанням є те, чому імунна система не формує клітини, специфічно чутливі до власних антигенів. Науковці вважають, що такі клітини утворюються, проте на етапі дозрівання знищуються.

Для ефективного захисту організму необхідна взаємодія і координація всіх описаних ланок імунної системи.

Відповідно до іншої класифікації, імунітет може бути активним або пасивним. **Активний** імунітет формується функціонуванням імунної системи власного організму. **Пасивний** пов'язаний з дією чинників зовнішнього походження. Також імунітет може бути природним або штучним.

Рис. 100. Динаміка формування довготривалого специфічного гуморального імунітету



Стрілки позначають момент контакту організму з антигеном.

- I. Перший контакт із антигеном супроводжується первинною імунною відповіддю.
- II. Під час повторного контакту з антигеном за рахунок активації клітин пам'яті імунна відповідь розвивається швидше і потужніше. Це дозволяє ефективно боротися із збудником.



Чому дорослі люди зазвичай хворіють рідше за дітей чи підлітків?

**Природний активний** імунітет пов'язаний з активацією, функціонуванням описаних вище механізмів при зараженні організму збудником певної інфекції. Важливо пам'ятати, що активація систем специфічного імунітету триває певний час, необхідний для розпізнавання лімфоцитами антигенів, інтенсивного поділу клітин і синтезу необхідної кількості антитіл. **Природний пасивний** імунітет захищає новонародженню дитину. Одразу після народження її власна імунна система ще не здатна забезпечувати захист повною мірою, тому вона отримує готові антитіла від материнського організму під час внутрішньоутробного розвитку або ж з молоком після народження. **Штучний активний** імунітет формується шляхом вакцинації. **Штучний пасивний** імунітет пов'язаний із введенням в організм готових антитіл проти певного збудника – імунної сироватки. Вона використовується, якщо необхідно швидко побороти наявний у крові збудник або вилікувати дуже ослаблений організм. Імунний захист при цьому триває недовго.

**Поняття алергії.** Особливою формою імунної відповіді є алергія. Вона виявляється як підвищена реактивність на певні антигени, на які за нормальних умов імунна реакція не розвивається (пилок квітів, шерсть тварин, тощо) – алергенів (рис. 101). Зовнішніми виявами алергії є набряки слизових оболонок, розвиток запальних процесів (збільшення кровообігу в локальній ділянці шкіри, набряк, почервоніння, свербіння), підвищена чутливість верхніх дихальних шляхів (кашель, чхання, нежить). Більшість цих симптомів викликана виділенням у тканинах речовини гістаміну. Таким чином, **алергія** – це реакція гіперчутливості імунної системи, запуск захисних реакцій на стимули, що не є шкідливими для організму.

Складні механізми імунітету, що сформувалися у процесі еволюції, є однією з адаптацій до впливу хвороботворних біотичних агентів середовища існування.

Рис. 101. Найпоширеніші харчові алергени



Молоко, зернові (білок глютен), бобові, морепродукти (ракоподібні, молюски), арахіс, курячі яйця, горіхи, риба.



Якою має бути поведінка людини, яка знає, що в неї алергія на певні продукти?



1. Дайте означення понять *імунітет*, *алергія*.
2. Назвіть основні органи імунної системи.
3. Чим відрізняються клітинний і гуморальний імунітет?
4. Порівняйте специфічний і неспецифічний типи імунітету.
5. Що таке алергія?
6. Поясніть, чому імунітет, набутий батьками, не передається їхнім дітям.

## § 20. Імунотерапія та її значення



Як працює імунна система?

Проти яких хвороб вона найбільш ефективна?

Природний активний імунітет – головний шлях боротьби з інфекційними захворюваннями, що сформувався в процесі еволюції.

**Поняття імунотерапії.** Для ефективної боротьби з небезпечними хворобами імунітетові інколи потрібна «допомога».

❗ **Імунотерапія** – це спосіб лікування захворювань шляхом активації або пригнічення функціонування імунних механізмів організму людини.

До них належить розглянуте раніше використання імунних сироваток. Сироватки виготовляють із крові імунізованих до певного збудника людей або тварин, переважно коней. Широко застосовують сироватки проти токсичнів небезпечних інфекційних збудників (дифтерії, правця, ботулізму), отрути змії, збудників хвороб (грипу, сибірки, кліщового енцефаліту, лептоспірозу та інших). Метод лікування імунними сироватками отримав назустріч **серотерапія**. Досягнення в цій галузі були високо оцінені науковцями (рис. 102).

Важливим методом імунотерапії є **вакцинація**. Вакцина – це вбитий або ослаблений збудник хвороби, який зберігає здатність активувати Т- і В-лімфоцити для формування імунної відповіді. У разі контакту зі справжнім збудником імунна система реагує швидко і ефективно, забезпечуючи несприйнятливість організму до інфекції. Вакцинація дозволила людству повністю здолати натуральну віспу, а також істотно покращила ситуацію з іншими небезпечними інфекціями: гепатитом В, туберкульозом, дифтерією, правцем, коклюшем, поліоміелітом, коровою інфекцією тощо. До винайдення

Рис. 102. Еміль Адольф фон Берінг (1854–1917)



Історія Нобелівської премії в галузі фізіології або медицини почалася відзнакою важливості внеску Е. фон Берінга в розвиток медицини:

«За роботи, присвячені сироватковій терапії, особливо за її застосування в лікуванні дифтерії, що відкрило нові шляхи в медичній науці і тим самим дало до рук лікарів переможну зброю проти хвороби та смерті» (1901)

вакцинації ці хвороби були поширеними причинами дитячої смертності або інвалідизації. Щеплення проти них роблять у дитячому віці з повтором у підлітковому та дорослому відповідно до календаря вакцинації.

На жаль, у сучасному суспільстві трапляються «антивакцинаторські» настрої, їх прихильники приписують вакцинації спричинення різних патологій. Такі уявлення не мають наукового підґрунтя і є небезпечними для громадського здоров'я. Варто пам'ятати, що імунізація захищає не лише людей, яким зроблено щеплення. У реальних умовах не всі люди є імунізованими: деяким дорослим людям не можна робити щеплення за медичними протипоказаннями, деякі види щеплень мають вікові обмеження та їх ефективність вакцинації не є стовідсотковою. Якщо більша частина населення є імунізованою, поява хворої людини не приведе до епідемії, оскільки її будуть оточувати несприятливі до збудника люди. Так формується *колективний імунітет* – імунізовані люди захищають неімунізованих (рис. 103). Зменшення кількості вакцинованих людей руйнує колективний імунітет. Із цим пов'язано зокрема ускладнення ситуації з низкою хвороб – поліоміелітом, коровою інфекцією в Україні.

**Новітні досягнення в галузі імунотерапії.** До новітніх досягнень сучасної медицини можна віднести персоналізовану *імунотерапію раку*. Основним типом імунних клітин, які за нормальних умов знищують чужорідні клітини, у тому числі потенційні ракові, є Т-кілери. Їхня діяльність регулюється різними механізмами, одні з яких скеровані на активацію, а інші — на гальмування. Блокування винайдених нещодавно дослідниками таких молекулярних гальм приводить до розгальмування, збільшення рівня активації Т-клітин, які успішно винищують ракові. Описана технологія відкрила нові перспективи в лікуванні онкологічних хвороб (див. індивідуальне завдання на ст. 95).

Рис. 103. Формування колективного імунітету



За відкриття механізмів, що дозволили здійснювати описану в параграфі імунотерапію раку, у 2018 році було вручено Нобелівську премію в галузі фізіології або медицини. Підготуйте повідомлення про значення цього відкриття для людства, використовуючи інтернет-джерела.



1. Дайте означення поняття *імунотерапія*.
2. Які способи імунотерапії ви можете назвати?
3. Обґрунтуйте необхідність власної вакцинації кожної людини.

## § 21. Негативний вплив тютюнопаління, алкоголю та наркотиків



Що таке синапси, як вони працюють?

Раніше ми з'ясували, що своєю поведінкою людина істотно впливає на стан власного здоров'я. Низка поширеніших звичок має негативний вплив. До таких чинників можна віднести **вживання алкоголю і тютюнопаління**.

**Небезпечні звички.** Напої, що містять етиловий спирт, люди різних культур широко використовують упродовж століть. Тютюн був завезений з Північної Америки у XVII столітті. Однак негативний вплив обох звичок на здоров'я людини давно відомий – це збільшення ймовірності розвитку серцево-судинних патологій, порушень мозкового кровотоку, виразки шлунку, ракових захворювань голови, ротової порожнини, стравоходу, печінки тощо (рис. 104). Уживання алкогольних напоїв є причиною понад 5 % смертей щороку, до того ж найбільша частина припадає на віковий діапазон 20–39 років. Частка смертей від тютюнопаління навіть більша – близько 10 % (рис. 105). Часто високий рівень споживання алкоголю й інтенсивне тютюнопаління спостерігають у тих самих людей, що потенціює негативні ефекти обох чинників. Алкоголь у великих дозах має й негативні соціальні наслідки – нетвереза людина втрачає адекватність поведінки, схильна до ризикованих учинків, які можуть мати сумні наслідки (автомобільні катастрофи, бійки, злочини тощо). Тривале вживання високих доз алкоголю типово супроводжується стійкими соціальними проблемами: хворі на алкоголізм люди втрачають роботу, руйнують стосунки з близькими людьми, можуть учиня-

Рис. 104. Статистичні дані щодо обсягів куріння цигарок і смертності від раку легень поміж чоловіків і жінок в США

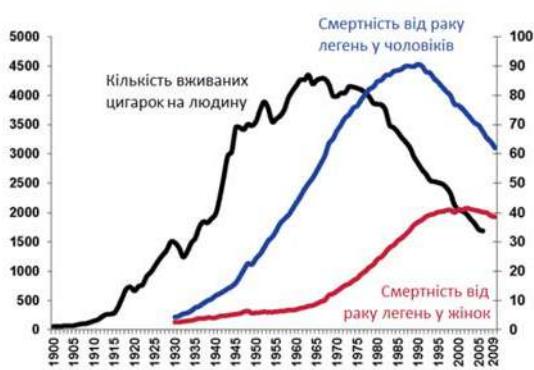
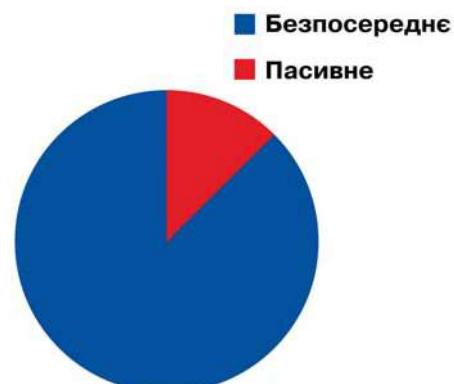


Рис. 105. Кількість щорічних смертей, викликаних безпосереднім курінням і пасивним курінням



Проаналізуйте наведені дані. Оцініть твердження.

- Смертність від раку легень пов'язана з інтенсивністю тютюнопаління.
  - Пасивне куріння, тобто перебування в атмосфері тютюнового диму, є повністю безпечним для людини, якщо вона сама не курить.
- Чи є поміж них правильні?

ти протизаконні дії, що сукупно призводить до зменшення тривалості життя та зниження його якості.

Захисні сили організму хворих на алкоголізм або курців знижуються, що призводить до збільшення ймовірності розвитку інфекційних хвороб, насамперед респіраторних. Більша частина курців на нашій планеті мешкає в країнах з низьким рівнем економічного розвитку. На жаль, статистика в Україні також невтішна: курить кожна четверта людина, а близько 80 % дорослих курців починають курити у віці до 18 років. Відмова від куріння та вживання великих доз алкоголю є важливими складовими здорового способу життя.

**Небезпека вживання наркотичних сполук.** Небезпечними чинниками, які впливають на здоров'я, є **наркотичні сполуки**. До них належать як природні, так і штучно синтезовані органічні сполуки різної хімічної природи (рис. 106). Ці сполуки об'єднують здатність суттєво впливати на діяльність нервової системи (збуджувально, седативно, галюциногенно тощо), а також викликати психологічне та фізіологічне звикання. Обіг наркотичних сполук законодавчо заборонений або істотно обмежений. Джерелами природних наркотичних сполук зазвичай є рослини: опійний мак (морфін), коноплі (тетрагідроканабінол), кока (кокаїн) та ін. Фізіологічним механізмом дії більшості наркотичних сполук є активація рецепторів на нервових клітинах, які входять до складу підкрайнільної мозкової системи («центрів задоволення»). За нормальних умов активація таких нейронів відбувається за позитивних впливів на наш організм – під час прийому смачної їжі, спілкування з коханою людиною, досягнення поставленої мети або розв'язанні складної задачі тощо. Ці клітини використовують як синаптичні нейромедіатори дофамін, серотонін, опіоїди та інші сполуки. Вплив наркотичних сполук призводить до збільшення тривалості активації рецепторів до зазначених сполук.

Рис. 106. Деякі рослини – джерела токсичних або наркотичних сполук



*Nicotiana tabacum*



*Cannabis sativa*



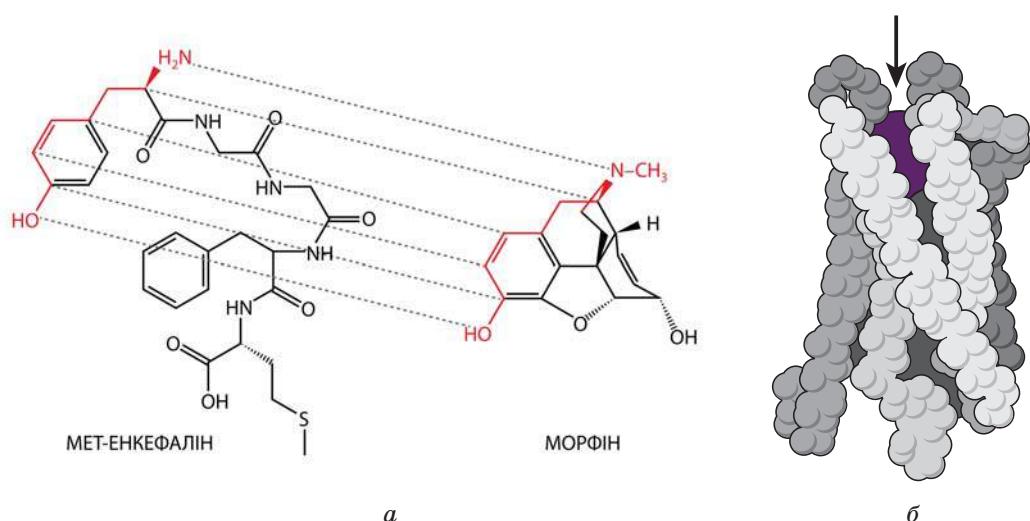
*Papaver somniferum*



Вирощувати та використовувати рослини, що є джерелами наркотичних речовин, заборонено. Ознайомтеся з правовими наслідками нелегального вирощування коноплі або маку в Україні, використовуючи додаткову літературу та інтернет-джерела.

Наприклад, хімічна структура морфіну частково нагадує структуру метенкефаліну — природної сполуки, що утворюється в мозку та активує деякі опіоїдні рецептори нейронів (рис. 107). Тому вплив морфіну на такі рецептори також супроводжується йхньої активацією. Стимуляція центрів винагороди є головним чинником, що зумовлює використання наркотичних засобів для зміни власного стану. Система підкріплення є вкрай важливою для нормальної регуляції поведінки людини, тому «несанкціоноване» втручання в її діяльність не може лишитися без наслідків. Надмірна дія наркотичних речовин на рецептори призводить до зменшення рівня їхньої активації внаслідок зменшення кількості молекул рецепторів або ж зміни їхньої молекулярної структури, до того ж це відбувається досить швидко. Відтак для досягнення бажаного ефекту стає потрібною щораз більша доза речовини — вона може зростати в десятки разів порівняно з першим прийомом. Зниження активності рецепторів також супроводжується тим, що фізіологічної кількості медіаторів, які виділяються нейронами, стає недостатньо для активації системи винагороди. Тому людині стає складно або неможливо досягти гарного настрою та відчувасти позитивні емоції без регулярного прийому наркотичних речовин — формується фізіологічна залежність. Її дуже важко здолати та повернути організм до нормального стану, оскільки до перебудови діяльності рецепторів залишенні генетичні й епігенетичні механізми. Усі наркотичні сполуки мають певну летальну дозу. Процес фізіологічного звикання наближує ефективну дозу наркотичної речовини до летальної, збільшуючи ймовірність передозування. Рецептори до багатьох таких сполук містяться також на клітинах дихального центру, де їхня активація супроводжується гальмуванням нейронів. Тому висока доза наркотичної речовини може привести до зупинки дихання.

Рис. 107. Хімічні формулі природного нейромедіатора та наркотичної сполуки рослинного походження (а), структура мембраничного рецептора (б)

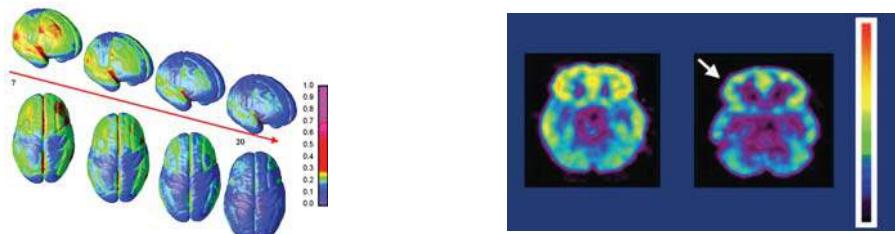


Поясніть, чому рецептори до мет-енкефаліну також реагують на морфін. Яку хімічну природу має молекула рецептора?

Іншим чинником небезпеки прийому наркотичних засобів є неконтрольованість їхнього обігу: оскільки синтез таких сполук заборонено, він відбувається в саморобних, неліцензованих лабораторіях, які не здатні забезпечити контроль хімічного складу, дозування, відсутності шкідливих домішок тощо, а прийом таких речовин завжди є «лотересю», ставкою в якій є здоров'я та життя. Okрім специфічних впливів на діяльність нервоїв системи (рис. 108), наркотичні сполуки мають побічні негативні ефекти стосовно діяльності інших систем: погіршення сну, пам'яті, уваги, розвиток емоційних порушень, галюцинації. Збільшується ризик розвитку інсультів та інфарктів, порушень функціонування органів дихання, травлення, нирок тощо. Спільне використання шприців для вживання ін'єкційних наркотиків наражає на небезпеку передавання з кров'ю збудників хвороб. Okрім біологічних наслідків, наркотична залежність спричинює соціальні проблеми: звичайних життєвих подій для гарного настрою стає недостатньо, висока мотивація знайти нову дозу недешевої та забороненої речовини штовхає людину на злочини, втрата адекватності поведінки в стані наркотичного сп'яніння також збільшує ймовірність скоєння протизаконних дій. Дехто вважає, що так звані «легкі» або «клубні» наркотики безпечні для здоров'я. Однак, хоч імовірність передозування такими речовинами менша, втручання в діяльність мозкової системи винагороди у випадку прийому таких сполук також має негативні наслідки.

Психоактивні сполуки, що викликають залежність, можуть бути використані як лікарські засоби – у психіатрії або для боротьби із сильним болем. Чезрь високий рівень небезпеки для здоров'я такі препарати призначають лише в разі крайньої необхідності. Утримання від уживання наркотичних речовин, тютюнопаління та надмірного вживання алкоголю є запорукою здорового способу життя та чинником збільшення тривалості та якості життя.

*Rис. 108. Довготривалий ефект уживання наркотичних речовин*



Зліва: дозрівання кори головного мозку в підлітків пов'язане зі змінами її товщини (показано динаміку у віці від 7 до 20 років). В останній чергус дозріває префронтальна (лобова) кора, що бере участь у контролі поведінки. Справа: активність префронтальної кори в людей з наркотичною залежністю знижена.



Поміркуйте, до яких наслідків у поведінці це може привести.



1. Схарактеризуйте наслідки впливу куріння тютюну та зловживання алкоголем для організму людини.
2. Висловіть судження про вплив наркотичних речовин на здоров'я.
3. Як наркотична залежність людини пов'язана із соціальними проблемами суспільства?
4. В Україні тютюн і алкоголь є легальними, а наркотичні сполуки – ні. Поміркуйте, чи має цей факт вплив на рівень зумовленої ними небезпеки для здоров'я.

## § 22. Стрес та його біологічне значення



Пригадайте будову та функції гіпоталамо-гіпофізарної системи.

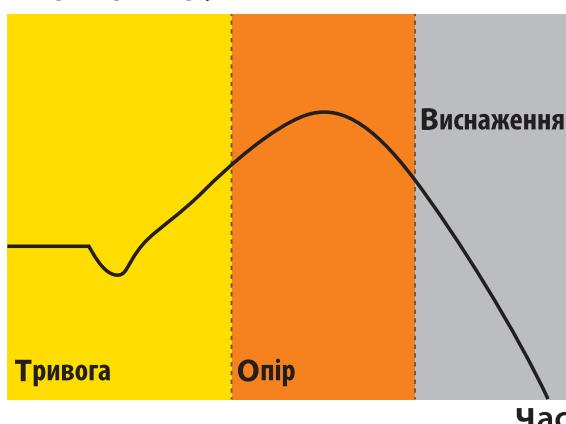
У процесі життєдіяльності людина адаптується до змін умов існування. Цей процес забезпечують регуляторні системи організму. У курсі біології людини ви розглядали численні приклади специфічних реакцій систем організму. Наприклад, під час виконання фізичної роботи спостерігається збільшення частоти та глибини дихання, частоти скорочень серця, артеріального тиску тощо. По закінченні роботи кровоносна та дихальна системи повертаються у вихідний стан.

**Поняття стресу.** Зміни умов існування можуть бути дуже сильними або тривалими. У такому випадку розвивається особлива реакція напруження регуляторних систем організму, яку називають *стресом*. Стреси можуть спричинятися найрізноманітнішими чинниками – *стресорами*. Особливістю стрес-реагування є його неспецифічність до конкретного характеру стресогенного чинника. За характером чинники можуть бути фізичними (зміни температури, травмування організму), біологічними (дія паразитів), соціально-психологічними (конфлікти, незадоволені потреби).

**Стадії розвитку стресу.** За особливостями змін функціонування організму виділяють три стадії розвитку стрес-реагування (рис. 109). Першу стадію, або реакцію *тривоги*, характеризують зростання рівня активації симпатичного відділу нервової системи й відповідні перебудови в характері функціонування всіх основних систем органів. Наступна стадія – *опір*, під час якої в організмі відбуваються зміни, скеровані на подолання дії стресогенного чинника.

Рис. 109. Зміни адаптаційних реакцій організму під час різних стадій розвитку стресу

### Опір стресору



Проаналізуйте графік.  
Прочитайте твердження щодо характеристики графіку.

- Здоровий організм здатен нескінченно довго чинити опір дії стресорів.
- На стадії виснаження людина може захворіти або навіть померти.
- Крива розвитку стрес-реакції залежить від типу стресогенного чинника.

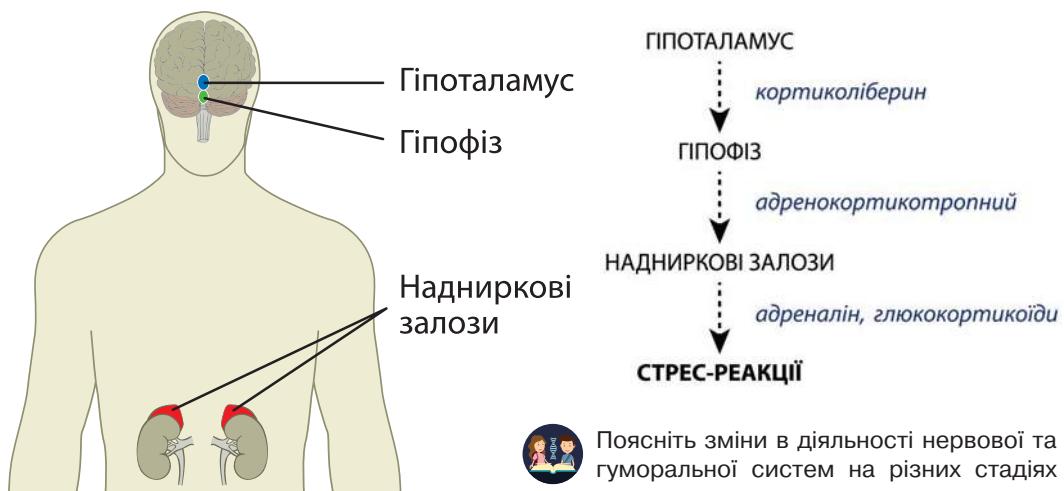
Чи є поміж них правильні?

Остання стадія – **виснаження** – розвивається, якщо організм не може успішно боротися зі стресором, її властиві посилення зрушень параметрів гомеостазу, виникнення захворювань і нервово-емоційних розладів тощо.

У розвитку стрес-реакцій визначна роль належить симпатичній нервовій системі, яка діє узгоджено з гіпоталамо-гіпофізарно-адреналовою системою гуморальної регуляції (рис. 110). Підвищення тонусу симпатичного відділу автономної нервової системи супроводжує хронічне зростання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску та збільшення концентрації глукози в крові. Гальмівні впливи симпатичної системи на травний тракт можуть призводити до розладів його діяльності. Під час розвитку стресу відбувається зростання секреції адренокортикопропного гормону гіпофізу, що стимулює секрецію корою надниркових залоз адrenalіну, ефекти дії якого подібні до симпатичних.

**Форми стресу.** Розрізняють дві основні форми стресу. **Еустрес** – це реакція організму на помірні за силу подразники. Для нього характерні активація описаних вище неспецифічних захисних механізмів, скерованих на боротьбу з несприятливими чинниками. Еустрес відповідає двом першим стадіям розвитку стрес-реакцій. Якщо через деякий час дію стресора не було подолано, стрес стає хронічним, а еустрес переходить у **дистрес**. Йому відповідає стадія виснаження, яку в суб'єктивній сфері супроводжує розвиток сильних негативно-емоційних станів. Для того, щоб запобігти розвитку дистресів, людина може певною мірою керувати своєюemoційною сферою. Так, аналізуючи свої реакції, треба коригувати власну поведінку і ставлення до оточення в бік позитивного їх сприйняття. Негативна оцінка навколоїшніх реалій може спричинювати погіршення здоров'я. Характер реагування дорослої людини на стресори залежить від її індивідуальних особливостей: як уроджених, так і набутих (наприклад переживання сильного стресу в дитинстві).

Рис. 110. Фізіологічні механізми розвитку стресових реакцій



Поясніть зміни в діяльності нервової та гуморальної систем на різних стадіях розвитку стресу.



1. Дайте означення поняття *стрес*.
2. Наведіть приклади стресорів і стрес-реакцій.
3. Поясніть різницю між еустресом та дистресом.
4. Чи може людина впливати на рівень стресу?
5. Поясніть біологічне значення стресу.

## § 23. Здоровий спосіб життя



Які складники можна виділити в структурі здоров'я?  
Які чинники впливають на здоров'я?

Як ви зрозуміли з попередніх параграфів, здоров'я людини частково залежить від спадкових чинників, а значною мірою – від якості середовища існування та поведінки людини. Індивідуальна система поведінки та звичок кожної окремої людини лежить в основі здорового способу життя, за якого вона може зберегти здоров'я, гармонійно розвиватися, мати високу працездатність і психоемоційну рівновагу.

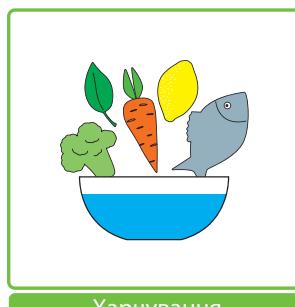
**Здоровий спосіб життя (ЗСЖ)** – сукупність складників поведінки людини, що сприяє збереженню та зміцненню здоров'я (рис. 111).

Важливим є розуміння принципів здорового способу життя – положень, якими керується людина для збереження та зміцнення здоров'я.

**Раціональне харчування.** Здорове харчування підвищує стійкість людини до інфекційних і паразитарних захворювань, а також істотно знижує ризик виникнення неінфекційних захворювань, зокрема діабету, ішемічної хвороби серця, інсульту та онкологічних захворювань.

Конкретний склад продуктів харчування оптимального раціону може істотно варіювати залежно від індивідуальних особливостей, як-от: вік, стать, спосіб життя, культурні особливості та харчові звички. Проте загальні принципи раціонального харчування є спільними: забезпечення енергетичного балансу; задоволення потреб організму в певних речовинах; дотримання режиму харчування. Енергетичний баланс харчового раціону – співвідношення енергії, що надходить до організму з їжею, та енергії, що витрачається

Рис. 111. Складники здорового способу життя



Харчування



Рухова активність



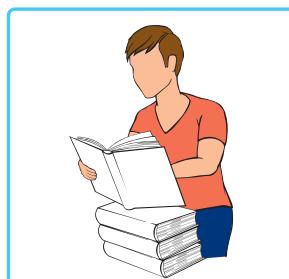
Режим дня



Гігієна



НІ! шкідливим звичкам



Саморозвиток

внаслідок його діяльності. Низька калорійність їжі не забезпечуватиме організм достатньою кількістю енергії для його функціонування. Натомість надмірна кількість калорій у їжі може призводити до ожиріння, яке є чинником ризику формування перелічених вище хвороб. Більше половини дорослого населення України має надмірну вагу, а рівень ожиріння сягає більш як у 20 %. Поміж підлітків надмірна вага трапляється у 17–22 % хлопців та 8–12 % дівчат.

Головними складниками їжі є білки, жири та вуглеводи, співвідношення між якими за масою приблизно має становити відповідно 1 : 1 : 4. У раціоні не повинно бути багато насичених жирів, а використання транс-жирів (наприклад у маргарині) треба уникати зовсім. Тваринні жири краще замінити на рослинні олії. Прості вуглеводи (моно- та дисахариди) мають становити до 10 % (а оптимально до 5 %) сумарної калорійності – це знизить ризик виникнення серцево-судинних хвороб, каріесу, надмірної ваги тощо. Крім перелічених сполук, добовий раціон повинен містити інші необхідні сполуки, наприклад вітаміни. Контроль кількості харчової солі, добова доза якої не повинна перевищувати 5 г, сприятиме профілактиці гіпертонічної хвороби та інших серцево-судинних патологій. Із методів приготування краще обирати варіння або готовування на пару, ніж смаження (рис. 112).

**Рухова активність і загартовування.** Уже йшлося про те, що підвищення адаптаційних можливостей організму людини можливе за рахунок рухової активності й загартовування (§ 5), а отже вони є складниками здорового способу життя. Під загартовуванням розуміють комплекс заходів, направлених на підвищення неспецифічної стійкості організму людини до чинників середовища. Рухова активність знижує ризик виникнення хвороб серця, інсульту, діабету, порушення кров'яного тиску, розвитку депресії та

Рис. 112. Загальні рекомендації щодо раціонального харчування



Оцініть, наскільки ваше харчування узгоджується із зображеними рекомендаціями. Що можна змінити на краще?

навіть виникнення деяких форм онкологічних захворювань. М'язова активність спричиняє значні витрати енергії, а відтак сприяє підтриманню енергетичного балансу організму та разом із збалансованим харчуванням запобігає розвиткові надмірної ваги. Низький рівень рухової активності називають гіподинамією. За оцінками ВООЗ, близько 23 % дорослих людей і 81 % дітей шкільного віку не мають достатнього рівня денної фізичної активності. Зазвичай жінки та дівчата є менш фізично активними, ніж чоловіки та хлопці, а люди похилого віку менш активні за молодих. Першочерговим ефектом фізичних тренувань, зрозуміло, є збільшення розмірів, сили та витривалості скелетних м'язів. М'язові волокна не здатні до поділу, тому механізмом росту м'язів є збільшення кількості міофібріл (гіпертрофія, § 4). Фізична активність, окрім власне м'язів, покращує функціональний стан серцево-судинної та дихальної систем, зміцнює кістки, зменшує ймовірність зламати їх при падінні (та й імовірність упасті). Варто зауважити, що під руховою активністю розуміють не лише цілеспрямовану фізкультуру або спорт (відвідування тренажерних залів чи басейнів), а й будь-яку активність, що пов'язана з роботою м'язів – активні ігри, ходіння, катання на велосипеді, хатні, садові, городні роботи, танці тощо (рис. 113). Будь-яка рухова активність, незалежно від мети (робота, навчання чи просто задоволення), є корисною для здоров'я. Необхідний рівень рухової активності є індивідуальним і залежить від стану організму. Для шкільного віку рекомендованим є мінімум у 60 хв активної діяльності. Для дорослих людей відправною точкою може бути щоденне проходження 8000 кроків. Існує чимало способів автоматично контролювати dennу активність за допомогою смартфонів або інших пристрій. Варто пам'ятати, що надмірне фізичне навантаження може бути шкідливим, особливо, якщо існують вроджені вади здоров'я. Також треба відзначити, що фізична активність

Рис. 113. Різні способи забезпечення мінімального рівня денної фізичної активності

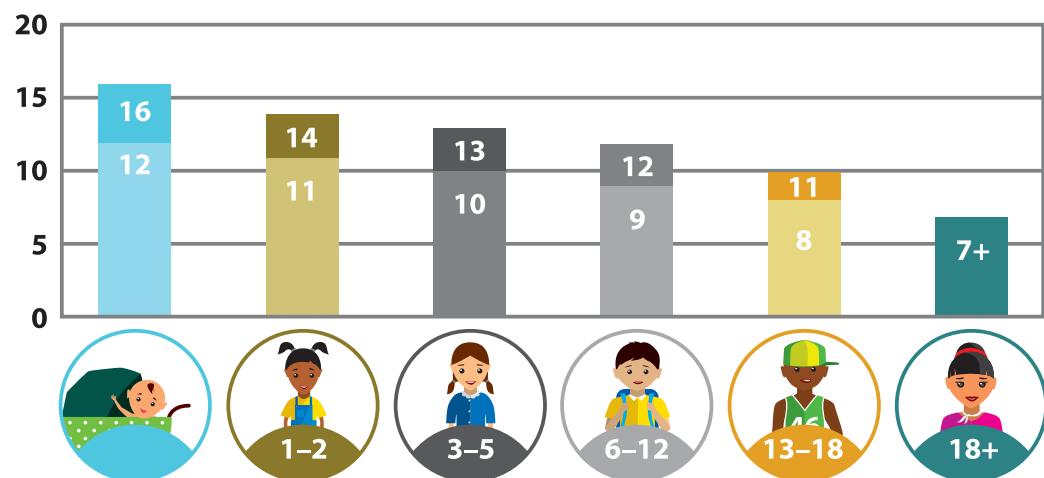


Оцініть власний рівень денної активності. Чи є він достатнім? Поясніть зміни в організмі людини, які супроводжують малорухливий спосіб життя.

ність має бути регулярною – проводити тиждень малорухливо, а потім за один прийом «відбігати» норму за всі дні є не менш шкідливим, ніж гіподинамія. Для того, щоб активність мала ефект на функціонування дихальної та серцево-судинної систем, разовий сеанс вправ чи тренування має тривати щонайменше 10 хв. Якщо ви ведете переважно малорухливий спосіб життя та вирішили змінити це (правильно!), треба починати з помірних навантажень, поступово збільшуючи їх. У разі наявності хронічних хвороб варто проконсультуватися з лікарем. Важливе значення для підтримання необхідного рівня рухової активності має не лише внутрішня мотивація людей, а й політика суспільства. Наприклад, користування велосипедом є гарним способом дістатися до школи, університету або місця роботи. Та для цього, окрім наявності у вас велосипеда, потрібна певна інфраструктура: безпечні та комфортні велосипедні смуги на дорогах, місця для паркування тощо. Школи, університети, робочі місця в ідеалі повинні бути обладнані місцями для занять фізкультурою. Відповідне планування громадського простору населених пунктів, особливо великих міст, матиме в довготривалій перспективі позитивний ефект на громадське здоров'я.

**Дотримання режиму дня.** Важливим принципом здорового способу життя є дотримання режиму дня. Це зумовлено існуванням добової ритміки змін характеру функціонування різних систем організму. Вони визначаються як внутрішніми (вродженими, генетичними), так і зовнішніми (зміни рівня освітленості) чинниками (§ 15). Невід'ємною частиною нормального добового ритму є сон. Добова потреба в ньому є досить індивідуальною в межах вікової норми (рис. 114). Варто пам'ятати, що недосипання є чинником розвитку стресу. Для якісного сну необхідно дотримуватися певних гігієнічних вимог до його перебігу: за кілька годин до сну припинити активну діяльність, уникати вживання стимуляторів (наприклад кофеїну), їжі, використання гаджетів

Рис. 114. Вікові норми тривалості сну (мінімальна та максимальна тривалість)



Проаналізуйте твердження.

I. Оптимальна тривалість сну є більшою в маленьких дітей порівняно з дорослими.

II. Діти віком до 1 року повинні спати майже всю добу (20–22 годин).

Чи є поміж тверджень такі, що відповідають наведеній на діаграмі інформації?

з яскравим екраном, задля формування ритмічності варто лягати спати в той самий час, спальня має бути добре провітrenoю, а ліжко та спальні принадлежності – комфортними. Також для гарного сну важливим є достатній рівень фізичної активності протягом дня. Просинатися варто за умов природного збільшення рівня освітлення (а не в темряві при зачинених шторах).

**Особиста гігієна.** Збереження та зміцнення здоров'я не можливі без дотримання правил особистої гігієни – комплексу заходів з догляду за шкірою, волоссям, а також одягом і взуттям (рис. 115). Гігієна організму пов'язана передусім з підтриманням чистоти покривів. Дотримання правил гігієни за побігатиме розвитку на шкірі та слизових оболонках інфекційних агентів, передачі деяких внутрішніх та зовнішніх паразитів. Важливим є дотримання гігієнічних вимог до одягу та взуття, особливо в період росту та формування організму (дитячий та юнацький вік).

**Психічна рівновага та саморозвиток.** Важливим для збереження здоров'я є підтримання комфортного психоемоційного стану, що забезпечується уникненням стресових ситуацій, позитивним мисленням, умінням переключатися між роботою та відпочинком, наявністю хобі, постійним творчим та особистісним розвитком тощо. З попередньо вивченого ми дійшли висновку, що істотний негативний вплив на здоров'я чинять наркотичні сполуки, тютюнопаління, надмірне вживання алкоголю тощо. Зрозуміло, що уникнення перелічених шкідливих звичок є обов'язковим елементом здорового способу життя.

Важливо слідувати настановам сучасної науки: вчасно проходити профілактичну вакцинацію та медичні огляди, у разі виникнення медичних станів звертатися по кваліфіковану допомогу, уникати самолікування тощо. Починайте ведення здорового способу життя з малого, вводячи крок за кроком корисні звички. Через деякий час ви помітите, що здоров'я вдячне вам за турботу про нього.

Рис. 115. Гігієнічні процедури



1. Поясніть, що таке здоровий спосіб життя.
2. Назвіть основні складники здорового способу життя.
3. Схарактеризуйте принципи раціонального харчування.
4. Оцініть вплив рухової активності на здоров'я людини.
5. Поясніть важливість гігієни сну для підтримання здоров'я.
6. Обґрунтуйте судження про необхідність дотримання гігієнічних вимог в особистому житті.
7. Сформулюйте поняття позитивне мислення, використовуючи додаткові джерела інформації.

## Практична робота.

### **Розробка рекомендацій щодо профілактики захворювань**

*Мета:* розробити рекомендації щодо профілактики захворювань

1. Які хвороби, на вашу думку, є найбільш поширеними та небезпечними в Україні? За допомогою інтернет-джерел знайдіть офіційну статистику.
2. Оберіть по одній хворобі з груп: інфекційні, паразитарні, неінфекційні. Ознайомтеся із інформацією щодо їх причин, симптомів і способів лікування. Які засоби профілактики цих хвороб пропонуються сучасною медициною?
3. Що спільного є відмінного в підходах до профілактики інфекційних, паразитарних та неінфекційних хвороб?
4. Ознайомтеся з календарем щеплення в Україні. Перевірте відомості стосовно власної вакцинації та ваших рідних. Чи достатньо ви захищені від відповідних хвороб?

Виконуючи роботу, пам'ятайте, що діагностика хвороб, визначення методів лікування та профілактики повинні здійснюватися фахівцями. Самолікування є небезпечним для здоров'я!

Джерела офіційної інформації:

- <https://www.who.int/> – сайт Всесвітньої організації охорони здоров'я
- <http://moz.gov.ua/> – сайт Міністерства охорони здоров'я України

## Навчальний проект.

### **Особиста програма зміцнення здоров'я**

*Мета:* визначити підходи до розроблення рекомендацій щодо профілактики захворювань

1. На основі вивченого матеріалу складіть перелік факторів, які впливають на стан вашого здоров'я:
  - оцініть якість середовища існування, питної води, повітря
  - наскільки ваш раціон відповідає принципам раціонального харчування?
  - чи достатній рівень вашої щоденної фізичної активності?
  - чи достатньо ви відпочиваєте, наскільки повноцінним є щоденний сон?
  - проаналізуйте, чи ви маєте шкідливі звички
2. Знайдіть додаткову літературу та розкажіть про необхідність фізичних вправ вашим рідним. Влаштуйте спільні тренування.
3. Оцініть простір, що оточує вас, з точки зору можливості та комфортності організації активного способу життя. Що можна змінити на краще? Чи є можливість зробити це самостійно або з допомогою сусідів, друзів?
4. Складіть перелік дій, за допомогою яких можна зміцнити власне здоров'я. Заведіть щоденник, у якому відмічайте прогрес їх виконання (самопочуття, щоденну активність тощо).
5. Ознайомте із підготовленим проектом та його результатами своїх однокласників, батьків або учнів молодших класів.

# Індивідуальне завдання

## Сучасна терапія онкологічних захворювань

Ознайомтеся з інформацією:

«Нобелівська премія в галузі фізіології або медицини 2018 року була вручена Джеймсу Еллісону й Тасуку Хондзю за відкриття терапії раку, що полягає в гальмуванні негативної імунної регуляції. Відкритий нобеліанами механізм можна спрощено пояснити на такому прикладі.



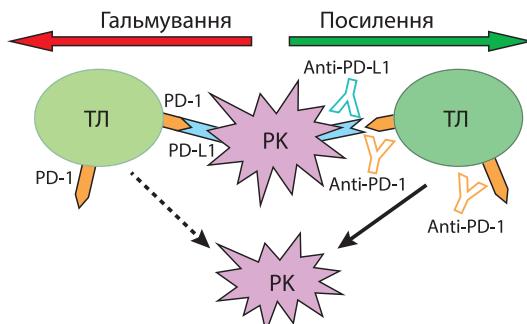
Джеймс  
Еллісон



Тасуку  
Хондзю

Т-лімоцити (ТЛ) мають у складі своїх мембран білок PD-1 (відкритий та досліджений Тасуку Хондзю). У разі активації цей білок ініціює програмовану загибел клітин, або апоптоз. Це зумовлює називу білка *Programmed Cell Death 1*.

У нормі цей механізм потрібен для обмеження імунної відповіді та запобігання розвитку атоімунних реакцій. Відомо, що деякі рапові клітини (РК) синтезують білок PD-L1, який активує PD-1. Відтак рапові клітини знижують активність Т-лімоцитів, які гірше атакують рапові клітини (пунктирна стрілка на рисунку). Це один з механізмів, через які імунна система дає змогу розвинутися раку. Дослідники припустили, що виключення активності білка PD-1 може спричинити протилежний ефект. Вони розробили антитіла до обох зазначених білків (Anti-PD-1 та Anti-PD-L1). Виявилось, що введення в організм таких антитіл супроводжує підвищення активності Т-клітин, які інтенсивніше атакують рапові (неперервна стрілка на рисунку), що призводить до їх знищення та руйнування пухлин.»



**Завдання 1.** Яке з поданих тверджень можна сформулювати на основі аналізу наведеної інформації?

А запограмовану загибел клітин називають мітозом

Б білок PD-1 виконує рецепторну функцію

В більшість рапових клітин виробляють антитіла проти PD-1

Г білки в клітинах синтезуються за участі рибосом

**Завдання 2.** Дві групи учнів обговорювали описаний механізм лікування раку. Перша група зазначила, що він є прикладом імунотерапії. Друга група висловила судження, що введення в організм Anti-PD-1 є різновидом вакцинації. Яка група має рацію?

А лише перша

Б лише друга

В обидві мають рацію

Г обидві помиляються

**Завдання 3.** Схарактеризуйте причини виникнення онкологічних хвороб людини. Висловіть власне судження стосовно необхідності розроблення протирарапових ліків і терапії.

## Індивідуальне завдання

### Маларія

Маларія є однією з найнебезпечніших хвороб сучасності. За даними ВООЗ щороку ця хвороба реєструється у 91 країні та уражає понад 200 млн людей.

Збудником маларії є одноклітинний еукаріотичний організм з роду *Plasmodium*. Його переносником є маларійні комари з роду *Anopheles*. Маларія виявляється регулярними нападами лихоманки. Перші симптоми з'являються через 10–15 днів після укусу інфікованим комаром. Якщо не почати лікування у перші 24 години, перебіг хвороби може бути важким, що може привести до смерті. Найбільш ефективним шляхом профілактики хвороби є боротьба з комахами-переносниками: використання протимоскітних сіток та застосування інсектицидів. Не менш важливим є лікування людей, що захворіли. Традиційними ліками є хінін, який є компонентом кори хінного дерева. У сучасній медицині використовують більш прогресивні синтетичні сполуки, одну з яких було винайдено китайською дослідницею Юю Ту. Вона аналізувала історичні медичні трактати, у яких звернула увагу на перспективну в лікуванні маларії рослину — Полін однорічний. Надалі з неї за допомогою сучасних наукових методів було виділено активну сполуку, що отримала назву артемізин (за назвою полину *Artemisia annua*). За відкриття цієї сполуки Юю Ту було присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології або медицини 2015 року.

**Завдання 1.** Яке з наведених тверджень можна сформулювати на основі аналізу наведеної інформації?

А Існує більше ніж 400 видів комарів *Anopheles*, з яких активними переносниками маларії є 30

Б Найбільш уразливою до маларії групою людей є діти віком до 5 років

В Ефективне лікування маларії здійснюється за допомогою антибіотиків

Г Маларія є трансмісивним захворюванням

**Завдання 2.** Дві групи учнів обговорювали поширення маларії у світі. Перша група зауважила, що найчастіше ця хвороба трапляється у країнах Африки. Друга група зазначила, що з 2000 по 2015 роки захворюваність на маларію у світі істотно знизилася. Хто має рацію?

А лише перша група

Б лише друга група

В обидві мають рацію

Г обидві помилляються

**Завдання 3.** Трапляється точка зору, що усі важливі способи лікування хвороб уже відомі людству й вони розглядаються як народна або нетрадиційна медицина. Чи є доцільним пошук новітніх лікарських засобів? Чи достатньо лише фітотерапії (лікування травами) для ефективної боротьби, зокрема з маларією? Сформулюйте власну точку зору та наведіть аргументи на її підтримку.

Регіон ВООЗ	2000	2005	2010	2015
Африка	427	378	315	246
Америки	40	26	16	9
Східне Середземномор'я	59	49	20	18
Європа	28	4	0.1	0
Південно-східна Азія	44	42	33	23
Тихоокеанський	11	6	5	4

Табл. Кількість випадків маларії на 1000 людей у різних регіонах світу.

## Самоконтроль рівня навчальних досягнень.

### БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

**Тестові завдання з однією правильною відповіддю (0,5 бала)**

- 1.** Наука, яка вивчає спадкові захворювання людини – це

  - А гігієна
  - Б психологія
  - В антропологія
  - Г медична генетика

- 2.** Відкриття та застосування яких речовин дозволило зменшити смертність, викликану інфікуванням хвороботворними бактеріями?

  - А ферментів
  - Б гормонів
  - В вітамінів
  - Г антибіотиків

- 3.** Є спадкові захворювання, які можна виявити цитологічними методами. Яке захворювання можна виявити за допомогою світлової мікроскопії?

  - А синдром Дауна
  - Б гемофілію
  - В дальтонізм
  - Г грип

- 4.** Вчасна вакцинація дозволяє знизити ризик захворіти на

  - А СНІД
  - Б гемофілію
  - В туберкульоз
  - Г фенолкетонурію

- 5.** Специфічний гуморальний імунітет зумовлений дією

  - А фагоцитів
  - Б лізоциму
  - В інтерферонів
  - Г імуноглобулінів

- 6.** Статевим шляхом може передаватися

  - А грип
  - Б малярія
  - В гепатит В
  - Г сонна хвороба

**Тестові завдання з однією правильною відповіддю (1 бал)**

- 7.** Проаналізуйте твердження щодо неспецифічного гуморального імунітету.
  - I. Його забезпечують хімічні речовини, яким притаманна протимікробна та противірусна дія.
  - II. Пов'язаний з виділенням антитіл, або імуноглобулінів.
 Чи є поміж них правильні?

  - А правильне лише I
  - Б правильне лише II
  - В обидва правильні
  - Г немає правильних

8. Учень та учениця обговорювали енергетичну цінність фруктів, уміст речовин у яких наведено. Учень зазначив, що найбільшу енергетичну цінність має інжир, який містить більше жирів і білків. Учениця зазначила, що найменшу енергетичну цінність має виноград.

Чи має хтось рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помиляються

Фрукти	Уміст у 100 г продукту		
	Білки	Жири	Вуглеводи
Інжир	2,8	0,9	57,8
Фініки	2,1	0,6	72,3
Виноград	0,1	0	17,3

9. Для обговорення впливу різних чинників на ріст і розвиток організму людини клас поділили на дві групи. Перша група зауважила, що поміж ознак організму людини є ті, що успадковуються і не змінюються в онтогенезі, зокрема група крові. Друга група зазначила, що до деяких захворювань людина може мати схильність, але під впливом умов середовища вони не розвиваються. Яка група висловила правильне судження?

- А лише перша
- Б лише друга
- В обидві групи
- Г жодна із груп

#### Тестове завдання з коротким описом (1,5 бала)

10. Схарактеризуйте білки за наведеними ознаками й укажіть речовину, яка належить до цієї групи органічних речовин.

Мономерами білків є

- 1 жирні кислоти
- 2 амінокислоти
- 3 нуклеотиди

Функція білків у клітині

- 1 каталітична
- 2 теплоізоляційна
- 3 збереження спадкової інформації

До білків належить

- 1 хітин
- 2 глікоген
- 3 інтерферон

11. Назвіть відкриття, які зумовили розвиток певного напряму медицини.

Удосконалення профілактики інфекційних захворювань стало можливим унаслідок

- 1 відкриття антибіотиків
- 2 винайдення томографів
- 3 розроблення системи водопостачання будинків

Імпульс розвитку генетики й молекулярної біології надало

- 1 використання вакцин
- 2 винайдення анестезії
- 3 використання рентгенівських променів

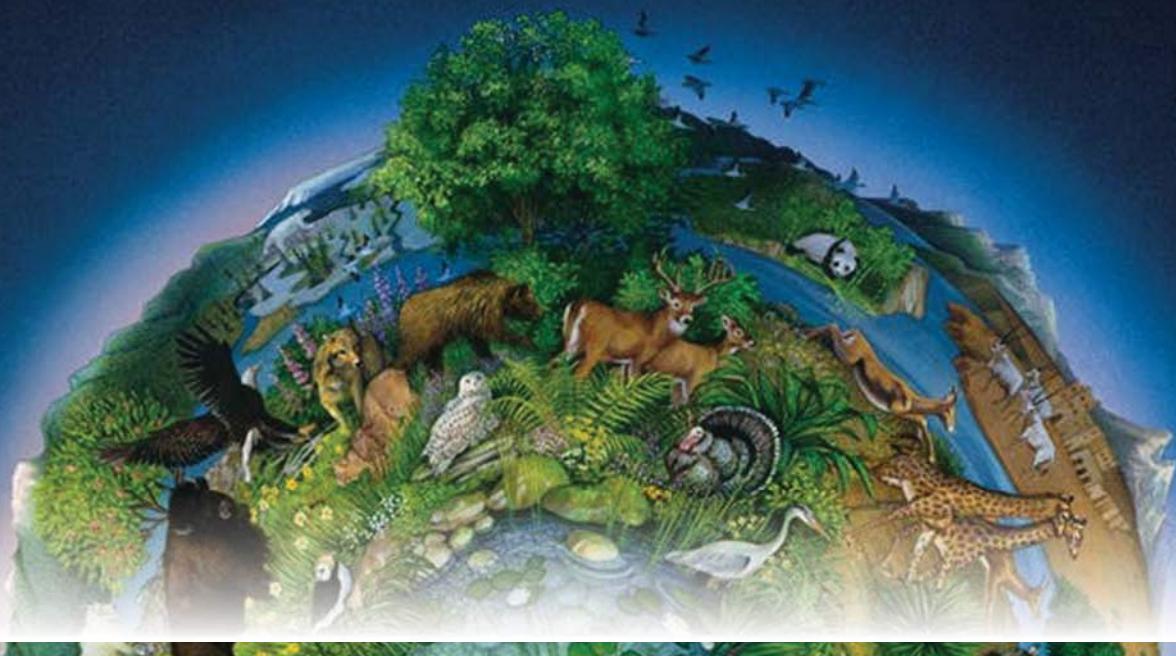
Розвиток хірургії зумовлений

- 1 винайденням анестезії
- 2 підвищеннем якості питної води
- 3 розробленням системи водопостачання будинків

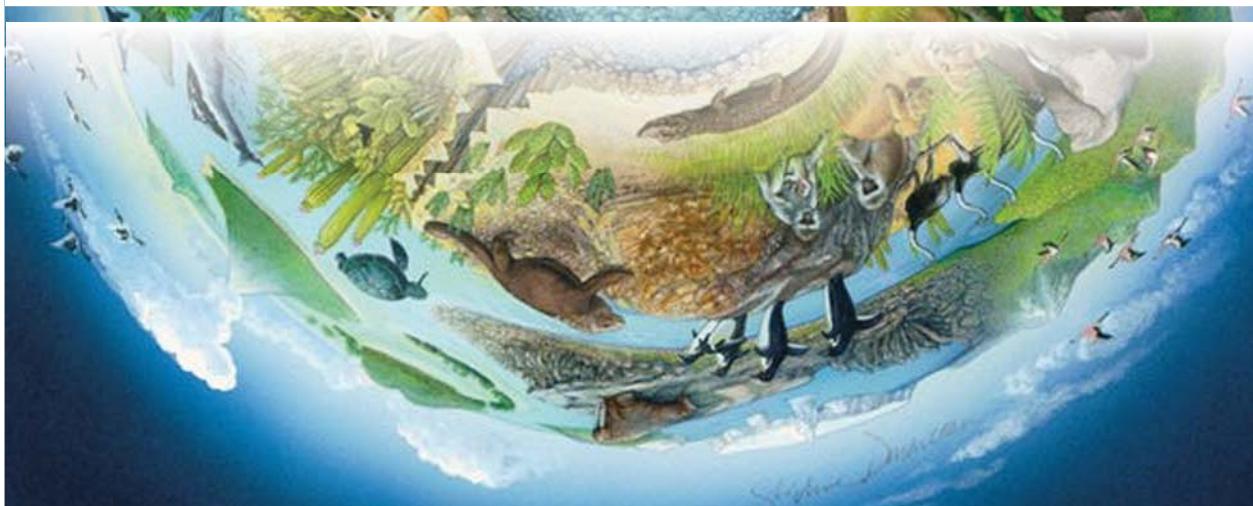
#### Виконайте обране завдання в письмовій формі (3 бали)

1. Доведіть чи спростуйте твердження: «Стан здоров'я людини зумовлений переважно функціонуванням її генів».

2. Чи зможе людство в близькій перспективі повністю здолати інфекційні хвороби? Обґрунтуйте власне судження.



*Тема 7*  
**ЕКОЛОГІЯ**



## З історії відкриттів

Накопичення людством знань про взаємовідносини організмів з навколошнім середовищем почалося давно. Значний внесок у вивчення навколошнього середовища зробили філософи Стародавньої Греції. Наприклад, Арістотель створив Ліцей (школу), а при ньому сад, де проводив дослідження. У книжці «Історія тварин» він описав понад 500 видів їх.

**Ернст Генріх Філіп Август Геккель** (1834–1919) – німецький природодослідник і філософ. Науковець виявив, описав і назвав тисячі нових видів, зробив карту генеалогічного дерева, що стосується всіх життєвих форм, і запропонував багато термінів у біології, зокрема «тип» та «екологія». У 1866 р. в своїй праці «Загальна морфологія організмів» він дав визначення нової науки – екології: «*Екологію ми розуміємо як загальну науку про взаємовідносини організму і навколошнього середовища, до якого ми зараховуємо всі умови існування в широкому значенні цього слова*».

**Карл Август Мебіус** (1825–1908) – німецький зоолог і ботанік, один із засновників екології, перший директор музею природознавства в Берліні. У 1868–1870 роках науковець вивчав особливості місць перебування устриць. К. Мебіус докладно описав взаємодії різних організмів, що мешкають на узбережжі, й увів поняття «біоценоз».

Термін «біосфера» запропонував 1875 року австрійський геолог **Едуард Зюсс**. Він розглядав біосферу як простір, заповнений життям.

**Артур Тенслі** (1871–1955) – британський ботанік, якого вважають одним з перших у світі екологів. 1935 року в праці «Правильне і неправильне використання ботанічних термінів» науковець увів термін «екосистема».

Усеєвітню популярність **Рейчел Луїз Карсон**, американській біологині та письменниці, принесла книга «Мовчазна весна», присвячена шкідливій дії пестицидів на організми.

Поміж українських екологів можна виділити **Яніну Яценко**, яка 1962 року розробила проект Полтавського дендропарку й опікувалася його створенням.

Видатний український природодослідник **Володимир Вернадський** – творець учения про живу речовину й біосферу. Основи свого вчення він виклав у праці «Біосфера» (1926). Вернадський дійшов висновку, що життя може існувати лише у формі гіантської системи – біосфери. Багато й плідно Вернадський працював над створенням узагальнювального вчення про взаємовідносини природного середовища й суспільства, що дісталася назву «теорії ноосфери». Учень і соратник В. Вернадського, академік **Олександр Ферсман** зазначав: «...Ще багато років доведеться попрацювати і його учням, і історикам природознавства, щоб виявити основні шляхи його наукової творчості, розгадати складні, ще далеко не зрозумілі побудови його тексту. Це завдання майбутніх поколінь...».



Едуард Зюсс  
(1831–1914)



Рейчел Луїз Карсон  
(1907–1964)

## § 24. Екологія як наука



Які рівні організації живого вам відомі?  
Які середовища існування вам відомі?  
Що таке адаптація?

Американський еколог і зоолог Юджин Одум, автор класичної праці «Екологія» дав найкоротше означення екології. Він зазначав, що екологія – це біологія навколошнього середовища (рис. 116).

**Поняття екології.** Термін «екологія» (від грец. *oikos* – житло, оселя і *logos* – наука, вчення) запровадив німецький природодослідник і філософ Ернст Геккель 1866 року в праці «Загальна морфологія організмів» для позначення біологічної науки, що вивчає взаємозв'язки організмів з навколошнім середовищем.



**Екологія** – наука, що вивчає взаємозв'язки організмів та їх угрупувань між собою та з навколошнім середовищем, структуру та функціонування надорганізмових систем.

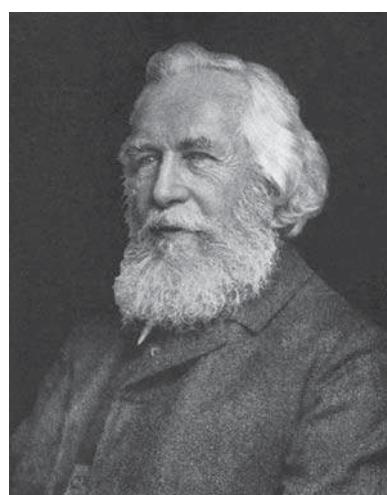
**Предмет вивчення та завдання екології.** Екологія вивчає закони та закономірності взаємодії організмів й надорганізмових біологічних систем між собою та з навколошнім середовищем; особливості структури, функціонування, формування, розвитку популяцій та екосистем; функції популяцій, екосистем і біосфери. Дослідження в цій галузі біологічної науки можливлюють розкриття механізмів адаптації організмів, популяцій, екосистем до біотичних, абіотичних та антропічних чинників навколошнього середовища.

Головними завданнями екології є:

Рис. 116. Науковці, що зробили свій внесок у становлення екології як науки



Юджин Одум (1913–2002)



Ернст Геккель (1834–1919)



Ознайомтесь з біографіями цих видатних науковців, використовуючи додаткові літературні джерела та інтернет-ресурси. Зверніть увагу на їх відданість науці.

- установлення закономірностей взаємозв'язків між організмами, їхніми угрупованнями й умовами навколошнього середовища;
- роздоблення методів визначення екологічного стану природних і штучних угруповань;
- спостереження за змінами в окремих екосистемах і біосфері загалом, прогнозування їхніх наслідків;
- створення бази даних і розроблення рекомендацій для екологічно безпечної планування господарської та соціальної діяльності людини;
- застосування екологічних знань в охороні навколошнього середовища та раціональному використанні природних ресурсів.

Виконання цих завдань уможливить перехід до постіндустріального, інформаційного суспільства.

**Структура екологічної науки.** Наразі виділяють три основні розділи екології: біоекологія, геоекологія та прикладна екологія.

**Загальна екологія, або біоекологія,** – вивчає взаємозв'язки біологічних систем різних рівнів із середовищем і між собою. Цей напрям екології своєю чергою поділяють на такі підрозділи: **аутекологія** вивчає закономірності взаємозв'язків організмів окремого виду з середовищем існування (рис. 117); **демекологія**, або екологія популяцій, вивчає популяції окремих видів (рис. 118); **синекологія**, або екологія угруповань, аналізує взаємозв'язки між особинами, що належать до різних видів угруповання організмів, а також між ними і середовищем існування (рис. 119); **біосферна екологія** досліджує процеси, що протікають у біосфері (біогеохімічні цикли, забруднення атмосфери тощо), і зміни, що відбуваються в результаті господарської діяльності людини.

**Геоекологія** вивчає геосфери, їх динаміку й взаємодії, геофізичні умови життя, абіотичні чинники, що діють на організми.

Рис. 117. Об'єкт вивчення аутекології



Рис. 118. Об'єкт вивчення демекології



Рис. 119. Об'єкт вивчення синекології



Особина лосося, що знаходиться під впливом різних чинників

Популяція лосося, що мешкає у певній водоймі

Вовк уполював лосося (взаємозв'язок хижак-жертва)



Порівняйте об'єкти вивчення аутекології, демекології та синекології.

Наведіть інші приклади об'єктів вивчення аутекології, демекології та синекології.

Предметом вивчення *прикладної екології* є аспекти інженерної, соціальної, економічної охорони середовища існування людини, взаємовідносин природи і суспільства, екологічних принципів охорони природи.

**Методи екології.** Під час екологічних досліджень науковці аналізують біологічні системи різного рівня організації та їхні зв'язки з навколоишнім середовищем. Основу сучасної екології становить поєднання системного підходу, спостережень, експерименту та моделювання. Тому в екології виділяють декілька груп методів.

**Методи реєстрації параметрів і оцінки стану навколоишнього середовища** – необхідна частина будь-якого екологічного дослідження. До цих методів належать метеорологічні спостереження, вимірювання вологості, температури, освітленості, хімічного складу повітря, води та ґрунту, оцінювання техногенного забруднення навколоишнього середовища, вимірювання радіаційного фону тощо. До цієї групи методів належать також моніторинг (періодичне або безперервне стеження за станом екологічних об'єктів та якістю середовища) й біоіндикація (використання для контролю якості середовища особливо чутливих до чинників екологічного середовища організмів та угруповань) (рис. 120).

**Методи кількісного обліку організмів, оцінювання біомаси та продуктивності.** Ці методи лежать в основі вивчення природних угруповань. Для цього застосовують підрахунки кількості особин на контрольних ділянках, в об'ємах води, повітря та ґрунту; виловлювання й мічення тварин; спостереження за їхніми переміщеннями; аерокосмічну реєстрацію чисельності стад тощо (рис. 121).

**Методи дослідження впливу чинників середовища на організми** – найрізноманітніша група екологічних методів. Такі дослідження здійснюють за допомогою спостереження в природі та проведення експериментів у лабораторних

Рис. 120. Методи реєстрації параметрів і оцінювання стану навколоишнього середовища



Лишайники є біоіндикаторами, бо чутливі до чинників навколоишнього середовища

Рис. 121. Методи кількісного обліку організмів, оцінювання біомаси та продуктивності



Виловлювання та мічення птахів відбувається з метою кількісного обліку особин і маршрутів їхньої міграції



Наведіть інші приклади біоіндикаторів.



Підготуйте повідомлення про застосування цих методів у дослідженнях, використовуючи інтернет-джерела.

умовах. *Спостереження* – вивчення біологічної системи в природних умовах шляхом фіксації певних її ознак (рис. 122, а). *Експеримент* – дослідження, коли об'єкт ставлять в умови, за яких можна вивчати дію певного чинника або групи чинників.

*Методи вивчення взаємозв'язків між організмами в угрупованнях* передбачають натурні спостереження та лабораторні дослідження трофічних зв'язків, проведення дослідів з перенесенням «міток» радіоактивних ізотопів, що дозволяє визначити кількість органічної речовини, яка переходить від однієї ланки трофічного ланцюга до іншої. Особливе значення має експериментальна методика створення та дослідження штучних екосистем (рис. 122, б).

*Методи моделювання* передбачають побудову та використання моделей в екології, що забезпечує можливість прогнозування динаміки розвитку біологічних систем. Це особливо важливо, якщо екосистема піддається зовнішнім, антропічним впливам. Прийоми моделювання дозволяють будувати обґрунтовані прогнози глобального розвитку.

**Зв'язок екології з іншими науками.** Екологія має зв'язок з іншими біологічними науками. Це, наприклад, фізіологія, цитологія, генетика, біофізика, теорія еволюції. Відтак у науці сформовано багато синтетичних напрямів (екологічна фізіологія, еволюційна екологія тощо).

Екологія тісно переплетена з небіологічними науками – фізигою, хімією, геологією, географією тощо. Екологічний підхід до розв'язання географічних і фізико-географічних проблем як найкраще застосовано в гідробіології: вивчення сукупності організмів, які населяють товщу води і дно, здійснюють разом з дослідженнями різних чинників води, припливно-відпливних явищ тощо.

На перетині з геологією і палеонтологією виникла палеоекологія, що відновлює екологічні зв'язки вимерлих видів рослин і тварин. Із розв'язанням проблем раціонального природокористування пов'язано виникнення екології ландшафтів.

*Рис. 122.* Методи: а – дослідження впливу чинників середовища на організми, б – вивчення взаємозв'язків між організмами в угрупованнях



а

Моніторинг стану коралів  
за кольоровою шкалою  
(Університет Квінсленда, Австралія)



1. Дайте означення поняття *екологія*.
2. У чому полягають предмет і завдання екології?
3. Яка структура сучасної екологічної науки?
4. Схарактеризуйте методи сучасної екології.
5. У чому полягає зв'язок екології з іншими науками?
6. Обґрунтуйте значення екологічних знань для людства.



б

Створення штучних екосистем та  
вивчення їх функціонування

## § 25. Екологічні чинники



**Назвіть екологічні чинники.**

**Поясніть вплив екологічних чинників на біологічні системи.**

Ви вже могли впевнитися, що кожний організм тісно пов'язаний і значною мірою залежить від середовища, що його оточує, хоча й сам впливає на нього. Вплив середовища на організми зазвичай оцінюють через окремі чинники.

**Екологічні чинники.** Організм як складник живого світу в навколошньому середовищі перебуває під одночасним впливом різних чинників, які сукупно називають екологічними.



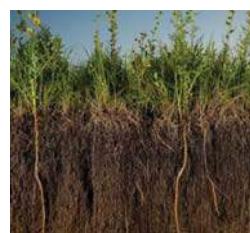
**Екологічні чинники** – це всі складники навколошнього середовища, що впливають на стан і властивості організмів та їхніх угруповань. Залежно від природи й особливостей їх поділяють на групи: абіотичні, біотичні та антропічні.

**Абіотичні чинники** – це складники та властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на окремі організми та їхні угруповання. Ці чинники поділяють на чотири групи. *Кліматичні* – це всі чинники, які формують клімат і здатні впливати на життя організмів (світло, температура, вологість, атмосферний тиск тощо). Властивості ґрунту, які мають вплив на життя організмів, утворюють групу *ґрунтових* чинників. Орографічні чинники – це вплив характеру рельєфу на життя організмів (висота місцевості над рівнем моря, широта місцевості стосовно екватора тощо). *Гідрофізичні* чинники – це вплив води в усіх станах і фізичних чинників середовища (шум, вібрація тощо) на життя організмів (рис. 123).

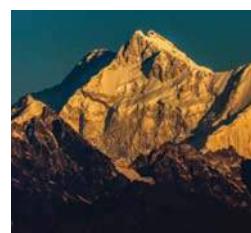
*Рис. 123. Абіотичні чинники*



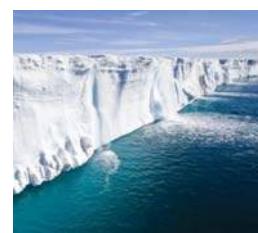
Світло – глобальний кліматичний чинник



Грунтові чинники – властивості ґрунту, що впливають на життя організмів



Висота місцевості над рівнем моря – орографічний чинник



Гідрофізичний чинник – вода у твердому (айсберг) і рідкому станах



Схарактеризуйте вплив кліматичних чинників (температури, вологості, атмосферного тиску) на власний організм. Зробіть висновок про свою поведінку в умовах несприятливої дії кліматичного чинника.



Створіть просвітницький проект для учнів і учениць основної школи «Абіотичні чинники екосистеми моєї місцевості проживання».

До **біотичних чинників** відносять різноманітні впливи організмів один на одного. Залежно від виду організму, що впливає, іх поділяють на дві групи. **Внутрішньовидові** чинники – це вплив на організм особин того самого виду, а **міжвидові** – це взаємодії організмів різних видів (рис. 124). Уже йшлося про наслідки внутрішньовидової та міжвидової конкуренції організмів (§ 8), форми взаємодії та співіснування організмів різних видів в екосистемі (§ 9). Основною формою біотичного впливу здебільшого є трофічні зв'язки.

**Антропічні чинники** – це сукупність впливів людини на функціонування організмів. Залежно від характеру впливу їх поділяють на дві групи. Чинники **прямого впливу** – це безпосередня дія людини на організм (скошування трави, вирубування лісів, відстрілювання тварин, виловлювання риби тощо). Вплив людини, зумовлений негативними або позитивними наслідками її господарської діяльності, відносять до чинників **непрямого впливу** (рис. 125).

**Загальні закономірності дії чинників навколошнього середовища на організми.** Незважаючи на різноманітність екологічних чинників, у характері їх впливу на організм і в реакціях живих істот у відповідь можна виділити деякі закономірності, які є значною мірою універсальними стосовно організмів. Результатом узагальнення багатьох досліджень у цій галузі є розкриття однієї з основних закономірностей, яку називають **законом оптимуму**. Відповідно до цього закону для організму або екосистеми є діапазон найбільш сприятливого (оптимального) значення чинника. Сприятливу силу впливу називають **зоною оптимуму** екологічного чинника або просто екологічним оптимумом для організму цього виду.

Оптимальними умовами вважають ті, за яких особини певного виду виявляють максимальну життєдіяльність і залишають найбільше потомство, тобто є найбільш пристосованими до умов середовища.

Рис. 124. Біотичні чинники



Внутрішньовидова конкуренція особин популяції зайців за кормову базу



Міжвидові взаємозв'язки – полювання лисиці на зайця

Рис. 125. Антропічні чинники



Чинник прямого впливу – вирубування лісів



Чинник непрямого впливу – забруднення повітря викидами промисловості



Обговоріть у групах роль біотичних та антропічних чинників в екосистемах. Чому на сучасному етапі розвитку людства виділяють окрім антропічні чинники?

Зменшення або збільшення сили впливу чинника відносно меж оптимального діапазону знижує життєздатність організмів. Максимальне й мінімальне значення чинника – це критичні точки, за межами яких існування організму вже не можливе, настає загибель. Такі точки називають верхньою і нижньою межами або екологічним мінімумом і екологічним максимумом. Діапазон сили чинника між екологічним мінімумом і максимумом називають межами витривалості або межами толерантності. Життедіяльність організму графічно описують куполоподібною кривою (рис. 126).

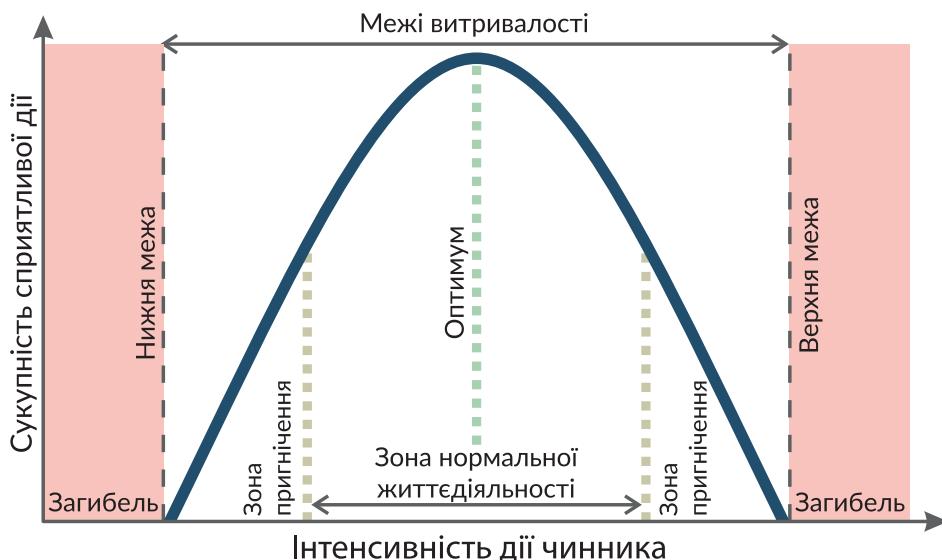
Здатність видів адаптуватися до того або іншого діапазону чинників середовища називають **екологічною пластичністю** виду, тобто здатністю організмів пристосуватися до змін умов навколошнього середовища. Кількісно екологічна пластичність охоплює діапазон значень чинника від нижнього екологічного мінімуму на шкалі чинника до верхнього екологічного максимуму.

Що ширший діапазон коливання чинника, у межах якого цей вид може існувати, то більша його екологічна пластичність і то ширші в нього межі витривалості (§ 5).

Описана закономірність ґрунтуються на відкриттях, які були зроблені природодослідниками в кінці XIX та на початку XX століття. Історично першим для екології є закон мінімуму, сформульований німецьким ученим Юстусом фон Лібіхом 1840 року. Цей закон установлює залежність біологічних систем від чинників, які обмежують їхній розвиток – лімітувальних чинників: якщо кількість і якість екологічних чинників близькі до мінімуму, необхідного для організму, він виживає, якщо менші за цей мінімум – організм гине, а стійкість екосистеми знижується (рис. 127).

Уперше припущення про лімітувальний (обмежувальний) вплив максимального значення чинника нарівні з мінімальним значенням було висловлено

*Рис. 126. Дія екологічного чинника*



На прикладі за власним вибором описані дії екологічного чинника.  
Обговоріть у групах загальні закономірності дії чинників середовища на організм.

1913 року американським зоологом Віктором Ернестом Шелфордом, який установив фундаментальний біологічний **закон толерантності**: діапазон значень зміни чинника від екологічного мінімуму до екологічного максимуму, за якого організм здатний пристосуватися до змін умов середовища, визначає межі витривалості організму.

Найчастіше лімітувальними чинниками є температура, світло, тиск тощо. Саме вони зазвичай зумовлюють межі поширення популяцій та їхні ареали. Екологічна толерантність різних видів може сильно відрізнятися. Так, північні олені витримують коливання температури повітря від -55 до +20...+30°C, а тропічні корали гинуть уже за зміни температури на 5-6 °C.

Швейцарський природодослідник Едуард Рюбель 1930 року встановив **закон взаємокомпенсації чинників**: відсутність або нестача деяких екологічних чинників може бути компенсована іншим близьким (аналогічним) чинником.

Наприклад, нестача світла для рослини може бути компенсована надлишком вуглекислого газу в повітрі. Світло є необхідним для головного автотрофного процесу рослинних організмів – фотосинтезу. Підвищена концентрація вуглекислого газу може пришвидшувати біохімічні реакції, у яких він включається до складу органічних сполук. Однак подібні можливості надзвичайно обмежені. За умови повної відсутності світла фотосинтез не зможе відбуватися зовсім навіть за найсприятливіших інших факторах. Для розуміння впливу екологічних чинників має значення закономірність, яку називають **законом незамінності фундаментальних чинників**: повна відсутність у середовищі фундаментальних екологічних чинників (світла, води тощо) не може бути замінена іншими чинниками. Пригадавши основи біохімії з попередніх курсів, ви можете аргументовано пояснити, чому нестача, приміром, Нітрогену не може компенсуватися іншими елементами.

*Рис. 127. Модель дії лімітувального чинника*



Ю. фон Лібіх використовував діжку для ілюстрації закону (модель називають діжкою Лібіха). Так само як об'єм діжки, виготовленої з нерівних дощечок, обмежений найменшою дощечкою, так і ріст рослини та її врожайність обмежуються поживною речовиною, наявною в найменшій кількості.



Поясніть на прикладах різних біологічних систем, як ви розумієте дію цього закону.



1. Дайте означення понять екологічні чинники, біотичні чинники, абіотичні чинники, антропічні чинники.
2. Порівняйте абіотичний, біотичний та антропічний чинники.
3. Назвіть основні екологічні закони.
4. Поясніть сутність основних екологічних законів.
5. Проілюструйте на прикладах дію в природі законів оптимуму, взаємокомпенсації екологічних чинників, незамінності фундаментальних чинників.

## § 26. Поняття популяції



**Що таке біологічний вид?**  
**Що таке екологічна ніша?**

Вам відомо, що одиницею еволюції Чарлз Роберт Дарвінуважав популяцією. Цієї думки притримуються також сучасні науковці.

**Поняття популяції.** Біологічний вид у процесі свого історичного розвитку пристосовується до певних умов існування, що визначає межі його поширення (ареал). У межах поширення виду його особини живуть сукупностями – популяціями. Наявність популяцій у природі пов’язана з неоднорідністю умов існування на території, що її займає вид. Що більш різноманітними є умови існування в ареалі виду, то більшою є кількість популяцій, із яких він складений.



**Популяція** – сукупність особин виду, яка займає частину території його поширення й ізольована від інших подібних сукупностей цього виду.

Часто особини однієї популяції більше схожі між собою порівняно з представниками інших популяцій, оскільки всередині популяції схрещування відбувається значно частіше (рис. 128).

**Характеристики популяції.** Популяцію характеризують такі основні показники: площа або об’єм, чисельність, щільність, народжуваність, смертність, пририст. Популяція в екосистемі займає певну **площу** або **об’єм**. **Чисельність популяції** – кількість особин на цій території або в цьому об’ємі (води, повітря, ґрунту), що належать до однієї популяції.

**Щільність** популяції – це середня кількість особин, що припадає на одиницю площини чи об’єму (для мешканців водного середовища) території, яку

Рис. 128. Особини різних популяцій виду Вивірка звичайна



Яка особливість відрізняє особин цих популяцій?



Наведіть приклади інших тварин або рослин, що мають такі особливості, використовуючи додаткові літературні джерела та інтернет-ресурси.

вони займають. У разі збільшення чисельності щільність популяції не росте лише у випадку її розселення, розширення ареалу. **Народжуваність** – це число особин популяції, які народжуються за одиницю часу, а **смертність** – кількість особин, які гинуть за цей самий час. Різниця між народжуваністю та смертністю становить **приріст** популяції, що може бути як позитивним, так і негативним залежно від умов навколошнього середовища.

**Структура популяції.** Унаслідок взаємодії популяції з навколошнім середовищем формується її структура. Структура популяції є формою адаптації до умов її існування, своєрідним відзеркаленням екологічних чинників, що на неї впливають. Виділяють статеву, вікову, просторову й етологічну структуру популяції. **Статеву** структуру популяції визначає співвідношення особин різних статей, а **вікову** – розподіл її особин за віковими групами. Скорочення частки статевонезрілих особин свідчить про можливе зниження чисельності популяції в майбутньому, коли ці особини залишать нечисленне потомство. **Просторова** структура популяції – це особливості поширення особин популяції на території, яку вона займає. Залежно від характеру використання території, популяції тварин поділяють на осілі (наприклад, кроти), кочові (шпаки, песці) та мігруючі (перелітні птахи, лемінги) (рис. 129). Зв'язки між особинами, що виявляються в їхній поведінці, зумовлюють **етологічну** структуру популяції. Є організми, що ведуть поодинокий спосіб життя, наприклад скорпіони. Натомість коралові поліпи утворюють колонії, олені – стадо, а вовки – зграї, тож ці тварини ведуть груповий спосіб життя (рис. 130).

При цьому всередині популяції можуть встановлюватися складні соціальні взаємодії, які призводять до формування ієархії. Певні особини є домінуючими, вони контролюють поведінку інших, а також розподіл важливих ресурсів (іжі, води, доступ до процесу спарювання тощо). У деяких тварин формуються

Рис. 129 . Приклади організмів із різною просторовою структурою популяції



Шпаки утворюють осілі популяції



Песці постійно кочують

Рис. 130. Приклади організмів із різною етологічною структурою популяції



Скорпіони ведуть поодинокий спосіб життя



Коралові поліпи утворюють колонії життя



Перелітні птахи мігрують



Обґрунтуйте причини того, що одні види створюють осілі популяції, а інші кочують або навіть мігрують.



Створіть просвітницький проект для учнів та учениць початкової школи «Поведінка тварин у природі».

угрупування, де представники різних каст відрізняються не лише за поведінкою, а й морфологічно. В якості прикладів можна навести соціальних комах – бджіл, мурашок, термітів тощо.

**Регуляції чисельності та щільності популяцій.** Чисельність і щільність популяцій організмів, що мешкають навіть у стабільних умовах, можуть змінюватися під впливом різноманітних чинників.

➊ **Популяційні хвили** – це періодичні або неперіодичні коливання чисельності популяцій у природних умовах.

Чисельність популяції залежить від інтенсивності народжуваності та смертності особин, різниця між якими визначає її *приріст*. Якщо інтенсивність народжуваності перевищуватиме смертність, то приріст популяції буде позитивним, якщо навпаки – негативним. Негативний приріст популяції протягом тривалого часу може привести до її зникнення. За низької щільності, коли умови середовища сприятливі, народжуваність перевищуватиме смертність. Якщо щільність популяції стає вищою або нижчою від певного рівня, у ній виникають процеси саморегуляції, що виявляється у вигляді популяційних хвиль. Щільність популяції залежить у тому числі і від абіотичних чинників, насамперед від кліматичних. До змін вологості та кількості сонячної радіації дуже чутливі, наприклад, однорічні рослини та пойкілотермні тварини. На зміни в чисельності популяції також впливають біотичні чинники. Наприклад, чисельність популяцій хижаків залежить від популяції здобичі, а чисельність популяції паразитів – від популяції організмів, у яких вони паразитують. У разі перевищення певного критичного рівня щільності популяції частина особин може мігрувати. Наприклад, перелітна сарана в цей час утворює зграї, здатні долати значні відстані й знищувати на своєму шляху майже всю рослинність (рис. 131).

Усі перелічені механізми забезпечують *гомеостаз популяції* – здатність

*Рис. 131.* Приклади організмів із різними механізмами регуляції чисельності та щільності популяції



Чисельність популяції шпаків залежить від кількості черв'яків, що слугують кормовою базою



Сарана – яскравий приклад регуляції чисельності та щільності популяції завдяки міграції



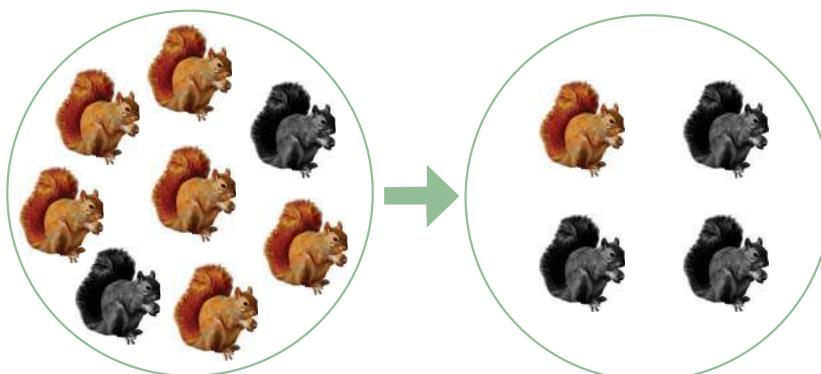
Наведіть інші приклади регуляції чисельності та щільності популяцій, використовуючи додаткові літературні джерела та інтернет ресурси.

популяції підтримувати свої показники на певному оптимальному для цього середовища існування рівні та динамічну рівновагу свого генетичного складу.

Коливання чисельності популяцій можуть бути генетично зумовленими (наприклад, сезонні коливання чисельності комах, однорічних рослин), а також наслідком дії екологічних чинників: умов зимівлі, забезпеченості їжею, зміни чисельності популяції хижаків, стихійних лих. Унаслідок зменшення або збільшення чисельності особин частота зустрічальності тих чи інших алелів у генофонді популяції може змінюватися. Наприклад, зменшення кількості іжі неврожайного року спричиняє зменшення чисельності популяції вивірки, що може випадковим чином привести до зміни частоти зустрічальності алелів, які визначають забарвлення хутра (рис. 132). Такі випадкові зміни генофонду популяції називають *дрейфом генів*. Популяційні хвилі та дрейф генів є елементарними факторами еволюції, з якими ви знайомилися в 9 класі.

**Класифікація популяцій.** Існують різні підходи до створення класифікації популяцій. Відомий еколог Микола Наумов запропонував виокремлювати популяції залежно від розмірів території, яку вони займають: елементарна, екологічна та географічна популяції. *Елементарна популяція* – це сукупність особин виду, що населяють ділянку однорідної площині (кількість таких популяцій пропорційна різноманіттю умов екосистеми). *Екологічна популяція* – це сукупність елементарних популяцій, тобто видові угруповання, що заселяють певні екосистеми, наприклад грабові буничини. *Географічна популяція* – це сукупність груп особин попереднього рангу, що заселяють значну територію з географічно однорідними умовами навколошнього середовища (генотип буку: рахівський, кам'янець-подільський тощо). (*Класифікації популяцій, створені за інших підходів, ви також можете розглянути на уроці з використанням додаткових джерел або інтернет-ресурсів*).

Рис. 132 . Зміна частоти зустрічальності алелів унаслідок популяційних хвиль



Поясніть значення популяційних хвиль.



1. Дайте означення понять *популяція*, *популяційні хвилі*.
2. Схарактеризуйте популяцію за основними показниками.
3. Схарактеризуйте структуру популяції.
4. Яким чином відбувається регуляція чисельності та щільності популяції?
5. Надайте класифікацію популяцій залежно від розмірів території, яку вона займає.

## § 27. Поняття екосистеми



Що таке угруповання організмів?

Які рослинні угруповання ви знаєте?

Які організми називають автотрофами, гетеротрофами та міксотрофами?

Ви вже знаєте, що популяції різних видів пов'язані не лише між собою, а й з умовами середовища існування. Угруповання організмів утворюють з навколошнім середовищем єдине ціле – екосистему.



### Поняття екосистеми та її структура.

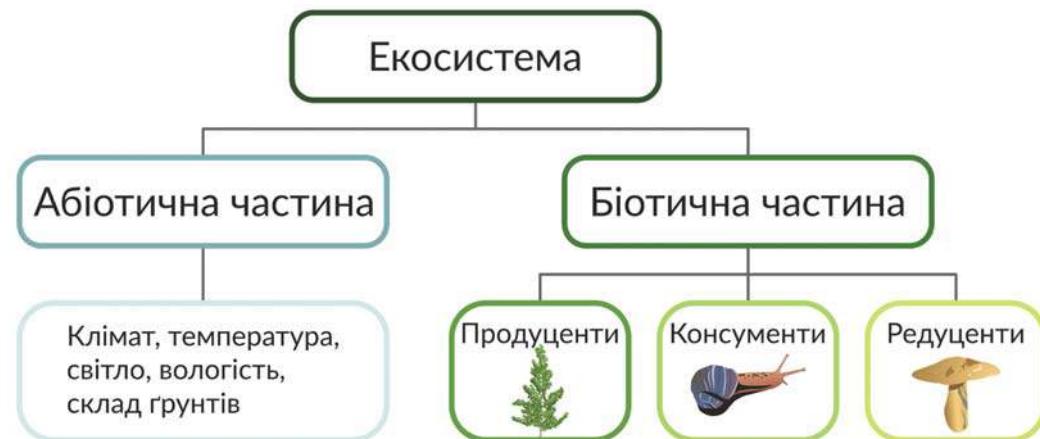
**Екосистема** – це сукупність організмів різних видів, які взаємодіють між собою і з середовищем у такий спосіб, що всередині системи відбуваються перетворення енергії, колообіг речовин і саморегуляція.

У структурі будь-якої екосистеми розрізняють абіотичну (умови середовища існування) та біотичну (сукупність взаємопов'язаних організмів) частини (рис. 133).

До **абіотичної** частини належать: неорганічні сполуки (кисень, вуглекислий газ, азот, вода тощо), органічні сполуки (рештки організмів і продукти їхньої життєдіяльності), мікроклімат (середньорічна температура, вологість тощо).

**Біотичну** частину становлять популяції організмів з різним типом живлення: **продуценти** – автотрофні організми (рослини, хемотрофні прокаріоти); **консументи** – гетеротрофні організми, які живляться іншими організмами, соками цих організмів або їхніми рештками (рослиноїдні тварини, хижаки, паразити); **редуценти** – гетеротрофні організми, які живляться залишками або продуктами життедіяльності організмів, розкладаючи їх до неорганічних сполук (членистоногі, гриби, бактерії).

Рис. 133. Структура екосистеми



Змоделуйте біотичну частину екосистеми, використовуючи знання про різноманітність організмів.

Отже, екосистему складено з живих та неживих компонентів. У межах екосистеми відбувається повний цикл обміну речовин, починаючи з утворення органічних сполук і закінчуячи її розкладанням на неорганічні складники. Екосистема зберігає стійкість протягом певного часу, що забезпечується структурою біотичних та абіотичних компонентів та їхніми взаємодіями.

**Характеристики екосистем.** Будь-якій екосистемі притаманні видове різноманіття, щільність популяцій, біомаса, біологічна продуктивність, площа та об'єм, які займає екосистема. Розгляньмо ці характеристики докладніше.

**Видове різноманіття** передбачає два основні компоненти – видове багатство та рівномірність. Видове багатство визначається кількістю видів в екосистемі. Інколи його виражають відношенням кількості видів до одиниці площи. Рівномірність показує співвідношення розподілу особин між видами в екосистемі.

**Щільність популяцій** – це відносна величина, що виражає число особин (тварин, рослин, мікроорганізмів) у розрахунку на одиницю об'єму (води, повітря або ґрунту) або поверхні (ґрунту або дна водойми) (рис. 134).

**Біомаса** – одне з найважливіших понять екології, яке означає загальну масу сирої або сухої органічної речовини екосистеми, що припадає на одиницю поверхні або об'єму місця існування. Серед екосистем найбільшу біомасу мають тропічні ліси. Серед гетеротрофних організмів найбільшу масу в біосфері мають мікроорганізми – бактерії, гриби тощо. Кількість біомаси, відтвореної організмами екосистеми за одиницю часу, називають **біологічною продуктивністю**. Усі екосистеми, від найменшої до такої глобальної, як біосфера, займають **площу** на поверхні Землі та мають **об'єм**.

Рис. 134. Характеристики екосистем



Для пташиних базарів і поселення гризунів характерна дуже висока щільність популяцій



Наведіть інші приклади високої щільноті особин тварин, рослин або мікроорганізмів, використовуючи додаткові джерела та інтернет-ресурси.

**Властивості екосистем.** Під час становлення екосистеми вдосконалюється її структура та формуються властивості: цілісність, стійкість, здатність до самовідтворення та саморегуляції.

**Цілісність** екосистеми забезпечується взаємозв'язками організмів між собою та чинниками неживої природи. Унаслідок цих взаємозв'язків виникають потоки енергії та колообіг речовин, що об'єднують усі складники екосистеми в єдину цілісну систему.

**Стійкість** екосистеми залежить від різноманітності форм життя в ній, від стійкості організмів і популяцій, які до неї входять. Вона виявляється в їхній здатності до збереження в несприятливих умовах. Отже, основовою стійкості організмів є їхня здатність до адаптації.

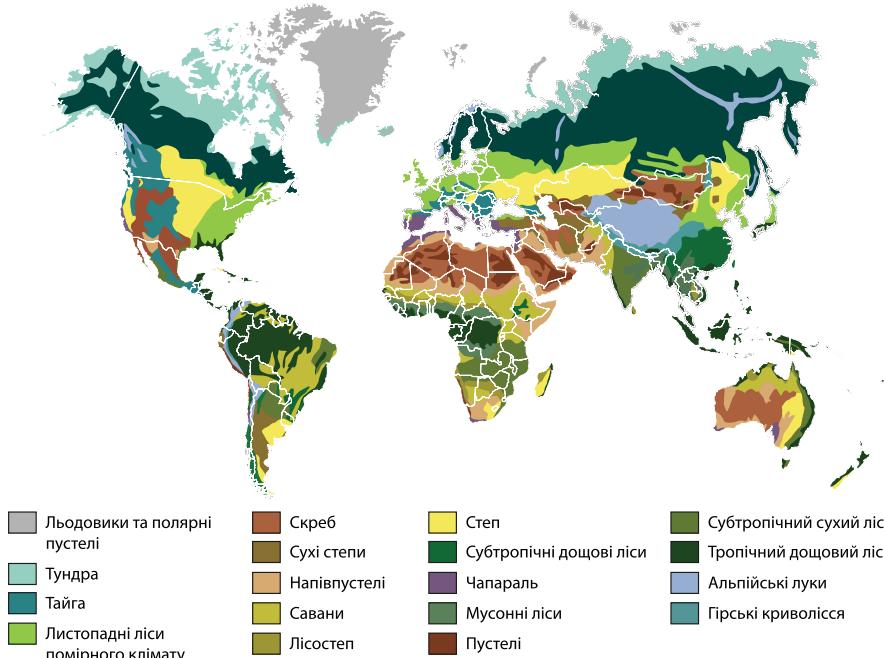
**Здатність до самовідтворення** зумовлена здатністю популяцій організмів, які входять до складу екосистеми, відтворювати свою чисельність, а також брати участь у регуляції чисельності популяцій інших видів.

**Саморегуляція** екосистем полягає в коливаннях показників їхньої продуктивності і потоків енергії навколо оптимальних значень.

**Основні біоми Землі.** Біосфера, як глобальна екосистема, складена з наземних, водних та, з огляду на сучасний стан, штучних екосистем. Усі пов'язані між собою екосистеми однієї природно-кліматичної зони входять до складу біома. Це поняття 1916 року ввів у біологічну літературу американський ботанік, еколог рослин і міколог Фредерік Клементс.

Біом – це великий тип екосистем, який характеризується схожим характером рослинності та займає певні регіони планети. Розрізняють наземні та водні біоми. Наземні біоми залежать від кількості сонячної радіації та вологості, тому різняться за типами рослинності, але часто з урахуванням висоти над рівнем моря. Одну з класифікацій біомів відтворено на карті (рис. 135).

Рис. 135. Наземні біоми Землі

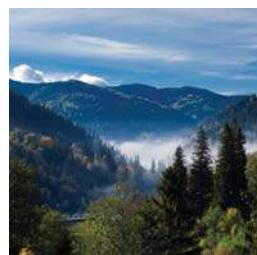


До **наземних біомів** належать тундра, степ, пустеля, тайга, ліси (листопадні, субтропічні сухі, тропічні, гірські) тощо. Водні біоми поділяють на прісноводні та морські. **Прісноводні біоми** – стоячі води (озера, ставки), текучі води (річки, потоки) та болота. До **морських біомів** належать, наприклад, пелагіаль (відкритий океан), континентальний шельф (прибережні води), літораль (зона узбережжя дна), естуарії (прибережні бухти, проливи, гирла рік тощо).

Розгляньмо особливості біомів, розташованих у межах території України. Виділяють декілька основних типів наземних біомів. Це, наприклад, листопадні ліси, степ, гірські ліси (Карпати) та субтропічні сухі ліси (Південне узбережжя Криму). **Листопадні ліси** нашої країни формуються в помірному поясі в умовах достатньої вологості. Середньорічна сума опадів становить 600 – 700 мм. **Степи** України теж формуються в помірному поясі в умовах посушливого клімату. Опадів випадає на рік від 250 до 750 мм. **Гірські ліси** Карпат формуються в помірному поясі в умовах достатньої вологості. Середньорічна сума опадів становить 650 – 750 мм. **Субтропічні сухі ліси** Південного узбережжя Криму є своєрідним біомом. Вони формуються на вузькій ділянці суходолу між Чорним морем і Кримськими горами в умовах унікального клімату, так званих «північних субтропіків», де середньорічна сума опадів становить не більше 600 мм на рік (рис. 136).

Штучні екосистеми людина створює для власних потреб. Метою створення може бути вирощування рослин, які людина використовує в їжі (поля, сади), захист ґрунтів (лісосмуги). Такі штучні екосистеми можуть сприяти зниженню рівня шуму в містах, бути місцем відпочинку, наприклад сквери, парки. Зоологічні парки та ботанічні сади слугують осередком вивчення тварин і рослин, мають науково-просвітницьке значення. Про штучні екосистеми (агроценози) йтиметься в § 30.

*Rис. 136. Основні біоми України*



Листопадні ліси займають здебільшого північ країни

Степи (ковилові степи збереглися в заповіднику «Асканія-Нова»)

Гірські ліси Карпат вражають красою та зачаровують

Субтропічні сухі ліси Південного узбережжя Криму



Схарактеризуйте один з біомів України, використовуючи додаткові джерела та інтернет-ресурси.



1. Дайте означення понять **екосистема, біом**.
2. Схарактеризуйте структуру екосистеми.
3. Опишіть властивості екосистем.
4. Назвіть основні біоми Землі.
5. Наведіть приклади біомів України.

## § 28. Типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах



**Що таке популяція?**

**Що таке симбіоз, мутуалізм, коменсалізм, паразитизм, хижактво?**

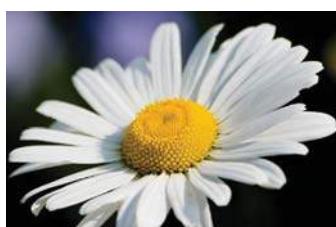
Як вам відомо, популяції різних видів пов'язані не лише між собою, а й з умовами середовища існування. Угруповання організмів утворюють з на-вколишнім середовищем єдине ціле – екосистему. Структура екосистеми підтримується за рахунок різноманітних зв'язків між популяціями. Залежно від характеру потреб виділяють чотири типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах: трофічні, топічні, форичні та фабричні.

**Трофічні зв'язки.** Ці зв'язки виникають тоді, коли організми одного виду живляться організмами іншого (живими особинами, їхніми рештками або продуктами їхньої життєдіяльності). Функціонування екосистеми пов'язане з перетворенням енергії. Основним джерелом енергії більшості екосистем є сонячне світло, яке фототрофи перетворюють на енергію хімічних зв'язків органічної речовини. Частину накопиченої енергії вони витрачають на забезпечення власних потреб, решта переходить до гетеротрофів. Отже, організми з різним типом живлення перебувають на різних трофічних рівнях.



**Трофічний рівень** – сукупність організмів з однаковим типом живлення. Перший рівень складають автотрофні організми або продуценти, переважна частина яких є фотосинтезувальними рослинами. На другому рівні знаходяться рослиноїдні тварини та інші організми, що живляться продуцентами, – це консументи I порядку. Хижаки і паразити формують рівень консументів II та вищих порядків. окрім виділяють сапrotrofni організми, або редуценти, що розкладають речовину мертвих організмів (рис. 137).

Рис. 137. Організми різних трофічних рівнів



Перший трофічний рівень

Другий трофічний рівень

Третій трофічний рівень



Проаналізуйте твердження щодо наведеної на рисунку інформації.

1. Другий трофічний рівень займають хижаки.
  2. Третій трофічний рівень утворюють рослиноїдні тварини.
- Чи є поміж них правильні?

В екосистемах види, які займають різні трофічні рівні, пов'язані потоками енергії. Такий взаємозв'язок відображають трофічні ланцюги.



**Трофічний ланцюг** – види організмів, пов'язаних між собою трофічними зв'язками, що створює певну послідовність у передаванні речовин та енергії. Виокремлюють ланцюги виїдання (пасовищний) і розкладання (детритний).

Трофічний ланцюг, що починається з автотрофних фотосинтезувальних або хемотрофних організмів, називають **пасовищним**, або **ланцюгом виїдання**.

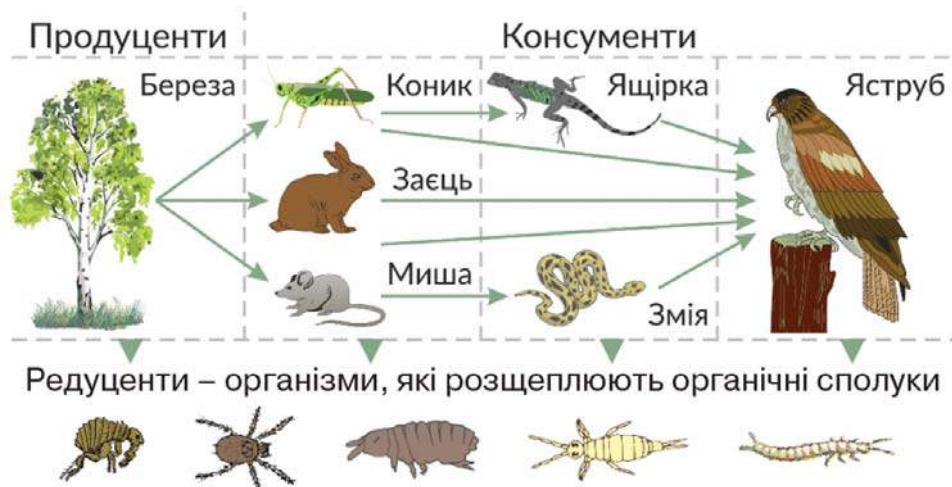
Приклад ланцюга виїдання – взаємовідносини між організмами на заплавній луці. Починається такий ланцюг із квіткової рослини. Наступна ланка – метелик, що живиться нектаром квітки. Метелика поїдає мешканець вологих місць існування – жаба. Її захисне забарвлення дає їй змогу підстерегти жертву, але не рятує від іншого хижака – вужа. Чапля, упіймавши вужа, замикає цей ланцюг живлення.

Трофічний ланцюг, що починається з відмерлих залишок рослин, решток екскрементів тварин, називається **детритним**, або **ланцюгом розкладання**. Він починається з розкладання мертвої органічної речовини й продовжується сапротрофами (членистоногі, черви, гриби та мікроорганізми), які її безпосередньо споживають. Їх, своєю чергою, поїдають консументи (наприклад комахи).



У будь-якій екосистемі різні трофічні ланцюги не існують окрім один від одного, а тісно пов'язані між собою завдяки тому, що представники того самого виду можуть бути ланками різних трофічних ланцюгів. Переплітаючись, вони формують **трофічну сітку** (рис. 138). Її існування забезпечує стійкість екосистеми: у разі зміни чисельності популяцій певних видів кормові об'єкти легко замінюються.

Рис. 138. Трофічна сітка



1. Проаналізуйте наведену трофічну сітку й дайте відповіді на запитання.

Які організми розміщені на першому трофічному рівні? На якому трофічному рівні розміщені миша та коник? Які організми живляться рослиноїдними тваринами?

2. Змоделуйте трофічні ланцюги, що утворюють зображену трофічну сітку. Чому трофічні ланцюги не можуть бути нескінченно довгими?

Усім екосистемам притаманні певні закономірності передавання енергії та біомаси між трофічними рівнями. *Правило екологічної піраміди* відбиває таку закономірність: на кожному наступному трофічному рівні кількість біомаси та енергії, що їх запасають організми за одиницю часу, є значно меншою, ніж на попередньому. Наочно це правило можна зобразити як піраміду, складену з окремих блоків. Кожен із цих блоків відповідає продуктивності організмів на відповідному трофічному рівні трофічного ланцюга (рис. 139).

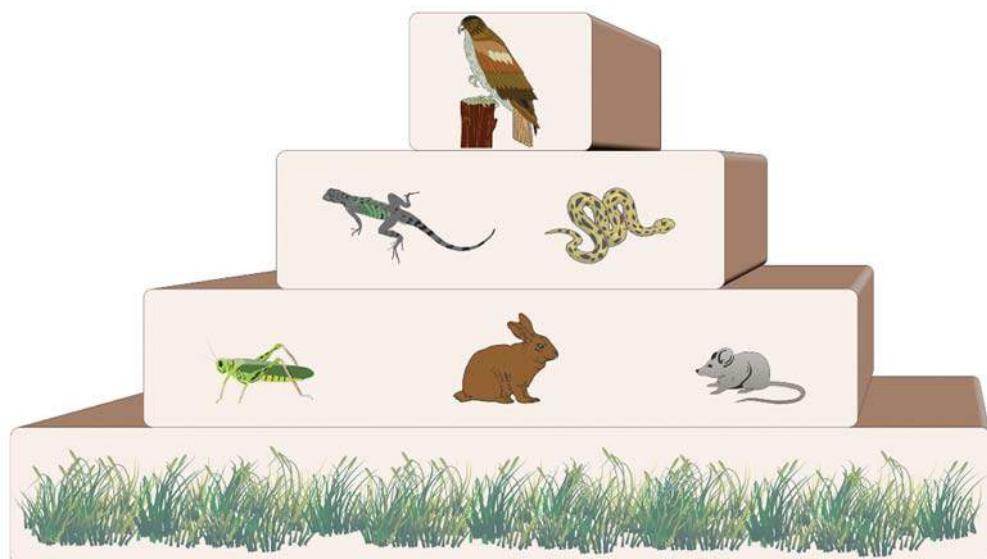
Розрізняють три типи екологічних пірамід: *піраміда чисел*, що відображає співвідношення між кількістю особин на кожному трофічному рівні; *піраміда біомаси* (кількість органічної речовини, синтезованої на кожному з рівнів); *піраміда енергії* (величина потоку енергії). Завдяки правилу екологічної піраміди можна оцінити кількість речовини й енергії на кожному з трофічних рівнів.

**Топічні зв'язки.** Ці зв'язки виникають тоді, коли види не пов'язані прямыми трофічними зв'язками, але внаслідок життєдіяльності одних видів змінюються умови існування інших. Часто представники одних видів мешкають на поверхні тіла інших. Наприклад, ракоподібні оселяються на шкірі китів, а орхідеї – на стовбурах дерев, у пір'ї птахів мешкають блохи, кліщі, клопи, а у внутрішніх органах і м'язах – паразитичні черви тощо.

Прикладом топічних зв'язків також слугує ярусність рослинних угруповань. У лісі створюється свій мікроклімат, який характеризується підвищеною вологістю, малою контрастністю температур, меншою освітленістю. Це сприяє росту рослин і розміщенню їх за ярусами (*наведіть приклади рослин, які займають різні яруси лісу у місцевості вашого проживання*).

Найрізноманітніші види мохів оселяються на зволожених місцях, відтак утворюється ґрунтовий розчин і складаються сприятливі умови для заселення

Рис. 139. Екологічна піраміда



Назвіть організми та трофічні рівні, на яких вони знаходяться.

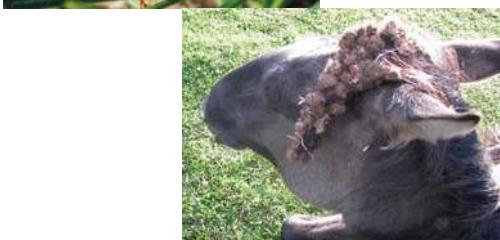
цих боліт журавлиною та іншими рослинами, характерними для боліт Полісся України. А буває й навпаки. Наприклад, багато рослин виділяють фітонциди, що пригнічують життєдіяльність інших видів бактерій, грибів і рослин. Завдяки трофічним і топічним зв'язкам, які часто переплітаються між собою, організми об'єднуються в досить стабільні угруповання різних рівнів, що входять до екосистеми. Унаслідок цього встановлюються досить складні міжвидові взаємозв'язки, які становлять основу їх існування.

**Форичні зв'язки.** Це зв'язки, за яких особини одного виду беруть участь у поширенні особин іншого виду. Вам добре відомі тварини, що переносять насіння, спори, пилок рослин. Це різноманітні ссавці, птахи та комахи. Наприклад, великі ссавці – олені, лосі – сприяють поширенню плодів і насіння рослин, розселення паразитів на тілі цих тварин. Насіння лопуха, що має гачечки, може чіплятися до шерсті ссавців і переноситися на великі відстані від місця його оселення (рис. 140).

**Фабричні зв'язки.** Це зв'язки, за яких особини одного виду використовують для своїх споруд (гнізд, сковонок) продукти виділення, рештки або навіть організми іншого виду. Наприклад, птахи будують гнізда із сухих гілок, трави, пір'я інших птахів, шерсті тварин. Бобри беруть гілки дерев для будівництва своїх хаток (рис. 141). Личинки волохокрильців для створення своїх осель використовують уламки або навіть цілі мушлі з живими молюсками дрібних видів.

Отже, між популяціями різних видів, що входять до складу екосистеми, виникають складні та різноманітні взаємозв'язки. Їхня сукупність забезпечує функціонування екосистеми як цілісної системи та її саморегуляцією. Стабільність екосистеми, безумовно, залежить від різноманітності зв'язків у ній. Варто зауважити, що форми симбіозу були детальніше розглянуті у § 9.

Рис. 140. Форичні зв'язки



Джміль переносить пилок, а віslюк – плоди лопуха

Рис. 141. Фабричні зв'язки



Жук-гнойовик будує кладку для відкладання яєць, а бобри – хатку



1. Дайте означення понять трофічний рівень, трофічний ланцюг, трофічна сітка.
2. Схарактеризуйте типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах.
3. Наведіть власні приклади таких зв'язків.

## § 29. Екологічні сукцесії як процеси саморозвитку екосистем



### Що таке екосистема?

Вам уже відомо, що різноманітність взаємозв'язків між організмами є умовою саморегуляції екологічних систем. Екосистема може нормальню функціонувати лише за відносно стабільних умов зовнішнього середовища. Екосистеми як саморегульовані системи певною мірою здатні підтримувати гомеостаз, проте в них можуть відбуватися циклічні або поступальні зміни у відповідь на зміни екологічних чинників.

**Причини змін екосистем.** Усі екосистеми є середовищем для міжвидових взаємовідносин і пов'язаних з ними виявів природного добору. Взаємозв'язані в екосистемі види завжди впливають і на абіотичні компоненти середовища. Це, своєю чергою, спричиняє зворотний вплив абіотичних чинників на живі компоненти екосистем. Постійна взаємодія всіх компонентів спричиняє зміни екосистем. Наслідком таких змін є перетворення всієї біосфери Землі. Первінними за таких умов можуть бути будь-які незначні зміни компонентів екосистеми. Поступальні зміни в екосистемі відбуваються, наприклад, у результаті замулення озера. Із глибоководного воно поступово перетворюється на мілке, потім – на болото (рис. 142), а іноді на сухому ґрунті може вирости ліс.



**Сукцесією** (від лат. *succesio* – послідовність, успадкування) називають послідовні зміни угруповань організмів, які з часом призводять до перетворення екосистеми.

Рис. 142. Перетворення озера на болото



Обговоріть у групах причини змін екосистем (на прикладі екосистем місцевості, де ви проживаєте).

Угрупованням організмів, які існують на початкових етапах сукцесії, притаманні незначне видове різноманіття, слабко розгалужені трофічні сітки, різкі коливання чисельності окремих популяцій, низька здатність підтримувати гомеостаз. Під час сукцесії збільшується видове різноманіття організмів, унаслідок чого підвищується стійкість екосистем. Залежно від умов ділянки на початку процесу, виокремлюють два типи екологічних сукцесій: первинну та вторинну.



**Типи сукцесій.** *Первинні сукцесії* – це появі й розвиток рослинних угруповань у місцях, де рослинності раніше не було або вона на певний час зникала. Прикладом може слугувати оселення лишайників на скельних породах або на схилах вулканів, якими текла лава й знищувала все живе, на глинах після відступу льодовика або проходження селю.

Доречно розглянути послідовність утворення первинної сукцесії на скельних породах помірних широт, наприклад в Україні. На них насамперед оселяються лишайники, що майже не потребують поживних речовин і здатні прикріплюватися до каміння. Відтак на це місце вітер переносить частинки ґрунту, що є передумовою для появи різних видів мохів. Згодом з'являються трав'янисті рослини, що сприяють поступовому формуванню ґрунтового покриву. Наступним етапом є заселення цієї території різноманітними видами верб і утворення чагарниківих угруповань. У цей період тваринний світ представлений переважно безхребетними тваринами (червами, комахами, молюсками). Надалі починають поступово з'являтися хвойні рослини (сосна, ялина, модрина), утворюються хвойні ліси, які заселяються хребетними тваринами. Зрештою на зміну хвойним поступово приходять мішані ліси (рис. 143).

Рис. 143. Первинна сукцесія



Підготуйте повідомлення про утворення первинної сукцесії у вашій місцевості, використовуючи додаткові джерела та інтернет-ресурси.



**Вторинні сукцесії** – це відновлення природної рослинності після певних порушень. Прикладом може бути відновлення лісів після пожеж (рис. 144).

Вторинні сукцесії можуть виникати на ділянках, де було вирубано ліс або знищено рослинність у результаті гірничо-будівельних робіт, на місці забруднених водних джерел і затоплених раніше територій тощо.

Також існують регресивні сукцесії, пов'язані зі спрошенням екосистем, зниженням чисельності й продуктивності організмів. Причиною їх виникнення є вплив господарської діяльності людини на навколошнє середовище. Так, в Україні Азовське море, що було однією із найпродуктивніших морських водойм, наразі стало зоною екологічної катастрофи.

**Закономірності здійснення сукцесій.** Під час сукцесії збільшується видове різноманіття. Це призводить до ускладнення зв'язків, розгалуження трофічних ланцюгів, ускладнення трофічної сітки і зрештою до збільшення стабільності екосистеми. Відбуваються також перетворення в її енергетичному балансі. Загальна біомаса екосистеми спочатку інтенсивно зростає, а потім темпи цього зростання знижуються. На стадії клімаксу біомаса екосистеми стабілізується. На перших етапах розвитку сукцесії продуктивність екосистеми відносно висока. У сформованих, стійких екосистемах майже весь приріст рослинності надходить і витрачається в ланцюгах живлення гетеротрофними організмами, тому продуктивність екосистеми наближається до нуля. Ці закономірності характерні для екосистем будь-яких розмірів: від лісової гаявини до біосфери.



**Стабільність екосистем.** За відсутності перешкод зміна угруповань завершується формуванням останньої стадії сукцесії – **клімаксного угруповання**, або **клімаксу**, що виявляється досить стійким і здатним

Рис. 144. Вторинна сукцесія



Використовуючи рисунок, опишіть утворення вторинної сукцесії.



Підгответіть повідомлення про регресивну сукцесію на прикладі Азовського моря, використовуючи додаткові джерела та інтернет-ресурси.

існувати довше, ніж будь-яка попередня стадія. Наприклад, на території України сукцесійний ряд може бути таким: трави – кущі – хвойні дерева – листяні дерева.

Клімаксним угрупованням або екосистемам притаманні відносна стабільність складу, структури, певна сезонна мінливість, енергетична рівновага (рівність між кількістю зафікованої фототрофами сонячної енергії і затратами її на дихання всіма організмами, які входять до складу екосистеми). Руйнування таких стабільних екосистем можливе лише за різкої зміни клімату або внаслідок дії катастрофічних чинників, наприклад виверження вулкана.

Існують сталі клімаксні екосистеми, не змінені катастрофічними чинниками, у тому числі господарською діяльністю людини. Прикладом можуть слугувати заплава рівнинної річки або діброва, поширені в помірному поясі (рис. 145). Діброва – це ліс, у якому зростає переважно дуб і менш поширені супутні широколистяні породи: клен, липа, ясен, граб тощо. В Україні найцінніші масиви дібров (Чорний ліс, Холодний яр тощо) узяті під охорону як заказники або заповідні урочища.

Кожна екосистема характеризується продуктивністю. Під продуктивністю розуміють відтворення біомаси рослин, мікроорганізмів і тварин, що входять до складу екосистеми. Вона залежить насамперед від географічного положення екосистеми. На суходолі найпродуктивнішим біомом є вологі тропічні ліси, а водним – коралові рифи (рис. 146). Найнижчою є продуктивність арктичних і тундрових екосистем. Варто зауважити, що ці природні екосистеми є також найбіднішими за біорізноманіттям (рис. 147). Відтворення біомаси в штучних екосистемах має певні особливості, зумовлені тим, що істотну її частину вилучає для власних потреб людина. Про агроценози йтиметься в параграфі 30.

*Rис. 145. Клімаксні екосистеми помірних широт*



Діброва

*Rис. 146. Найпродуктивніші водні біоми*



Коралові рифи

*Rис. 147. Найбідніші природні екосистеми*



Тундра



Підготуйте повідомлення про одну з найпродуктивніших екосистем вашої місцевості, використовуючи додаткові джерела та інтернет-ресурси.



1. Дайте означення понять *сукцесія, первинна сукцесія, вторинна сукцесія*.
2. Укажіть причини змін екосистем.
3. Порівняйте первинну та вторинну сукцесії.
4. Які закономірності функціонування екосистем?
5. Що таке клімаксні угруповання? Якими вони бувають?

## § 30. Агроценози, їхня структура та особливості функціонування



Що таке екосистема? Яка структура екосистеми?  
Що таке продуценти, консументи та редукенти?

Як вам відомо, розрізняють природні (наземні, водні) (рис. 148) та штучні екосистеми (рис. 149). Прикладами наземних природних екосистем є тундра, тайга, широколистяні ліси, степ, савана, пустеля, тропічні ліси. Водні природні екосистеми – озера, річки, струмки, болота, відкритий океан, прибережні води тощо.



**Поняття агроценозу.** У підручнику для дев'яного класу було наголошено, що штучні екосистеми людина створює для задоволення власних потреб. Це сади, парки, городи, поля, штучні водойми тощо. Від природних угруповань вони відрізняються властивостями й особливостями функціонування. Незначне видове різноманіття та погано розгалужені трофічні зв'язки зумовлюють слабку стійкість штучних екосистем, натомість забезпечують високу продуктивність одного чи кількох видів у їхньому складі. У штучних екосистемах можуть бути представники дикої фауни й флори, без яких їхне існування не можливе. Але, на відміну від природних екосистем, у штучних практично немає саморегуляції: без постійного втручання людини вони руйнуються й зникають.



**Агроценоз** (від грец. *agros* – поле, *koinos* – загальний) – штучна екосистема, створена людиною для своїх цілей шляхом посіву або посадки й подальшого культивування рослин, а також використання території для інтенсивного випасу свійських тварин.

Рис. 148. Приклади природних екосистем (Україна)



Озеро Синевир

Рис. 149. Приклади штучних екосистем (Україна)



Каховське водосховище



«Долина нарцисів»



Виноградники, Закарпатська область



Підготуйте повідомлення про одну з наведених природних або штучних екосистем, використовуючи додаткові джерела й інтернет-ресурси.

За оцінками науковців усі агроценози займають близько 10 % поверхні суші і дають людству 90% харчової енергії.

**Структура агроценозу.** Агроценозам притаманні ті самі ознаки, що й природним екосистемам. До їх складу входять певні види рослин або тварин, що визначають вид агроценозу, вони мають певний тип взаємодії між організмами, що їх утворюють. Такі штучні екосистеми містять ті самі складники, що й природні: продуценти, наприклад, жито й бур'яни, консументи, поміж яких комахи, гризуни, а також редуценти – гриби та бактерії (рис. 150). Людина є обов'язковою ланкою харчового ланцюга в будь-якому агроценозі. Вона створює цей агроценоз, забезпечує його високу продуктивність, а потім збирає та використовує врожай.

**Особливості функціонування агроценозів.** На відміну від природних екосистем, для агроценозів характерне невелике видове різноманіття: переважають одна або декілька культур, обраних людиною для вирощування (поле пшениці, жита чи кукурудзи). Відповідно, кількість видів тварин, грибів і бактерій теж є обмеженою.

У природних екосистемах діє природний добір, який відкидає неконкурентоспроможні види. За рахунок цього забезпечується стійкість екосистеми. В агроценозах діє переважно штучний добір, спрямований людиною на підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Отже, екологічна стійкість агроценозів невелика. Вони не здатні до саморегуляції й самовідтворення, тому без участі людини агроценози зернових та овочевих культур існують не більше року, багаторічних трав – 3–4 роки, плодових культур – 20–30 років.

Для природних екосистем єдиним джерелом енергії є сонячне світло. Натомість агроценози, окрім сонячної енергії, отримують додаткову енергію, яку витратила людина на виробництво добрив, хімічних засобів проти бур'янів,

Рис. 150. Складники агроценозу житнього поля



Наведіть приклади складників інших агроценозів.

шкідників і хвороб, на зрошення або осушення земель тощо. Без цієї енергії тривале існування агроценозів не можливе.

У природних екосистемах первинна продукція рослин споживається в численних ланцюгах живлення і знову повертається в систему біологічного колообігу у вигляді вуглекислого газу, води й елементів мінерального живлення. Натомість в агроценозах такий колообіг елементів порушується, оскільки значну їх частину людина вилучає з урожаєм, тому для відшкодування їх втрат і підвищення врожайності культурних рослин необхідно постійно вносити в ґрунт добрива.

Отже, порівняно з природними екосистемами агроценози мають обмежений видовий склад рослин і тварин, не здатні до самовідновлення та саморегуляції, схильні до загибелі в результаті масового розмноження шкідників або збудників хвороб і потребують постійної уваги людини.

**Шляхи підвищення продуктивності агроценозів.** Наразі проводиться **меліорація земель** – осушення і зрошування ґрунтів, боротьба з ерозією (зміцнення схилів, безвідvalьна оранка, висаджування лісосмуг, заливлення колишніх торф'янників тощо). Людина застосовує раціональне внесення добрив, дозвоване застосування засобів для боротьби зі шкідниками та хворобами рослин і з бур'янами.

Сучасні сільськогосподарські виробники створюють агропромислові комплекси, використовують високопродуктивну техніку, виводять нові високоврожайні сорти культурних рослин, стійкі до хвороб і шкідників, застосовують біологічні способи боротьби зі шкідниками.

В овочівництві і квітникарстві широко використовують теплиці, парники й вирощування овочів без ґрунту – *гідропоніку* (як субстрат застосовують гравій, зрошуваний розчинами солей) (рис. 151) та *аеропоніку* (субстрат відсутній, а коріння періодично обприскується розчинами мінеральних солей) (рис. 152).

Рис. 151. Гідропоніка



Рис. 152. Аеропоніка



Підготуйте повідомлення про один зі шляхів підвищення продуктивності агроценозів.



1. Дайте означення поняття агроценоз.
2. Схарактеризуйте структуру агроценозу.
3. Порівняйте особливості функціонування природних екосистем та агроценозів.
4. Схарактеризуйте шляхи підвищення продуктивності агроценозів.

## Проект

### Дослідження особливостей структури місцевих екосистем (природних чи штучних)

Етапи реалізації проекту

1. Ознайомтеся з літературою й інтернет-ресурсами з цього питання.
2. Ознайомтеся з прикладом опису структури двох місцевих природних екосистем (див. таблицю).
3. Складіть порівняльну характеристику структури двох місцевих природних екосистем (за власним вибором).
4. Сформулюйте висновок про чинники, що впливають на формування структури екосистеми.

#### Порівняльна характеристика структур екосистем

Частини екосистеми	Екосистема заплавної луки	Екосистема мішаного лісу
Абіотична:		
середння температура (°C) січня липня	від -4,0 до -8,0 від +17 до +19	від -4,5 до -8,5 від +17 до +19
вологість	650 – 700 мм/рік	600 – 700 мм/рік
типи ґрунтів	Дернові, дерново-лучні, болотні	Дерново-підзолисті, болотні
Біотична:		
продуценти	Лукові трави: Злакові – тимофіївка, мятлик, лисохвіст (нижній ярус) Бобові – конюшина, горошок, чина (другий ярус) Зонтичні – губоцвіті, жовтоцвіті, гвоздикові (верхній ярус)	Мохи, лишайники (нижній ярус) Підсніжник, проліска, ряст, анемона (другий ярус) Чагарники – ліщина, глід, черемха, бузина, терен, шипшина (третій ярус) Найвищі дерева – дуб, сосна, ялина, граб, клен, липа, береза, осика (верхній ярус)
консументи	Рослиноїдні тварини: метелики, бджоли, равлики, жайворонок, куріпка, миші, ховрахи, зайці М'ясоїдні тварини, що поїдають рослиноїдних тварин: павуки, їжаки, деркачі, бекаси Хижаки, що поїдають м'ясоїдних тварин: боривітер, яструб, лисиця Детритофаги: мурахи, дощові черв'яки, орли-стерв'ятники	Рослиноїдні тварини: метелики, бджоли, білки, зайці, дики свині, козулі, лосі, олені М'ясоїдні тварини, що поїдають рослиноїдних тварин: павуки, їжаки, дятли, горлиці Хижаки, що поїдають м'ясоїдних тварин: лисиці, вовки, ведмеді Детритофаги: мурахи, дощові черв'яки
редуценти	Грунтові бактерії, гриби	Грунтові бактерії, гриби

## § 31. Біосфера як глобальна екосистема



### Що таке екосистема?

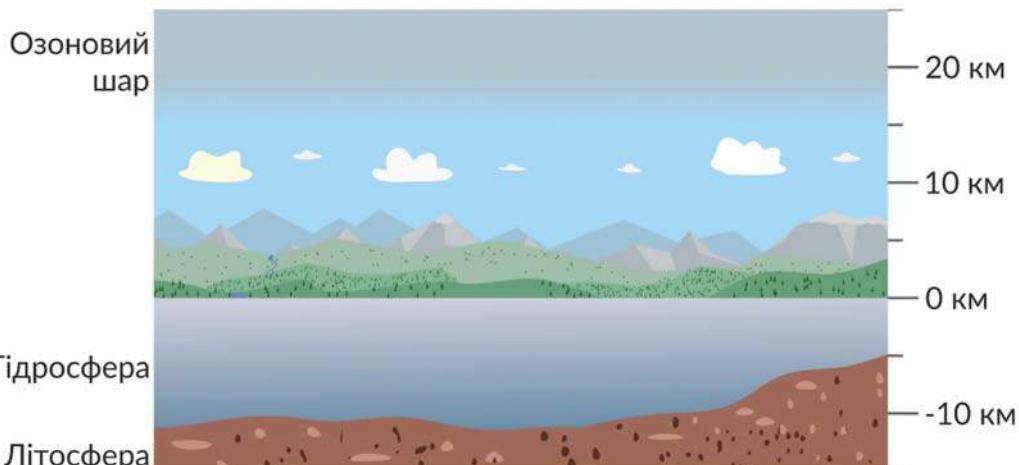
Як вам відомо, екосистеми можуть бути різного розміру, наприклад екосистема річки, озера, острова й усієї біосфери загалом. Усі групи екосистем – це продукт спільногого історичного розвитку видів.



**Біосфера** – це глобальна екологічна система, межі якої визначені життєдіяльністю організмів.

**Межі біосфери та оболонки планети Земля.** Біосфера охоплює частину атмосфери до висоти озонового шару (20–22 км), частину літосфери (2–3 км нижче від поверхні) та всю гідросферу (рис. 153). *Атмосфера* – це газувата оболонка, що оточує нашу планету. Суміш газів, що становить атмосферу, називають повітрям. Поширення організмів в атмосфері обмежене озоновим шаром. Максимальна висота, на якій виявлено спори бактерій і грибів, сягає 22 км. *Гідросфера* – водна оболонка планети, сукупність океанів, морів, вод континентів, льодовикових покривів. Вода є основою існування життя на Землі, у гідросфері організми живуть на будь-яких глибинах. *Літосфера* – верхня тверда оболонка Землі, що зверху межує з гідросферою та атмосферою, які частково проникають у неї. Углиб літосфери організми можуть проникати на незначні глибини. Грунт – верхній шар літосфери, що є місцем перебування більшості організмів суходолу. Найбільшу товщину біосфера має на тропічних широтах – 22 км, найменшу – на полярних – 12 км.

Рис. 153. Межі біосфери



Проаналізуйте рисунок. Дайте відповіді на запитання.

1. На яку глибину проникає життя в літосфері?
2. Яка оболонка Землі повністю входить до складу біосфери?



**Хімічні функції живої речовини.** Сукупно всі організми утворюють біомасу, або, за висловом Володимира Вернадського, *живу речовину* планети. За масою вона становить близько 0,001 % маси земної кори. Проте роль організмів у процесах, що відбуваються на планеті, є величезною. Саме діяльністю організмів зумовлені хімічний склад атмосфери; концентрація солей у гідросфері; утворення одних і руйнування інших гірських порід, формування ґрунту – у літосфері. Жива речовина виконує хімічні функції: газову, концентраційну, окисно-відновну й біохімічну.

**Газову функцію** здійснюють зелені рослини, які під час фотосинтезу виділяють в атмосферу кисень; рослини й тварини, які під час дихання виділяють вуглекислий газ; багато видів бактерій, що відновлюють Нітроген зі сполук.

**Концентраційна функція** пов'язана з накопиченням у живій речовині хімічних елементів (Карбону, Гідрогену, Нітрогену, Оксигену, Кальцію, Калію, Силіцію, Фосфору тощо). Окремі види організмів є своєрідними концентраторами деяких елементів (рис. 154).

**Окисно-відновна функція** виявляється в окисненні речовин за допомогою організмів у ґрунті й гідросфері з утворенням солей, оксидів, а також відновленні речовин. З діяльністю бактерій пов'язане формування вапняків, бокситів, а також залізних, марганцевих і мідних руд.

**Біохімічна функція** здійснюється під час обміну речовин в організмах (живлення, дихання, виділення), руйнування відмерлих організмів і розщеплення продуктів їхньої життєдіяльності. Ці процеси складають колообіг (біогеохімічні цикли) речовин у природі.

Жива речовина значно прискорила й змінила колообіги різних речовин. Також вона активно регулює геохімічну міграцію атомів. Завдяки цьому зберігається стабільність біосфери і здійснюється еволюція як організмів, так і всієї біосфери загалом. Це особливий вид стану рівноваги, що постійно змінюється.

Рис. 154. Накопичення хімічних елементів організмами



Ламінарія цукрова  
Бурі водорості  
накопичують Йод



Рак синій флоридський  
Ракоподібні накопичують  
Купрум



Восьминіг каліфорнійський  
Молюски накопичують  
Купрум



Створіть просвітницький проект для учнів та учениць основної школи «Хімічні функції живої речовини в біосфері».



1. Дайте означення поняття *біосфера*.
2. Які межі та структура біосфери?
3. Що В. Вернадський називав живою речовиною?
4. Які хімічні функції живої речовини?

## § 32. Біогеохімічні цикли як необхідна умова існування біосфери

 Що таке колообіг речовин і потоки енергії в екосистемах?

Як відомо, продуценти засвоюють енергію Сонця й залишають її в біогеохімічні цикли через процес фотосинтезу, який здійснюється переважно організмами, що мають хлорофіл. Процеси фотосинтезу тривають уже понад 1,5 млрд років і, здавалось, хімічні елементи, що беруть участь у цих процесах, повинні були бути давно вичерпані. Однак цього, як ви знаєте, не відбувається. Насправді всі потрібні для підтримання життя речовини не вичерпуються завдяки здійсненню постійного колообігу.

У природі існує два типи колообігу елементів: великий (геологічний) і малий (біологічний). **Великий колообіг** полягає в тому, що гірські породи руйнуються й вивітрюються в результаті ерозії, а утворені продукти за допомогою води й вітру зносяться у Світовий океан. Унаслідок цього утворюються морські нашарування, що згодом повертаються на суходіл, і процес починається знову.

**Малий колообіг**, який є частиною великого, відбувається на рівні екосистем.



**Біогеохімічний цикл (колообіг речовин)** – система незамкнених і незворотних колообігів хімічних речовин у неорганічній природі через організми в органічну природу.

**Біогеохімічний цикл у біосфері.** Колообіг речовин – це обмін речовинами між абіотичною та біотичною частинами екосистеми. У біосфері постійно триває колообіг води (рис. 155), Карбону, Оксигену, Нітрогену й інших хімічних елементів, що входять до складу організмів.

Рис. 155. Біогеохімічний цикл води



Складіть оповідання «Подорож води в біосфері», використовуючи цю схему.

**Біогеохімічний цикл Карбону.** Під час фотосинтезу рослини засвоюють Карбон, що надходить до листків з повітря в складі вуглекислого газу, утворюючи вуглеводи. За таких умов відбувається перетворення сонячної енергії в хімічну. Як ви вже знаєте, у цьому полягає космічна роль зелених рослин. Під час дихання рослин частина вуглеводів окиснюється, і вуглекислий газ виділяється в повітря. Більша частина вуглеводів накопичується в рослинах. Крім того, у рослинах утворюються білки, ліпіди та інші органічні речовини.

Надалі рослини поїдаються гетеротрофними організмами. Отже, сполуки, синтезовані рослинами, рухаються ланками трофічних ланцюгів. Під час дихання вуглеводи окиснюються. За рахунок вивільнення енергії відбуваються всі життєві процеси, а вуглекислий газ виділяється в повітря. Розкладання відмерлих організмівздійснюється за участю бактерій. При цьому також відбувається окиснення Карбону з утворенням вуглекислого газу. Унаслідок розкладання організмів за відсутності кисню утворюються торф, кам'яне вугілля, нафта, сланці. Людина спалює їх, використовуючи як джерело енергії, і вуглекислий газ також потрапляє в атмосферу. Так коло замикається, і розпочинається новий цикл уклочення Карбону до складу органічних сполук, що їх синтезують рослини (рис. 156).

**Біогеохімічний цикл Оксигену.** Кисень атмосфери має біогенне походження. Він постійно надходить в атмосферу завдяки фотосинтезу. Кисень під час дихання використовують аеробні організми. Одним з кінцевих продуктів окиснення є вуглекислий газ. У сполучі з Карбоном Оксиген повертається в навколоишнє середовище, щоб знову потрапити до фотосинтезувальних організмів. Оскільки вивільнення енергії з органічних і неорганічних сполук супроводжується розщепленням їх у процесі окиснення, то колообіг Оксигену

Рис. 156. Біогеохімічний цикл Карбону



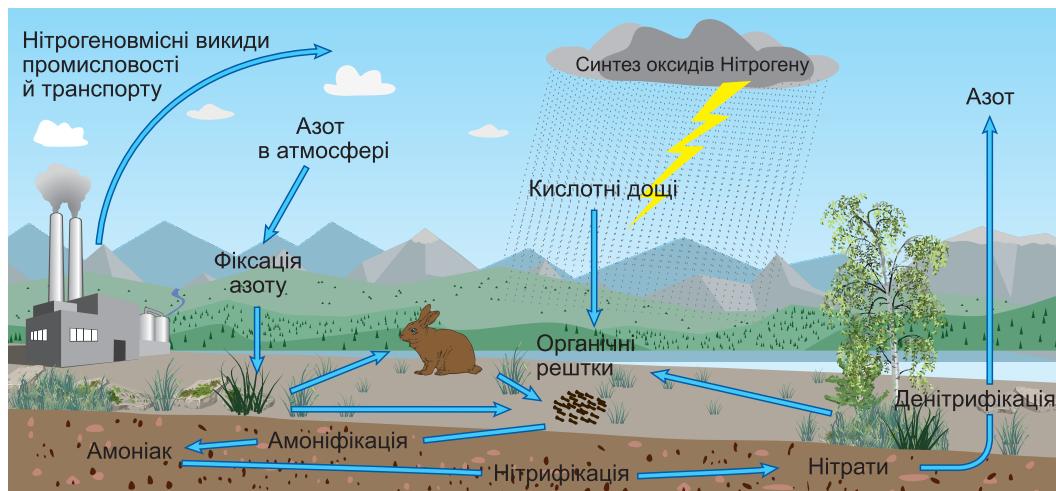
Створіть просвітницький проект «Значення кисню для життя на Землі», використовуючи інтернет-джерела.

забезпечує колообіг усіх біогенних елементів. Унаслідок колообігу речовин у біосфері відбувається безперервна міграція елементів.

**Біогеохімічний цикл Нітрогену.** Нітроген у вигляді газоподібних сполук перебуває в повітрі, у вигляді органічних сполук – в організмах, у вигляді солей амонію, нітратів і нітритів – у ґрунті. У колообігу азот залучається завдяки біологічній (бактерії, ціанобактерії), промисловій (виробництво мінеральних добрив) і атмосферній (бліскавка) азотфіксаціям. Завдяки цим процесам атмосферний азот перетворюється в нітрати, які можуть засвоюватися рослинами. Іншим джерелом Нітрогену для рослин є розкладання органічних решток, унаслідок чого утворюються сполуки амонію, сечовина та амоніак. Ці сполуки завдяки діяльності нітрифікувальних бактерій також перетворюються в речовини, доступні для рослин. Повернення Нітрогену в атмосферу відбувається внаслідок розкладання сполук, що містять цей елемент, до вільного азоту та кисню ґрунтовими бактеріями. Людина своєю діяльністю значно впливає на колообіг Нітрогену. Систематичне застосування азотних добрив зумовлює збільшення концентрації сполук Нітрогену в ґрунтах, водах, продуктах харчування (рис. 157).

**Роль організмів у перетворенні оболонок Землі.** Організми беруть участь в утворенні осадових порід, ґрунтоутворенні, підтриманні сталості газового складу атмосфери. Осадові породи виникають на дні водойм унаслідок нашарування різних нерозчинних речовин, значна частина яких має біогенне походження. З решток організмів, які впродовж життя накопичують у своїх скелетах, мушлях, панцирах карбонати, фосфати, силіцій(IV) оксид, утворюються осадові породи (крейда, кремнезем, радіолярити, діatomіти, вапняк). Торф і кам'яне вугілля утворилися за певних умов перетворень відмерлих

Рис. 157. Біогеохімічний цикл Нітрогену



Які чинники впливають на порушення природного колообігу Нітрогену?

Як це впливає чи може впливати на організм людини?

решток рослин – мохів та викопних вищих спорових. Поклади залізної руди – це результат діяльності залізобактерій. Існують докази біогенного походження нафти, природного газу й горючих сланців (рис. 158).

Руйнування гірських порід також пов’язане з діяльністю організмів. Наприклад, лишайники, оселяючись на скелях, виділяють органічні кислоти, що руйнують гірські породи.

Унаслідок діяльності різноманітних організмів тривають процеси ґрунтоутворення: розкладання органічної речовини на мінеральні сполуки, утворення гумусу та його розкладання, розкладання й утворення мінеральних сполук.

Життєдіяльність організмів спричиняє зміну газового складу атмосфери – на початку розвитку біосфери він значно відрізнявся від сучасного. В атмосфері було багато водяної пари, вуглекислого газу, сірководню, метану, однак не було вільного кисню, а отже й озонового шару. Через це ультрафіолетові промені без перешкод досягали поверхні Землі, і життя могло існувати лише у водному середовищі, оскільки вода поглинала ці промені. Завдяки діяльності фотосинтезувальних ціанобактерій газовий склад атмосфери поступово змінювався: зменшувався вміст вуглекислого газу, метану, амоніаку; утворилися вільний кисень, а з ним і озоновий шар. Це створило передумови виходу життя на суходіл.

Людина небувало прискорила колообіг деяких речовин – родовища корисних копалин, які природа накопичувала мільйони років, швидко вичерпуються. Ми швидкими темпами використовуємо енергію, накопичену у вугіллі, нафті, природному газі, а також вивільняємо енергію, що міститься в урані. Людство є чинником, який суттєво порушує рівновагу в біосфері.

*Rис. 158. Осадові породи*



Крейда



Вапняк



Кам’яне вугілля



Використовуючи інтернет-джерела, наведіть інші приклади, що ілюструють роль організмів у перетворенні оболонок Землі.



1. Дайте означення поняття *біогеохімічний цикл*.
2. Схарактеризуйте біогеохімічний цикл (на вираному вами прикладі).
3. Обґрунтуйте про роль організмів у перетворенні оболонок Землі.

## § 33. Вчення Володимира Вернадського про біосферу та ноосферу



*Що таке біосфера?*

*У чому полягає антропічний чинник?*

Одним з перших усвідомив величезний перетворювальний вплив організмів на всі три зовнішні оболонки Землі в планетарному масштабі, тісну взаємодію і взаємозалежність усіх форм життя наш з вами співвітчизник, видатний природодослідник Володимир Вернадський. Це дало йому поштовх до створення уччення про біосферу, тобто ту частину зовнішніх оболонок нашої планети, яка безпосередньо пов'язана з існуванням життя на Землі.

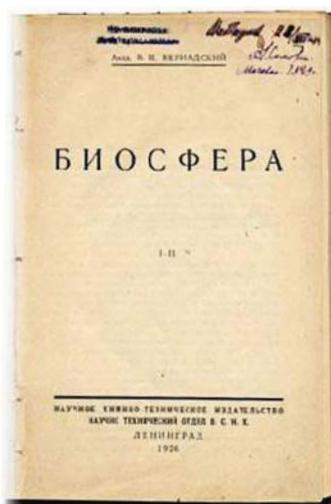
**Вчення В. Вернадського про біосферу.** Це вчення є одним з найбільших узагальнень науковця в царині природознавства. Як ви вже знаєте, поняття «біосфера» використовував австрійський геолог Едуард Зюсс ще 1875 року. Але глибокого наукового змісту це поняття сповнюється після видання 1926 року праці Володимира Вернадського «Біосфера» (рис. 159). Він писав: «*Біосфера – це явище космічного характеру, її важливою особливістю, головною геологічною силою є життя – «жива речовина», ...*». Пізніше науковець створив монографію «Хімічна будова біосфери землі і її оточення». Цій роботі він присвятив багато часу та вважав головною працею свого життя.

Отже, В. Вернадський розглядав біосферу як простір життя, а її основою вважав взаємодію живої та неживої речовин. На його думку, провідна роль у формуванні біосфери належить організмам. Розгляньмо принципові положення вчення В. Вернадського про біосферу.

*Рис. 159. Вчення В. Вернадського про біосферу*



Володимир Вернадський  
(1863–1945)



Обкладинка першого видання праці  
*«Біосфера»*, 1926 рік



Підготуйте повідомлення про життя й наукову спадщину В. Вернадського, використовуючи додаткові літературні джерела та інтернет-ресурси.

**Перше положення** стосується речовин біосфери. Науковець виділяв живу, біогенну, неживу, біокосну речовини, радіоактивні речовини, розсіяні атоми та речовини космічного походження (метеорити, космічний пил).

Отже, **жива речовина** – це сукупність організмів різних видів (рис. 160), яку характеризують не лише різноманітність видів і їхня чисельність, а також тенденція зростання їхньої кількості в процесі еволюції.

**Біогенна речовина** – продукти, створені в результаті діяльності організмів (кальцит і арагоніт у карстових печерах, кам'яне та буре вугілля, природний газ, нафта, торф тощо) (рис. 161).

**Нежива речовина** – неорганічні сполуки, в утворенні яких організми участі не брали (деякі гірські породи, мінерали, осадові породи) (рис. 162).

**Біокосна речовина** – це неорганічні сполуки, утворювані в результаті взаємодії живої та неживої речовини (кисень, ґрунт, мул, сланці тощо) (рис. 163).

**Друге положення** вчення В. Вернадського про біосферу полягає в тому, що вінуважав енергію Сонця космічним джерелом енергії в біосфері. Організми перетворюють енергію променів Сонця в хімічну згідно із законами термодинаміки.

Формулюючи **третє положення** вчення про біосферу, В. Вернадський відзначав здатність живої речовини постійно зростати, розрахував швидкість можливого заселення поверхні Землі деякими організмами за умов безперешкодного існування. Цю особливість він називав «тиском життя».

**Четверте положення** вчення про біосферу полягає в тому, що В. Вернадський уперше відзначив геологічну роль організмів. Саме завдяки їхній діяльності відновний характер давньої атмосфери з переважанням вуглекислого газу змінився на окисний з переважанням кисню та незначним умістом вуглекислого газу.

Rис. 160. Жива речовина



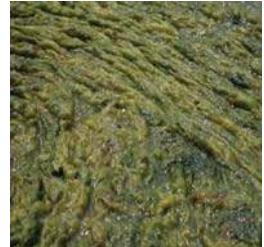
Rис. 161. Біогенна речовина



Rис. 162. Нежива речовина



Rис. 163. Біокосна речовина



Рослинність заплавної луки

Кам'яне вугілля

Кварц

Річковий мул



Підготуйте повідомлення про типи речовин біосфери, що їх виділяв В. Вернадський, використовуючи додаткові літературні джерела та інтернет-ресурси.

Створіть просвітницький проект для учнів та учениць основної школи «Значення живої речовини в біосфері».

Формулюючи *п'яте положення* вчення про біосферу, В. Вернадський підкреслював повсюдність життя, яке поширене в трьох оболонках планети: літосфері, гідросфері та атмосфері.

Одна з основних особливостей живої речовини – це нерівномірний розподіл у різних частинах біосфери. Життя слабко розвинене в пустелі, тундрі, на глибині океану, високо в горах. Натомість у мішаних і тропічних лісах, річках та озерах воно дуже різноманітне та щільне (рис. 164).

Найбільшу концентрацію живої речовини спостерігають на межі розподілу середовищ існування – у ґрунті як прикордонному шарі між атмосферою та літосферою, у поверхневих шарах океану, на дні водойм і особливо в лиманах, на літоралі, де всі три середовища – ґрунтове, водне й повітряне розташовані поряд. Місця найбільшої концентрації організмів В. Вернадський називав «плівками життя».

Науковець дійшов висновків: біосфера – організована оболонка; бути живим – значить бути організованим (відповідно до ролі й функцій організмів їх поділяють на продуцентів, консументів і редуцентів); для організмів у біосфері характерна їхня геохімічна робота, яка виявляється у формі незамкнущих і незворотних потоків енергії та речовин (біохімічних циклів, оскільки до процесів колообігу долучаються нові організми); біогеохімічна циклічність є суттю організованості й еволюції біосфери. Отже, біосфера – це оболонка Землі, що охоплює всі організми й ту частину речовини планети, яка перебуває в безперервному обміні з цими організмами.

Таку цілісну й завершену систему уявлень про біосферу В. Вернадський сформулював у своїх творах вперше в історії людства, хоча зародки вчення про біосферу й усвідомлення взаємозв'язку багатьох процесів у зовнішніх оболонках Землі були вже в роботах попередників.

*Рис. 164.* Нерівномірний розподіл живої речовини на планеті



Пустеля



Вологий тропічний ліс



Порівняйте біоми пустелі та вологого тропічного лісу, звертаючи увагу на нерівномірний розподіл живої речовини.

Обґрунтуйте причини нерівномірного розподілу живої речовини в біосфері.

**Вчення В. Вернадського про ноосферу.** Термін «ноосфера» запропонували 1927 року французькі філософи Едуард Леруа та П'єр Тейяр де Шарден. Наповнив його змістом В. Вернадський 1944 року в праці «Декілька слів про ноосферу». Науковець писав: «*Ноосферу слід розглядати як вищу стадію розвитку біосфери, пов'язану з виникненням і розвитком у ній людського суспільства... останній з багатьох станів еволюції біосфери в геологічній історії*». Він зазначав, що змінювати біосферу слід раціонально, думаючи не про сьогоднішні вигоди, а про майбутні наслідки.

💡 **Ноосфера** (від. грец. *noos* – розум) – це етап розвитку біосфери, за якого людина, свідомо використовуючи свої знання, буде підтримувати існування біосфери та сприяти її еволюції.

Вчення В. Вернадського про ноосферу містить чотири основні положення: ноосфера – історично останній стан геологічної оболонки біосфери, що перетворюється діяльністю людини; це сфера розуму та праці; зміни біосфери зумовлені як свідомою, так і несвідомою діяльністю людини; розвиток ноосфери пов'язаний з розвитком соціально-економічних чинників. Науковець зауважував також, що ноосфера відрізняється від біосфери величезною швидкістю розвитку.

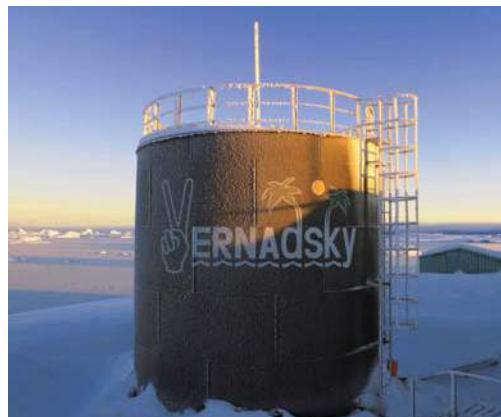
Володимир Вернадський – це український філософ і природознавець, засновник геохімії, біохімії та радіохімії, вчення про біосферу та ноосферу. Ім'я вченого присвоєно багатьом академічним інститутам, кораблям, бібліотекам, зокрема Національній бібліотеці України. На пошану вченого названо два мінерали «вернадит» і «вернадскіт» (рис. 165). У 1996 році заснували українську антарктичну станцію «Академік Вернадський» (рис. 166). Він є одним із засновників Української академії наук та був її першим президентом. Цей видатний науковець писав у своєму щоденнику: «*Ви знаєте, як мені дорога Україна і як глибоко українське відродження проникає в мій національний і власний світогляд... Я вірю в майбутнє*».

Рис. 165. Ушанування пам'яті В. Вернадського



З 26 березня 2003 року Національний банк України увів в обіг ювілейну монету присвячену 140-річчю вченого

Рис. 166. Українська антарктична станція «Академік Вернадський»



На станції проводяться наукові дослідження, у тому числі біологічні та медико-фізіологічні



1. Схарактеризуйте основні положення вчення про біосферу.
2. Які речовини В. Вернадський виділяв у біосфери?
3. Які основні положення вчення про ноосферу?

## Індивідуальне завдання

### Корабельний черв'як

Ознайомтеся з інформацією: «За часів активного використання дерев'яних кораблів значну небезпеку для них становив організм під назвою корабельний черв'як. Це витягнутої форми тварина, що живиться деревиною, висвердлюючи в ній ходи та наносячи шкоду дерев'яним конструкціям. Тіло корабельних червів зовні вкрито складкою покривів, яка формує порожнину. Через два отвори – ввідний та вивідний сифони – усередину цієї порожнини застоскується та виводиться назад вода. Її потік постачає організм як киснем, що поглинається зябрами, так і їжею, яку черв'як відфільтровує з води. Корабельні черви бурять ходи за допомогою невеликої двостулкової черепашки з кальцієвим карбонатом, розташованої на передньому кінці тіла. Частина цих стулок укрита гострими зубцями, за допомогою яких тварина і вgrизається в товщу деревини. Заглиблюючись, корабельний черв'як залишає на стінках ходу захисний вапняний шар. Таке пристосування надихнуло в XIX ст. інженера Марка Брюнеля на створення проходницького щита для риття тунелів у нестійких ґрунтах. З допомогою щита в 1824–1843 роках за проектом Брюнеля був пройдений тунель під Темзою в Лондоні. Корабельні черви мешкають у морях з достатнім рівнем солоності. Саме через активність таких тварин підводним археологам рідко вдається знайти неушкоджені кістяки затонулих дерев'яних кораблів. Цікаво, що найліпше збережений корабель шведського військового флоту «Ваза», який затонув у 1628 році та був піднятий з дна Балтійського моря через 300 років, майже повністю зберігся через відсутність у цьому регіоні корабельних червів. Причиною цього є низька солоність моря, зумовлена прісною водою річок, що в нього впадають».

**Завдання 1.** Проаналізуйте опис корабельного черв'яка. До якої групи належить ця тварина?

- А кишковопорожнинні
- Б кільчасті черви
- В членистоногі
- Г молюски

**Завдання 2.** Застосування Марком Брюнелем знання про будову й життєдіяльність корабельного черв'яка для конструювання проходницького щита є прикладом

- А біотехнологій
- Б біоніки
- В біоінформатики
- Г біофізики

**Завдання 3.** Описаний екологічний чинник, що обмежує поширення корабельних червів, належить до групи

- А антропічних
- Б біотичних
- В абіотичних
- Г соціальних



Корабельний черв'як і зроблений ним хід



Сучасний проходницький щит на будівництві київського метрополітену



Музей корабля «Ваза», м. Стокгольм, Швеція. Складається на 98 % з оригінальних частин

## Індивідуальне завдання

### Біоми України

Прочитайте уривок з роману українського письменника Майка Йогансена «Подорож ученої доктора Леонардо...»:

«Леонардо покинув весла й випростався в човні. Вони в'їздили в Слобожанську Швайцарію. За ними відпливала сіть озер і колін, Кривець розвивався в Дінчик і йшов у велике плесо під Задонецьким хутром, ліворуч попереду лежало, як колосальне дзеркало, Біле озеро. А просто попереду вогким подихом віяла озія темних лісових гір, ховаючи під кучмо ще не знаний підгірний Дінець. [...] Подивись, наш човен впливає за тринадцятий поворот, і враз змінюється весь ландшафт, неначе на сцені включили лісові лампи замість степових. [...] Явори й дуби зійшли до темної ріки й закрили її риззям своїх рукавів. Човен минає останню затоку, і з лівого берега підйшли осокори. Важка хмара причалила над велику ріку і спустила над ліс якорі. [...] Ти бачиш: у лісі спокійно й тихо. Вовки сплять у своїх лігвах далеко від ріки і вночі прийдуть пити воду. Людей нема, але дики кози теж зайшли в саму глиб лісу. [...]»

Ти давно чуєш, як межи водяви дерев'яні трелі втручається вищий, чистіший, довший тон. Це друга флейта, флейта-піколо Слобожанської Швайцарії. Ти можеш бачити, який піколо грає на цю флейту. [...] Це золотава щурка, як кажуть, єдиний залишок колишньої тропічної фавни, ще перед великою мандрою льодових полюсів Землі. Дядьки називають цього птаха бджолоїдом, бо він полює залюбки на бджол. А от над річкою шугнув куди яскравіший самоцвіт – він сидів на очеретині, коли його сполохав наш човен. Це королик-рибалка, так звуть його англійці, а в нас він називається синьовуд.

*I от що далі вглиб лісу запливає човен, то густіші й багатші стають звуки. До дерев'яних дзвоників і золотавих щурок долучається металевий тимпан, гострий і прикий – це кричить чапля. Мов кларнетові півники в оркестрі, вистрибують дики високі вигуки, це клехчуть яструби й соколи. I під усім тим, мов вечірній дзор-кіт цвіркунів, розстелилася сіть голосів дрібного співочого птаства.»*

**Завдання 1.** Який біом описано в уривку?

- А тайга
- Б савани
- В лісостеп
- Г мусонні ліси

**Завдання 2.** Яке з поданих тверджень можна сформулювати на основі аналізу наведеної інформації?

- А Поміж організмів, які перебувають на другому трофічному рівні, указано явори, дуби, осокори.
- Б Поміж тварин, які утворюють угруповання, наведено лише представників птахів.
- В Уривку наведено лише організми, які за способом живлення є хижаками.
- Г Золотава щурка живиться тваринними організмами.

**Завдання 3.** В уривку згадано екологічний чинник, що вплинув на формування описаної фауни. Про який чинник, на вашу думку, ідеться? Як саме він вплинув на еволюційні процеси?



Бджолоїдка  
звичайна

## Самоконтроль рівня навчальних досягнень.

### ЕКОЛОГІЯ

#### Тестові завдання з однією правильною відповіддю (0,5 бала)

1. Укажіть абіотичний чинник середовища.  
 А забруднення повітря викидами автотранспорту  
 Б сезонні коливання чисельності популяції хижака  
 В підвищення вологості повітря після дощу  
 Г виділення фітонцидів у повітря
2. Дослідники виявили вплив біотичного чинника на зниження чисельності популяції Вивірки звичайної. Про який чинник ідеться?  
 А вирубування дерев у лісі  
 Б зменшення кількості опадів  
 В збільшення популяції куниці  
 Г пониження температури повітря
3. Укажіть сукупність організмів, які пов'язані між собою трофічними зв'язками.  
 А вид  
 Б зграя  
 В популяція  
 Г ланцюг живлення
4. До трофічної групи продуцентів належить  
 А ялина зелена  
 Б коник зелений  
 В жаба зелена  
 Г чапля біла
5. Унаслідок якого процесу кисень повертається в атмосферу?  
 А транспірації  
 Б гліколізу  
 В хемосинтезу  
 Г фотосинтезу
6. Укажіть організми, які забезпечують засвоєння атмосферного азоту.  
 А азотобактерії  
 Б нітрифікувальні бактерії  
 В денітрифікувальні бактерії  
 Г бактерії гниття

#### Тестові завдання з однією правильною відповіддю (1 бал)

7. Укажіть правильну послідовність ланок трофічного ланцюга, який становлять наведені організми.

1	2	3	4
	 A flowering plant with yellow flowers and green leaves.	 A small bird with a blue cap and yellow breast.	 An owl with large eyes and brown feathers.

- A 1 → 2 → 3 → 4  
 Б 2 → 1 → 3 → 4  
 В 2 → 3 → 1 → 4  
 Г 4 → 3 → 2 → 1

8. На уроці біології для обговорення трофічних зв'язків між організмами клас поділили на дві групи. Перша група зазначила, що на першому трофічному рівні перебувають рослиноїдні тварини. Друга група вважала, що на другому трофічному рівні перебувають хижаки. Яка група висловила правильне судження?

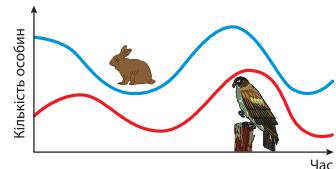
A лише перша  
B лише друга  
C обидві групи  
D жодна з груп

9. Проаналізуйте графіки коливання чисельності популяції жертви та хижака впродовж певного часу.

I. Графіки відображають залежність коливання чисельності популяції зайця та беркута.  
II. Максимальне збільшення чисельності популяції хижака менше за максимальне збільшення чисельності популяції жертви.

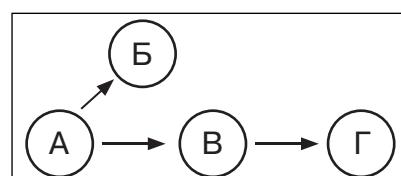
Чи є поміж них правильні?

A правильне лише I  
B правильне лише II  
C обидва правильні  
D немає правильних



#### Тестове завдання з коротким описом (1,5 бала)

10. Ознайомтесь зі схемою трофічної сітки (стрілки напрямлені в бік споживача). Схарактеризуйте її за наведеними ознаками.



Літерою А позначено

1 продуцент  
2 консумент  
3 редуцент

На третьому трофічному рівні перебувають об'єкти, позначені літерою

1 лише А  
2 лише Г  
3 лише Б, В

Літерою Г позначено

1 рослину  
2 рослиноїдну тварину  
3 хижака

11. Схарактеризуйте зображену тварину за наведеними ознаками.

Взаємодія джмелія та рослини є прикладом

1 хижакства  
2 мутуалізму  
3 коменсалізму

Належить до трофічної групи

1 продуцентів  
2 консументів  
3 редуцентів

Займає в трофічному ланцюзі

1 перший трофічний рівень  
2 другий трофічний рівень  
3 третій трофічний рівень



#### Виконайте обране завдання в письмовій формі (3 бали)

1. Обґрунтуйте заходи щодо охорони природи вашого місця проживання на основі набутих знань.

2. Які чинники ви будете враховувати, визначаючи свою поведінку в навколишньому середовищі?

---

*Тема 8*

## **СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

---



## З історії відкриттів

Ще з прадавніх часів людина використовувала природу як джерело ресурсів для свого існування. Під впливом господарської діяльності навколошнє середовище змінювалося. Але значних негативних змін воно почало зазнавати з середини XIX століття у зв'язку з «промисловою революцією» – активним розвитком машинного виробництва, застосуванням недосконалих технологій, інтенсивним використанням природних ресурсів. Постала необхідність у науці, яка змогла б виявити причини негативних змін і розробити методи їх подолання.

Поява 1859 року книги Чарлза Роберта Дарвіна «Походження видів шляхом природного добору, або збереження обраних порід у боротьбі за життя» стала поштовхом до розвитку екології як науки. У цій праці Ч. Р. Дарвін розкрив роль навколошнього середовища в природному доборі. Під впливом робіт Ч. Р. Дарвіна наукові основи екології заклав німецький учений Ернст Геккель. Завдяки роботам німецького зоолога, ботаніка Карла Августа Мебіуса друга половина XIX ст. познана становленням нової галузі екології – біоценології.

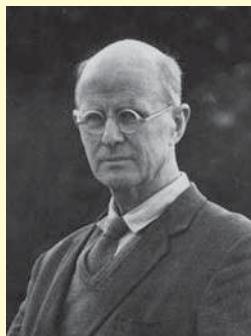
У 30-х роках ХХ ст. постала нова галузь екології – популяційна екологія, для якої об'єктом вивчення стали проблеми внутрішньовидової організації та динаміки чисельності популяцій. Її засновником є англійський учений Чарльз Сазерленд Елтон. У 1935 р. Артур Тенслі обґрутував поняття екосистеми. Розвиток екосистемного аналізу привів до появи вчення про біосферу, автором якого був перший президент Української академії наук Володимир Вернадський. У 70–90-х роках ХХ ст. значну роль у становленні екології відіграли наукові праці американського вченого Юджина Одума.

Визначною подією в розвитку екології стала Конференція ООН із проблем сeredoviща, що оточує людину (Стокгольм, 1972 р.). Там уперше обговорено концепцію сталого (узгодженого, збалансованого, виваженого) розвитку. На конференції створено Стокгольмську декларацію, яка встановила 26 принципів збереження довкілля. У 1987 р. Міжнародна комісія ООН з навколошнього середовища і розвитку (МКНСР) під головуванням екс-прем'єра Норвегії Гро Гарлем Брундтланд опублікувала звіт «Наше спільне майбутнє», у якому поняття сталого розвитку визначено як розвиток суспільства, що задовольняє потреби сьогодення, не приносячи при цьому в жертву здатності майбутніх поколінь задовольняти свої потреби.

Завдяки науковим працям таких учених, як Р. Гейнберг, К. Гофман, Г. Дейлі, Д. Кемберленд, Д. Хулс та ін., сформовано постулати сталого розвитку.



Карл Август Мебіус  
(1825–1908)



Чарльз Сазерленд Елтон  
(1900–1991)



Гро Гарлем Брундтланд  
(1939)

## § 34. Сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні



Дайте означення поняття антропічний екологічний чинник.  
Наведіть приклади впливу людини на навколишнє середовище.

Протягом тисячоліть людина втручалася в природу, не переймаючись наслідками, що призводило до виникнення протиріччя між людським суспільством і навколишнім середовищем. Різким ростом антропогенного впливу на навколишнє середовище зумовлено ускладнення взаємовідносин суспільства і природи на порозі ХХІ століття.

**Поняття екологічної проблеми.** Людство стикається з необхідністю розв'язання багатьох проблем, які виникають у результаті різкого погіршення якості навколишнього середовища.

● **Екологічна проблема** – це зміна природного середовища в результаті антропогенних впливів, що спричинює порушення структури і функціонування природних систем і призводить до негативних соціальних, економічних та інших наслідків.

Ці проблеми можуть мати локальний характер – для окремих районів, областей і країни загалом. Ці проблеми можуть мати й глобальний характер, тобто впливати на цілі регіони світу й торкатися життєвих інтересів усього людства (рис. 167). У такому разі для їх розв'язання потрібна співпраця світового співтовариства.

Можна виокремити такі групи екологічних проблем:

Рис. 167. Глобальні та локальні екологічні проблеми



- атмосферні (забруднення атмосфери: радіологічне, хімічне, механічне, теплове);
- водні (виснаження й забруднення поверхневих і підземних вод, забруднення морів і океанів);
- геолого-геоморфологічні (порушення рельєфу й геологічної будови);
- ґрунтові (забруднення ґрунтів, ерозія, заболочування);
- біотичні (знищення лісів, зменшення видового різноманіття);
- комплексні (ландшафтні) – спустелювання, зниження біорізноманіття, порушення режиму природоохоронних територій.

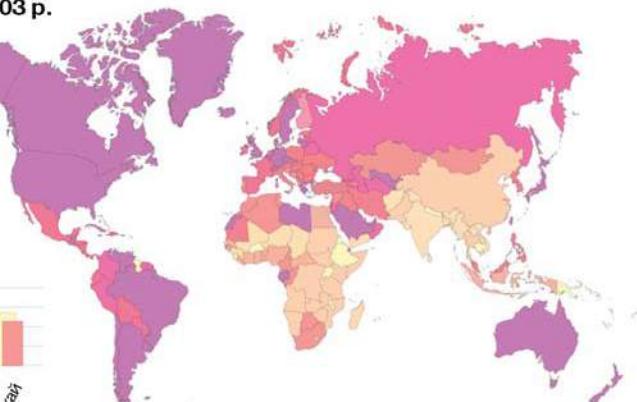
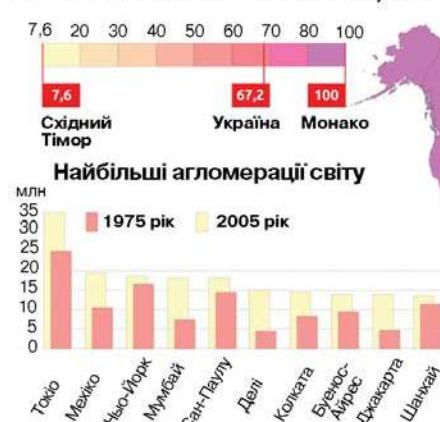
Протягом останніх 50 років відбувається інтенсивне зростання чисельності населення планети та бурхливий науково-технічний прогрес, що спричинює погіршення стану багатьох екосистем планети, зменшення їхньої біопродуктивності й біорізноманітності.

**Сучасні екологічні проблеми у світі.** Однією з екологічних проблем є зростання кількості міст-гіантів, що стали найбільшими забруднювачами довкілля. Населення світу проживає в поселеннях двох типів: міських і сільських. Міським є поселення, де більша частина людей працює в промисловості та сфері послуг. У сільському поселенні більшість жителів зайнята в аграрному секторі господарства. Пригадаймо з курсу географії, що **урбанізація** (від лат. *urbanus* – міський) – це процес зростання міст, збільшення кількості міського населення, підвищення ролі міст у житті суспільства та поширення міського способу життя. Нині в міських поселеннях проживає більше ніж половина населення планети, а у світі є близько 400 міст-мільйонерів (рис. 168).

Через вимушенну безперервну експлуатацію земельних угідь, зумовлену гострим продовольчим питанням, у всьому світі швидкими темпами відбувається

Рис. 168. Урбанізація у світі

Питома вага міського населення, 2003 р.



Проаналізуйте карту.

Висловіть власне судження щодо чинників, які впливають на рівень урбанізації країни.

Проаналізуйте діаграму.

Виявіть агломерації, ріст яких порівняно з іншими найбільш інтенсивний.

**деградація й ерозія ґрунтів.** Це призводить до зменшення площі ґрунтів, придатних для ведення сільського господарства. Однією з причин такої ситуації, окрім різкого росту кількості населення, є зменшення площі лісів. Лісові ресурси є скінченними, але відновлюваними. Лісові площи становить майже 30 % площі суходолу, але щороку скорочуються на 0,6 %.

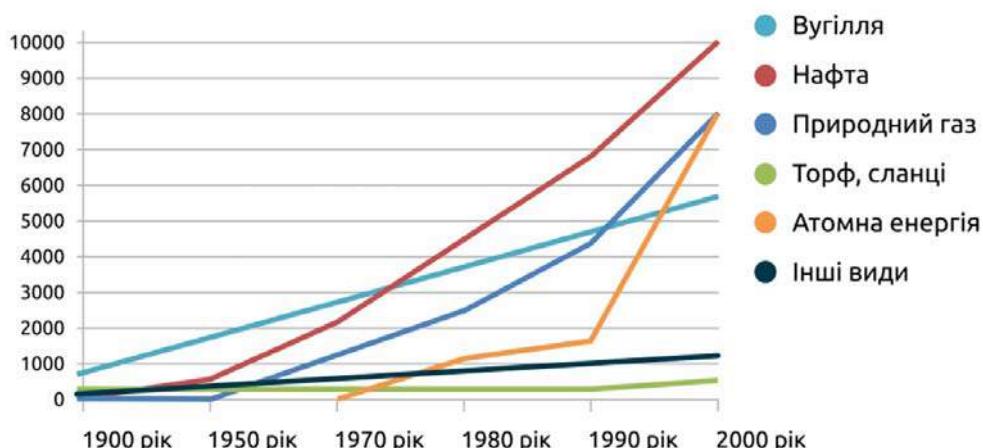
Вирубування лісів призводить не лише до ерозії ґрунтів, а й до **зменшення біорізноманіття, біомаси й продуктивності біосфери** загалом. Наслідками такого господарювання за збереження сучасних промислових технологій може стати **вичерпання запасів кисню** в атмосфері планети, оскільки зелені рослини не встигатимуть його відтворювати. У деяких посушливих районах земної кулі екологічною проблемою є **й спустеляювання**.

Вивчення динаміки споживання людством мінеральних ресурсів показало, що можуть, у майбутньому, вичерпатися запаси нафти, вугілля, горючих сланців і торфу (рис. 169).

Важливою екологічною проблемою є **й забруднення атмосфери** різними хімічними викидами промислового характеру, що призводить до збільшення площ озонових «дір» і розвитку парникового ефекту. Поява так званих озонових «дір» спричинила зниження захисної дії озонового шару від сонячного ультрафіолетового випромінювання. А парниковий ефект приводить до потепління клімату, танення льодовиків, підвищення рівня Світового океану і зрештою затоплення й руйнації екосистем окремих районів суходолу.

Глобальною екологічною проблемою є також **забруднення і збіднення біорізноманіття водних екосистем**. Велика кількість отруйних речовин – продуктів життєдіяльності людей великих міст і викидів промислових центрів – виносяться поверхневими та ґрунтовими водами в річки, а звідти – у моря й

Рис. 169. Структура споживання енергетичних ресурсів у світі (млн т умовного палива)



Проаналізуйте графік.

Які причини, на вашу думку, таких змін у структурі споживання енергетичних ресурсів?

океани. Пригадаймо ще й випадки забруднення через недбале перевезення нафтопродуктів танкерами по воді й аварії на хімічних підприємствах.

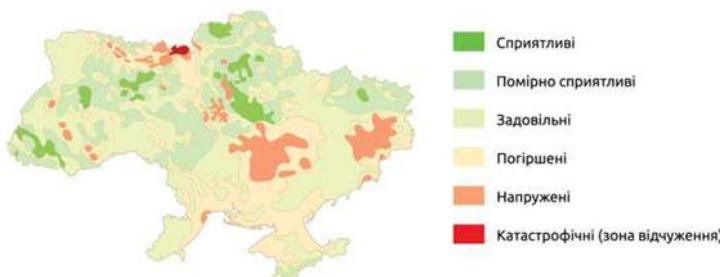
**Сучасні екологічні проблеми в Україні.** Пам'ятаймо, що кардинальні зміни однієї екосистеми впливають на стабільність і цілісність інших. Багато екосистем України територіально тісно пов'язані з екосистемами сусідніх країн Центральної Європи. Тому деякі проблеми екологічного характеру, від яких потерпають ці країни, автоматично стають нашими: і забруднення повітря викидами в атмосферу промисловістю, і забруднення водоймищ і річок отруйними стоками тощо. Україна посідає не найліпшу сходинку в рейтингу екологічного стану. На його погіршення впливало багато чинників, зокрема й аварія на Чорнобильській АЕС, яка має досі не подолані наслідки в нашій країні. Україна має найвищий інтегральний показник антропотехногенних навантажень на природне середовище практично на всій території, порівняно з іншими країнами Європи.

На стан екологічної ситуації в регіонах України впливає також вияв еколо-географічних проблем. Поміж них для України характерними є: зменшення запасів корисних копалин, вичерпання ресурсів, зміна структури земельних ландшафтів, зниження родючості ґрунтів, скорочення розмаїття рослинного й тваринного світу. Ці проблеми зумовлені кількома причинами: структура господарства в багатьох регіонах не відповідала їхньому інтегральному потенціалу, не враховувались об'єктивні потреби й інтереси людей, екологічні можливості конкретної території тощо (рис. 170).

Отже, екологічні проблеми мають соціально-економічне підґрунтя. Огляд світової екологічної ситуації це наочно підтверджує. Людина не лише стихійно впливає на навколошне середовище через результати своєї господарської діяльності, а й змінює його відповідно до своїх потреб.

Rис. 170 . Екологічна ситуація в Україні

#### Умови проживання населення



Проаналізуйте карту.  
Прочитайте твердження.  
I. Райони з напруженими умовами проживання збігаються з найбільш розвинутими промисловими районами України.  
II. Райони зі сприятливими умовами проживання збігаються з аграрними районами України  
Чи є поміж тверджень правильні?



1. Дайте означення поняття **екологічні проблеми**.
2. Як можна класифікувати екологічні проблеми?
3. Наведіть приклади глобальних екологічних проблем людства.
4. Висловіть судження щодо стану екологічної ситуації своєї місцевості.
5. Доведіть або спростуйте твердження: «**Глобальні екологічні проблеми мають соціально-економічне підґрунтя**».

## § 35. Забруднення довкілля, його види та критерії



Поміж глобальних цілей сталого розвитку є боротьба зі зміною клімату, збереження морських екосистем та екосистем суходолу.

Які причини виникнення цих проблем?

Однією з причин виникнення екологічних проблем є вплив на стан навколошнього середовища чинників, які змінюють його кількісні та якісні характеристики.

**Поняття забруднення довкілля та його види.** Ці чинники можуть бути фізичного, хімічного або біологічного походження та викликати забруднення довкілля.



**Забруднення довкілля** – зміна кількісних і якісних характеристик довкілля внаслідок надходження до нього або утворення в ньому фізичних, хімічних чи біологічних чинників, які негативно впливають на стан навколошнього природного середовища та життєдіяльність людини.

За характером походження виділяють природне та антропогенне забруднення довкілля. **Природне забруднення** виникає внаслідок потужних природних процесів (виверження вулканів, лісові пожежі, вивітрування, масове розмноження комах тощо) без будь-якого впливу людини. **Антропогенне забруднення** є результатом діяльності людини й інколи за масштабами впливу переважає природне (рис. 171). Природне або антропогенне забруднення спричинене впливом **забруднювачів** – фізичних, хімічних або біологічних чинників, які потрапляють у навколошнє середовище або виникають у ньому

Рис. 171. Процеси природного й антропогенного забруднення



Виверження вулкану Кілауеа (Гаваї)  
4 травня 2018 року



Аварія на японській АЕС «Фукусіма» в березні 2011 року



Розпізнайте природне й антропогенне забруднення.

Кількість яких речовин збільшувалася в навколошньому середовищі внаслідок цих процесів? Як можуть впливати ці речовини на організм людини?



Наведіть приклади інших природних та антропогенних забруднень довкілля, використовуючи інтернет-джерела.

в кількості, більшій за звичайну, а також таких, які не знешкоджуються в екосистемах унаслідок перебігу природних фізико-хімічних чи біологічних процесів.

За часом взаємодії з довкіллям розрізняють забруднення стійке і нестійке. До стійких забруднювачів належать такі, що повільно розкладаються природним шляхом (пластмаси, пестициди, поліетилени) або взагалі не знешкоджуються (токсичні сполуки – ртуть, свинець). Нестійкі забруднювачі негативно діють короткий період, знешкоджуються в екосистемах унаслідок перебігу природних фізико-хімічних чи біологічних процесів. Якщо в 40-х роках ХХ ст. ще домінували натуральні продукти (бавовна, шовк, вовна, мило, практично без добавок), то в наш час у промислово розвинутих країнах вони замінені синтетичними, що важко розкладаються й забруднюють навколошнє середовище (синтетичне волокно, мийні засоби, мінеральні добрива тощо).

Відповідно до природи чинників, забруднення розділяють на чотири групи: механічне, фізичне, хімічне та біологічне.

**Механічне забруднення** пов'язане з надходженням у навколошнє середовище агентів, які чинять лише механічний вплив без фізико-хімічних наслідків. Джерелами забруднення може бути виверження вулканів, пожежі, очисні споруди міст, полігони твердих побутових відходів (рис. 172).

**Фізичне забруднення** пов'язане зі змінами температурних, електромагнітних, шумових, світлових і радіаційних параметрів зовнішнього середовища. Джерелами теплового забруднення є промислові викиди нагрітого повітря, димових газів і води. Електромагнітне забруднення з'являється внаслідок електромагнітного випромінювання, джерелами якого є високовольтні лінії електропередач, антени радіо- і телекомуникаційних станцій, промислові установки тощо. Досліджено, що за впливу електромагнітних полів високої

Рис. 172. Основні види та чинники забруднення довкілля

Механічне	Фізичне	Хімічне	Біологічне
Сміття побутове, відходи побутові, органічний і неорганічний пил, сажа, смолянисті речовини	Теплове, шумове, електромагнітне, світлове, радіаційне випромінювання	Хімічні речовини: оксиди, кислоти, солі важких металів, пестициди, нітрати, пластмаси, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)	Біотичне, мікробіологічне, продукти генетичної інженерії



До яких видів забруднення найбільш уразливі екосистеми вашої місцевості?

інтенсивності навіть у здорових людей може виникнути перевтома, головний біль тощо. Основними джерелами світлового забруднення є штучне освітлення великих міст і промислових комплексів. Таке освітлення впливає на цикл росту багатьох рослин, заважає орієнтації видів комах, які ведуть нічний спосіб життя, а також перелітних птахів. Поміж очевидних наслідків впливу на організм людини варто відзначити менш міцний сон, а отже швидку втомлюваність. Особливо потенційно небезпечними щодо фізичного забруднення є атомні електростанції – основне джерело радіоактивного забруднення.

**Хімічне забруднення** – збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також проникнення (введення) в нього хімічних речовин, не притаманних йому, або в концентраціях, котрі перевищують норму. Негативний вплив хімічних забруднювачів на здоров'я людини суттєвий: вони порушують нормальнє функціонування організму, багато хімічних речовин мають канцерогенні та мутагенні властивості (рис. 173).

**Біологічне забруднення** – випадкове або пов'язане з діяльністю людини проникнення в екосистеми не притаманних їм рослин, тварин і мікроорганізмів (бактеріологічне й вірусологічне). Особливо забруднюють середовище підприємства, які виробляють антибіотики, ферменти, вакцини, сироватки, кормовий білок, тобто підприємства промислового біосинтезу, у викидах якого наявні живі клітини мікроорганізмів. Добіологічного забруднення можна віднести надмірну експансію організмів (наприклад, у містах несвоєчасне прибирання побутових відходів призводить до значного збільшення кількості щурів, комах, голубів).

**Якість довкілля та критерії забруднення.** Забруднення, особливо антропогенного походження, спричиняє гостру екологічну кризу, зумовлену деградацією об'єктів навколошнього середовища. Для оптимізації взаємодії людини з природою важливо проаналізувати стан навколошнього природного

Рис. 173. Вплив деяких хімічних забруднювачів на здоров'я людини

<b>Карбон(ІІ) оксид (чадний газ)</b>	Унаслідок взаємодії з гемоглобіном крові утворює карбоксигемоглобін, що може привести до погіршення гостроти зору, роботи серця та легенів, порушення дихання і навіть смерті
<b>Вуглеводні (бензин, метан)</b>	Мають наркотичну дію, викликають головний біль, запаморочення
<b>Плюмбум</b>	Викликає головний біль, анемію, нервові розлади, пологові дефекти, затримку фізичного та психічного розвитку
<b>Пестициди</b>	Мають канцерогенний вплив, спричиняють ушкодження печінки, порушення ембріонального розвитку
<b>Нітрати</b>	Викликають утруднення дихання, підвищують дитячу смертність, унаслідок хімічних перетворень утворюються канцерогенні сполуки
<b>Радіонукліди</b>	Мають канцерогенний вплив, призводять до мутацій



Оберіть твердження, які можна сформулювати внаслідок аналізу інформації, яку наведено в таблиці.

- I. Надмірне використання добрив і засобів боротьби зі шкідниками є джерелом забруднювачів, що можуть бути причиною розвитку онкологічних захворювань.
- II. Карбоксигемоглобін – сполука, що не виконує функцію транспортування кисню.

середовища, оцінити потенційні можливості біосфери до самовідновлення, визначити різні типи впливів на природні екосистеми. У зв'язку з цим важливим є означення поняття якості довкілля.

**⚠ Якість довкілля** – стан навколошнього середовища за фізичними, хімічними, біологічними та іншими показниками, що не порушують екологічного балансу, взаємозв'язку людини і довкілля та не знижують природної здатності середовища до самовідновлення.

Природно-соціальний підхід до визначення якості довкілля передбачає оцінювання стабільності середовища існування людини. Він вимагає розроблення й дотримання певних нормативних законодавчих документів з охорони природи – стандартів якості довкілля, якими встановлено оптимальні показники природного середовища – критерії.

Критерії кількісного оцінювання рівня забруднення навколошнього середовища – це індекс забруднення, гранично допустима, фонова і токсична концентрації. **Індекс забруднення (ІЗ)** – показник, що якісно і кількісно відображає наявність у довкіллі речовини-забруднювача і ступінь її впливу на живі організми. **Границя допустима концентрація (ГДК)** – кількість шкідливої речовини в навколошньому середовищі, яка під час постійного контакту або впливу за певний проміжок часу практично не відбувається на здоров'ї людини. Цю концентрацію встановлюють у приземній атмосфері, водах, ґрунтах, рослинах, продуктах харчування. **Фонова концентрація** – уміст речовини в об'єкті навколошнього середовища, яка визначається сумою глобальних і регіональних природних і антропогенних вкладів у результаті дальнього або транскордонного переносу. **Токсична концентрація** – або концентрація шкідливої речовини, яка здатна за різної тривалості впливу викликати загибель організмів, або концентрація шкідливого агенту, що викликає загибель організмів протягом 30 діб у результаті впливу на них шкідливих речовин.

*Pic. 174. Сучасна хімічна лабораторія*



Навіть за малої концентрації  $\text{NO}_2$  в повітрі людина відчуває присутність цього газу. Проте здатність організму виявляти його пропадає після 10 хвилин вдихання, але при цьому відчувається сухість і першіння в горлі. Хоча ці ознаки зникають за тривалої дії газу в концентраціях  $3,45 \text{ mg/m}^3$  (поріг виявлення Нітроген(IV) діоксиду становить  $0,23 \text{ mg/m}^3$ ). У скільки разів перевищується поріг?



1. Дайте означення понять забруднення довкілля, якість довкілля.
2. Які види забруднення розрізняють?
3. Що таке природне та антропогенне забруднення?
4. Назвіть основні джерела різних видів забруднення.
5. Якими критеріями користуються для кількісного оцінювання рівня забруднення?

## § 36. Антропічний вплив на атмосферу. Наслідки забруднення атмосферного повітря та його охорона



Дайте означення поняття атмосфера.

Які основні функції виконує атмосфера як елемент глобальної екосистеми?

Одна з головних умов існування життя на Землі – наявність атмосфери. Людина може обходитися без їжі місяць, без води – тиждень, а без повітря не проживе й кількох хвилин.

**Види забруднення атмосфери.** Забруднення атмосферного повітря за джерелом проходження бувають *природними* (викликані природними процесами) та *антропічними* (викликані викидом різних забруднювальних речовин у результаті діяльності людини) (рис. 175). За площею поширення розрізняють три типи атмосферного забруднення. Перший – *місцевий*, для якого характерний великий уміст речовин на малих територіях (район, місто). Другий – *регіональний*, за якого забруднення поширюється на значний простір. Третій – *глобальний*, за якого відбувається поступове накопичення екологічних і кліматичних змін планетарного масштабу. Забруднення викликають забруднювачі, які розрізняють за агрегатним станом: *твірди* (пил, сажа, смолисті речовини тощо), *рідкі* (кислоти, луги, солі) та *газуваті* (оксиди Карбону, Нітрогену, Сульфуру та вуглеводні). Саме газуваті забруднювачі становлять 90 % загальної маси речовин, що надходять в атмосферу.

**Забруднення атмосфери** – надходження різних за походженням і хімічним складом забруднювачів у кількостях і концентраціях, що змінюють склад і властивості повітряних мас, шкідливо впливають на організми.

Рис. 175. Види та джерела забруднення атмосфери



Проаналізуйте схему.

Дайте відповіді на запитання.

1. Чи може забруднення пилом і газом мати як природне, так і антропічне походження?
2. Чому природний радіаційний фон не вважають забрудненням?

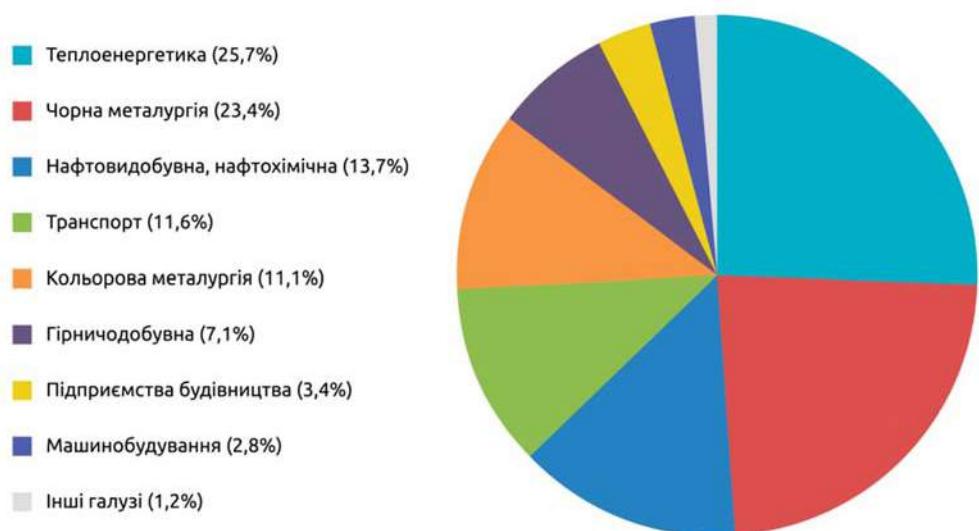
Забруднення атмосфери є соціальною й економічною проблемою для багатьох розвинених країн, особливо для великих міст, промислових агломератів (рис. 176). Основна частка забруднення повітря припадає на спалювання органічних енергоносіїв. Автотранспорт у містах дає до 60 % забруднення повітря, і воно в 15 разіввище, ніж у сільській місцевості. Найбільш масштабним і значним є хімічне забруднення середовища не властивими йому речовинами: карбон(ІІ) оксидом (чадним газом), сульфур(ІV) оксидом, оксидами Нітрогену, сполуками Хлору, Флуору, Плюмбуму, вуглеводнями.

**Наслідки забруднення атмосферного повітря.** Головними екологічними глобальними наслідками антропічного забруднення атмосфери є парниковий ефект, руйнування озонового шару, кислотні дощі і смог.

Частина енергії сонячних променів, відбиваючись від поверхні землі, затримується молекулами різних газів (вуглекислий газ, метан), що зумовлює нагрівання поверхні Землі. Господарська діяльність людини збільшує частку цих газів в атмосфері. Унаслідок цього порушується тепловий баланс, що виявляється в підвищенні температури поверхні Землі та приземного шару повітря. Таке явище називають *парниковим ефектом*. Небезпека збільшення парникового ефекту полягає в зміні таких кліматичних параметрів, як кількість опадів, океанічні течії, розміри полярних крижових шапок. Це може привести до глобального потепління, яке спричинить танення льодовиків. Відбудеться зміщення кліматичних зон у північній півкулі далеко на північ, що зумовить танення шару вічної мерзлоти й полярних крижаних шапок. Рівень Світового океану може піднятися на 6–10 м. Зрештою буде затоплено близько 20 % площини суходолу, який густо населений і придатний для сільського господарства.

Прикладом зміни клімату є посуха в Африці, де пустеля наступає на савану зі швидкістю 50 км/рік замість 1 км/рік в минулому.

Рис. 176. Частка галузей промисловості в забрудненні атмосфери



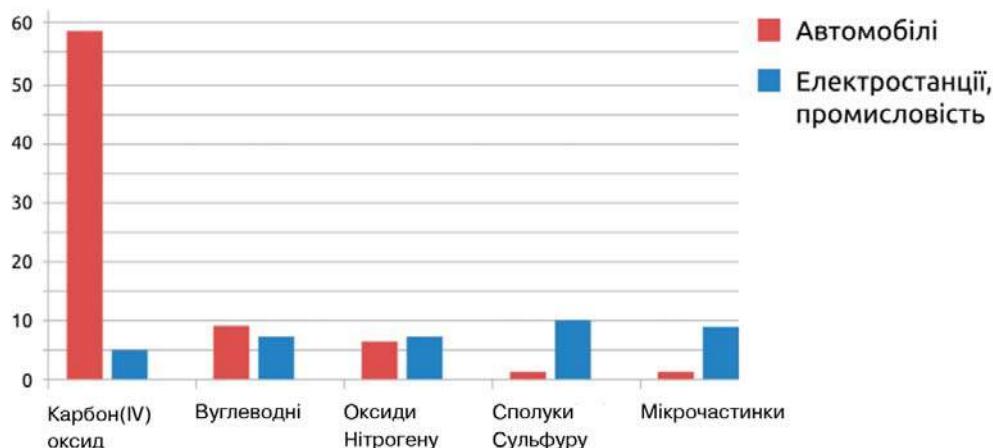
Підготуйте повідомлення про «внесок» у забруднення вашої місцевості галуззю промисловості, яка є найбільшим забруднювачем атмосфери.

Зростанням кількості техногенних викидів діоксиду Карбону в атмосферу ми «завдаємо» спалюванню викопних видів органічного палива підприємствами енергетики, металургійними заводами, автомобільними двигунами (рис. 177).

**Озоновий шар** – шар атмосфери (стратосфери) на висоті від 15 до 35 км із максимальною концентрацією озону, що в 10 разів вища, ніж біля поверхні Землі. Саме в цьому шарі інтенсивно поглинається короткохвильова ультрафіолетова частина сонячної радіації, тим самим перешкоджаючи потраплянню її на поверхню планети. **Зменшення вмісту озону** спричинене руйнуванням молекул озону внаслідок хімічних реакцій з атомами Хлору й Брому, що вивільняються під час фотохімічного розпаду молекул фреонів (хладагенти в холодильниках, аерозолі), а також з оксидами Нітрогену (продуктами спалювання ракетного палива). Зменшення вмісту озону в атмосфері призводить до збільшення ультрафіолетового фону, що загрожує пригніченням росту рослин, зниженням урожайності сільськогосподарських культур, розвитком захворювань тварин і людей, збільшенням кількості мутацій тощо.

Краплини сульфатної та нітратної кислот утворюються в результаті сполучення з атмосферною водою оксидів Сульфуру та Нітрогену, що викидаються в атмосферу внаслідок роботи теплових електростанцій (ТЕС) та автомобільних двигунів. Ці кислоти переносяться вітром у вигляді кислотного туману й випадають на землю **кислотними дощами** – атмосферними опадами, кислотність яких вища від нормальної. Шкідливий вплив на довкілля виявляється в ушкодженні листя та інших частин рослин, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур і загибелі лісів. Також змінюється хімічний склад ґрунту (вимиваються Кальцій, Калій і Магній), порушуються ланцюги живлення в озерах. Прискорюється руйнування історичних пам'яток архітектури з мармуру. Збільшується захворюваність людей (органи зору та дихання).

Рис. 177. Обсяги викидів продуктів згоряння (млн т / рік)



Оберіть твердження, які можна сформулювати внаслідок аналізу діаграми.

- Викиди продуктів згоряння пального в двигунах автотранспорту є основною причиною формування парникового ефекту.
- Найбільшим джерелом сполук, що спричиняють кислотні дощі, є електростанції та промисловість.

За високої забрудненості атмосфери у великих містах і промислових центрах з'являється **смог** – видиме сильне забруднення повітря, що складається з частинок пилу, краплин туману і диму (рис. 178). Смог викликає ядуху, подразнення очей і горла, розвиток бронхіальної астми, емфіземи легень тощо.

**Охорона атмосферного повітря.** Атмосфера має здатність до самоочищення: зменшення концентрації забруднювальних речовин через розподілення їх у повітрі, осідання твердих часточок під впливом сили гравітації, випадання різних домішок з опадами. Проте від величезної кількості забруднюювальних речовин вона не встигає самоочищуватися. Тож необхідно зменшити антропічне навантаження на атмосферу. Основним і найефективнішим методом боротьби із забрудненням атмосфери є економічний (система заохочувальних і заборонних заходів). Технологічні методи боротьби – технологічне переобладнання підприємств, що забруднюють атмосферу. Якість повітря в нашій країні регулює Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (1992). Він спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, захисту екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей і навколошнє середовище.

Головними заходами в галузі охорони атмосферного повітря можуть бути:

- зменшення ступеня шкідливого впливу об'єктів – джерел забруднення повітря;
- посилення державного нагляду за дотриманням природоохоронного законодавства в процесі експлуатації, розміщення, будівництва нових і реконструкції промислових підприємств та інших об'єктів;
- поліпшення контролю якості атмосферного повітря і повітряного середовища в житлових і громадських приміщеннях;
- удосконалення економічних методів управління якістю повітря.

Rис. 178. Різновиди смогу

#### Фотохімічний

(сухий – Лос-Анджеlesького типу)

Умови утворення: висока забрудненість атмосфери, сонячна погода, низька вологість повітря, температура повітря +30 °C, відсутність вітру.



Смог у Пекіні

#### Димовий

(вологий – Лондонського типу)

Умови утворення: висока концентрація продуктів спалювання твердого і рідкого палива ( $\text{SO}_2$ , CO, сажа), висока вологість повітря, температура 0 °C, відсутність вітру



Смог у Лондоні



1. Дайте означення поняття забруднення атмосфери.
2. Які види забруднення атмосфери розрізняють?
3. Назвіть основні джерела природного та антропічного забруднення атмосфери.
4. Висловіть своє судження щодо глобальних наслідків антропічного забруднення атмосфери.
5. Поясніть необхідність охорони атмосферного повітря на державному рівні.

## § 37. Антропічний вплив на гідросферу. Охорона водойм



Дайте означення поняття гідросфера.  
Яка роль води в організмі, в екосистемах?

Вода є важливим елементом біосфери і як екологічний чинник, і як середовище існування. Вона займає понад 70 % площи Землі, і це переважно солона морська вода, натомість запаси прісної води становлять лише 2 % загальної її кількості. Прісна вода зосереджена переважно в льодовиках (85 % від загальної кількості), і лише 1 % прісної води містять річки, озера й підземні води.

**Антропічний вплив на гідросферу.** У сучасних умовах постійно збільшується потреба у воді. Водночас відбувається погіршення якості води й водних джерел та зменшення можливостей їх використання. Особливо гострою є проблема забезпечення людства достатньою кількістю прісної води. Однією з причин такої ситуації є забруднення водойм.

❗ **Забруднення водойм** – надходження у водойми різних забруднювачів у кількостях і концентраціях, здатних порушити нормальні умови середовища.

Розрізняють забруднення хімічне, фізичне, теплове й біологічне (рис. 179). Хімічне забруднення виникає внаслідок надходження у водойми шкідливих домішок зі стічними водами. Домішки бувають неорганічної (кислоти, мінеральні солі, луги тощо) й органічної природи (нафта й нафтопродукти, органічні сполуки, поверхнево активні речовини, мийні засоби, пестициди тощо). Поміж них найпоширеніші сполуки Арсену, Плюмбуму, Меркурію, Купруму, Хрому, Флуору тощо. Вони є отруйними для мешканців водойм,

Рис. 179. Види забруднення водойм



бо, поглинаючись рослинами й фітопланктоном, передаються далі трофічними ланцюгами. Це спричиняє накопичення та підвищення вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці. Стічні води, що містять розчинні органічні речовини або суспензії органічного походження, сприяють зниженню вмісту  $O_2$  у воді, спричинюючи явище цвітіння води. Також зниженню вмісту кисню у воді сприяє нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку. Органічні суспензії, осідаючи на дно водойм, припиняють життєдіяльність мікроорганізмів, що беруть участь у самоочищенні екосистем.

**Фізичне** забруднення відбувається внаслідок потрапляння у воду різних механічних домішок (піску, шлаків тощо). Причиною радіоактивного забруднення є ядерні випробування, аварії на атомних підприємствах і накопичення радіоактивних відходів.

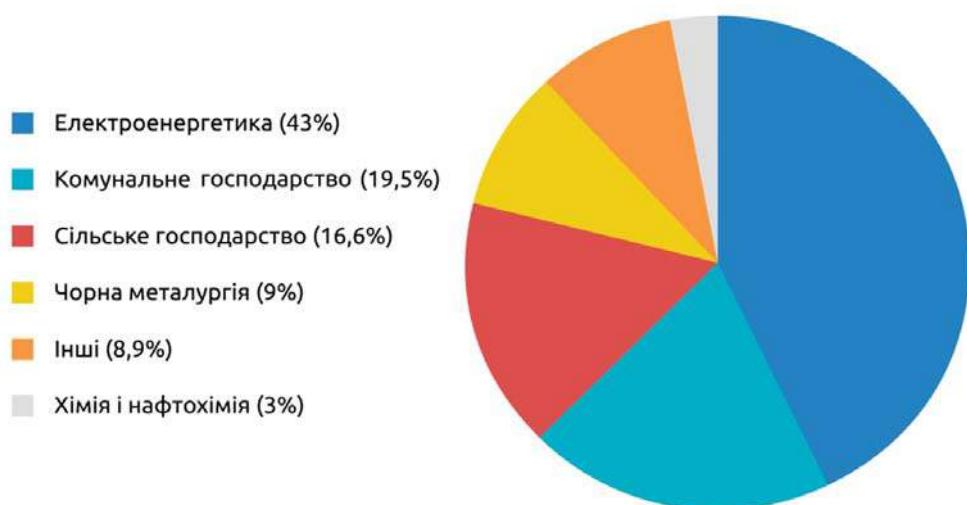
**Теплове** забруднення пов'язане з підвищенням температури води в результаті її змішування з теплими технологічними водами підприємств.

**Біологічне** забруднення характеризується появою у воді патогенних бактерій, вірусів, найпростіших, грибів тощо. Джерелом такого забруднення можуть бути стоки комунально-побутових підприємств, дослідницьких лабораторій тощо.

**Джерела забруднення гідросфери.** Основними джерелами потоків стічних вод є промислові підприємства. Стічні води різних галузей сільського господарства є джерелами забруднення пестицидами, сполуками важких металів, нітратами і нітритами тощо (рис. 180). Морський і річковий транспорт забруднює водойми продуктами згоряння пального, а у випадку аварій – часто виникає забруднення водойм нафтою.

Об'єкти енергетичного комплексу не поступаються за кількістю стічних вод. Зокрема, ТЕС спускають у водойми підігріту воду, яка змінює термічні

Рис. 180. Джерела потоків стічних вод



Скільки кг ртуті за добу викидає технологічна установка, якщо за годину вона скидає 1000 л стічних вод, концентрація ртуті в яких становить 5 мг/л? У скільки разів перевищується норма в стічних водах, якщо ГДК ртуті становить 0,005 мг/л?

режими водойм, АЕС створюють ризик радіаційного забруднення, ГЕС призводять до застою води у водосховищах і, як наслідок, до накопичення промислових забруднень і цвітіння води (рис. 181).

**Принципи оцінки екологічного стану водойм.** Для моніторингу та розроблення заходів поліпшення стану водойм необхідний їх екологічний аналіз, який враховує чинники існування водойми як екосистеми. Можна вирізняти такі принципи оцінювання екологічного стану водойм:

- комплексне вивчення чинників існування водойми, зокрема гідрологічних і гідрохімічних показників басейну водної системи, природно-кліматичних особливостей, продуктів взаємодії забруднювальних речовин у різних хімічних і біохімічних реакціях, які відбуваються у водному середовищі, тощо;
- реалізація екосистемного підходу з урахуванням трофічних рівнів екосистеми;
- урахування двох критеріїв оцінювання стану водойми: гранично допустимих концентрацій (ГДК) і впливу на гомеостаз водної екосистеми.

Тому значні перспективи в застосуванні мають біологічні методи моніторингу стану гідросфери, які ґрунтуються на використанні біологічних об'єктів та оцінюванні реакції організмів або клітин на вплив забруднювальних чинників водного середовища. Ступінь забруднення водних об'єктів оцінюють за присутністю (або відсутністю) організмів-індикаторів, виходячи з порівняння видового різноманіття, чисельності та біомаси населення забруднених і чистих зон. У разі такого порівняння користуються абсолютними величинами й індексами видового різноманіття. До основних напрямів біологічного моніторингу належать **біоіндикація** (спосіб інтегральної оцінки якості середовища за реакцією на нього живих організмів-біоіндикаторів або їхніх спільнот) та **біотестування** (використання в контролюваних умовах біологічних об'єктів

Рис. 181. Явище «цивітіння води»



Цвітіння води – це природне явище, що полягає в зміні забарвлення води внаслідок масового розмноження ціанобактерій. Вони здатні виробляти отруйні речовини у великих концентраціях. Цвітіння викликає зміну коліору води й погіршує кисневу забезпеченість вод. Підсилюють прояв цього явища забруднення водойм добриками, мийними засобами, промисловими стічними водами, що містять сполуки Фосфору та Нітрогену, стимулюючи розвиток ціанобактерій. За таких умов виникає придуха риби й водоростей, що призводить до їх загибелі.



Обчисліть, скільки (г) мийних засобів за добу попадає в стічні води в результаті використання їх вашою родиною.

для виявлення й оцінювання дії чинників навколошнього середовища (у тому числі й токсичних) на організм, його окрему функцію або систему організмів.

**Охорона водойм.** Напрямами охорони водойм є очищення стічних вод, розроблення стандартів і нормативів допустимого забруднення та допустимих скидів, визначення гранично допустимих концентрацій токсичних речовин. Також охорона водойм передбачає припинення ерозійних процесів на водозборах, дотримання вимог щодо зберігання та внесення в ґрунт мінеральних добрив і пестицидів, відтворення лісів і чагарників уздовж берегів. Для отримання інформації щодо стану водних об'єктів постійно здійснюють моніторинг (рис. 182).

Охорона природних вод потребує зусиль усієї людської спільноти, які регулюються на законодавчому рівні. Основним документом, яким регулюються відносини з використання й охорони природних вод, є Водний Кодекс (ухвалений Верховною Радою України 1995 року). Відповідно до Водного Кодексу та для його реалізації розробляють підзаконні акти. Зокрема, в Україні відповідно до «Основних напрямків державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» до пріоритетних напрямків належить поліпшення екологічного стану басейну Дніпра та якості питної води, запобігання забрудненню Чорного й Азовського морів. Стратегічні напрями в галузі захисту та відтворення морського довкілля відображені в Конвенції про захист Чорного моря від забруднень. Конвенція підписана Україною 1992 року й ратифікована 1994 року. Поміж позитивних чинників, що сприяють оздоровленню морського довкілля, є прибережні об'єкти природно-заповідного фонду. Лише на морському узбережжі України створено 7 природних заповідників, один національний природний парк, 35 природних заказників тощо, що становить близько 15% його площини.

Рис. 182 . Заходи охорони водойм



Електричні батарейки залежно від їхнього типу містять важкі метали та небезпечні елементи (Цинк, Манган, Кадмій, Нікель, Плюмбум, кислоти, луги). Потрапляючи в навколошнє середовище, одна батарейка забруднює 400 л води. Запропонуйте проект, реалізація якого дозволить розв'язати проблему утилізації батарейок у вашому будинку.



1. Дайте означення поняття забруднення водойм.
2. Які є види забруднення водойм?
3. Назвіть основні джерела антропічного забруднення водойм.
4. Сформулюйте принципи оцінювання екологічного стану водойм.
5. Поясніть застосування біологічних методів моніторингу стану гідросфери.
6. Який внесок у збереження водойм можете зробити особисто ви?
7. Поясніть необхідність охорони водойм на державному рівні.

## § 38. Антропічний вплив та охорона ґрунтів



Що таке ґрунт?

Який взаємозв'язок між ґрунтом і рослинним організмом?

З давніх часів людство обробляє землю. Воно цінувало й зберігало особливий дар природи – родючий ґрунт, адже він у природі формується багато тисячоліть.



**Грунт** – найпридатніший для життя рослин і багатьох тварин верхній родючий шар літосфери, який є органо-мінеральним продуктом багаторічної діяльності різних організмів, води, повітря, сонячного тепла й світла (рис. 183).

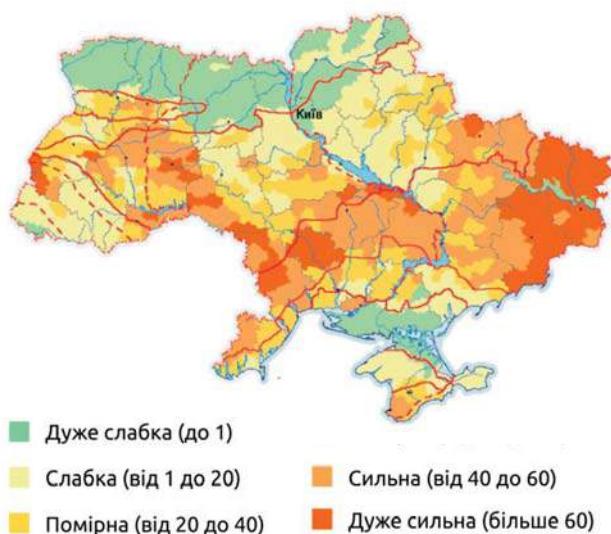
Однією з характеристик ґрунтів є *родючість* – сукупність властивостей ґрунту (уміст гумусу, доступних для рослин поживних речовин, кисню, вологи тощо), які забезпечують урожай сільськогосподарських рослин, тому в багатьох країнах саме земля є основним національним багатством. Зокрема, в Україні нараховують понад 38 типів ґрунтів, тож це одна з найбільших країн Європи з могутнім земельно-ресурсним потенціалом (рис. 184).

**Причини зниження родючості ґрунтів.** Поміж несприятливих природно-антропічних процесів, що ведуть до зниження родючості ґрунтів, виділяють руйнацію й змив родючого прошарку в результаті ерозії. Цей природний процес різко посилюється внаслідок низької культури землеробства, використання застарілих методів обробки ґрунту та знищення лісів і природного трав'яного покриву людиною. Ерозія також відбувається під час добування відкритим і підземним способами різних корисних копалин, засипання ґрунту шаром сміття під час будівництва житлових та промислових об'єктів.

Рис. 183. Чорнозем типовий



Рис. 184. Родючість ґрунтів України



Підготуйте повідомлення щодо властивостей чорноземів та їх поширення у світі.



Проаналізуйте інформацію. Висловіть судження щодо родючості ґрунтів різних областей України.

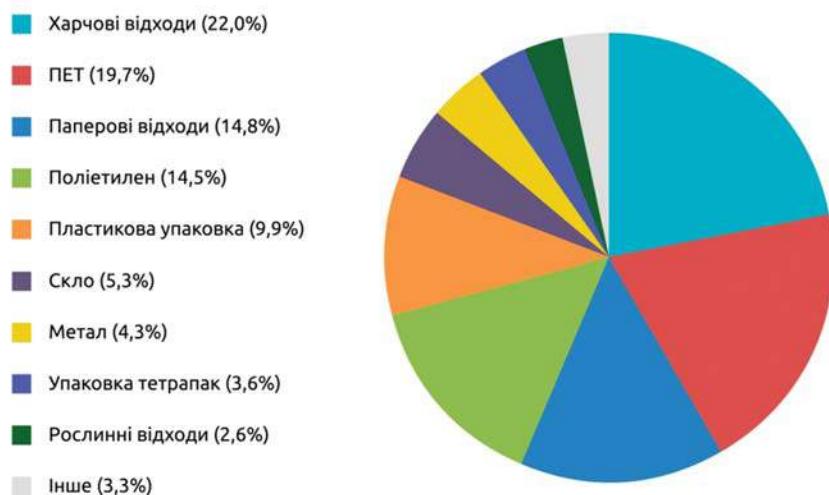
Проблемою є хімічне забруднення ґрунтів унаслідок процесів закислення та засолення. Закислення ґрунтів відбувається за рахунок випадання на їхню поверхню кислих опадів, які утворюються внаслідок реакції сполучення оксидів Сульфуру, Нітрогену та Карбону з водяною парою. Це призводить до різкого погіршення умов існування організмів. Унаслідок багаторічного поливу земель відбувається їх засолення, головна причина якого – незбалансоване зрошення: легкі фракції води випаровуються, а мінеральні солі відкладаються на ґрутовій поверхні. Результатом цього може бути спустелювання земель.

Порушення механічної структури ґрунтів може виникати внаслідок заболочування – підвищення вологості ґрунту, що спричинюється підняттям рівня ґрутових вод. До такого процесу може привести будівництво ставків, водосховищ, земляних валів, водовідвідних дамб тощо.

**Джерела забруднення ґрунтів.** Одним з наслідків посилення виробничої діяльності людини є інтенсивне забруднення ґрутового покриву. Найпоширенішими забруднювачами ґрунтів антропічного походження є побутові відходи, мінеральні добрива, важкі метали, радіонукліди, пестициди, нафтопродукти. Значні обсяги побутових відходів (харчові, фекалії, сміття – побутове, будівельне, громадських закладів) забруднюють ґрунти і роблять їх не придатними для використання в сільськогосподарському виробництві (рис. 185). Джерелом забруднення є автомобільний транспорт унаслідок того, що пальне (бензин) містить важкий метал Плюмбум, який потім потрапляє в ґрунт. Особливо багато його в ґрутах уздовж автострад. У результаті недосконалості конструювання та експлуатації сучасної автотранспортної техніки відбувається забруднення ґрунту нафтою та нафтопродуктами.

За спалювання кам'яного вугілля на ТЕЦ в атмосферу потрапляє багато сажі, оксидів Сульфуру, які з часом осідають або випадають на ґрунти. Рослини

Рис. 185. Структура побутових відходів в Україні



Проаналізуйте діаграму.

Виявіть побутові відходи, у накопиченні яких є частка вашої родини.

Поміркуйте, що можна зробити для їх зменшення?

поглинають атмосферні гази, що забруднюють повітря, а після відмирання рослин ці сполуки потрапляють у ґрунт.

У промислових відходах трапляються різні токсичні речовини (сульфати, оксиди Нітрогену, радіонукліди). У містах джерелом забруднення важкими металами є підприємства чорної та кольорової металургії, легкої промисловості. Видалення рідких і твердих відходів промислових підприємств, АЕС або науково-дослідних установ, пов'язаних з вивченням і використанням атомної енергії, є причиною радіаційного забруднення.

На хімічний склад ґрунтів упливає сучасне сільське господарство, що широко використовує добрива і різноманітні хімічні речовини для боротьби зі шкідниками, бур'янами і хворобами рослин – пестициди. З кожним роком виробництво та застосування добрив і отрутохімікатів у сільському господарстві зростає. Недоречне й безконтрольне використання їх призводить до порушення кругообігу речовин у біосфері. Пестициди згубно діють на ґрунтову мікрофлору.

До тяжких екологічних наслідків призводять техногенні аварії, якщо вони пов'язані з використанням, виробництвом чи транспортуванням токсичних хімічних речовин. Високі концентрації речовин-забруднювачів, що потрапляють у довкілля, можуть спричиняти загибель усього живого в місці аварії. Глобальними за наслідками були аварії на АЕС «Фукусіма-1», ЧАЕС (рис. 186). Унаслідок аварії на ЧАЕС у навколошнє середовище викинуто небезпечні радіонукліди: Стронцій, Цезій, Плутоній, Йод. Радіоактивного забруднення у зв'язку з аварією і подальшим поширенням радіонуклідів зазнала територія площею понад 4,5 млн га сільгоспугідь.

**Охорона ґрунтів.** Ґрунти безпосередньо не впливають на здоров'я людини. Несприятливий вплив ґрунту виявляється в тому, що шкідливі речовини надходять у рослини й накопичуються в них. Далі ці речовини потрапляють до

Рис. 186. Забруднення ґрунтів унаслідок техногенних аварій



Забруднення ґрунтів нафтопродуктами



Аварія на Чорнобильській АЕС

За оцінками Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрочімії ім. О. Н. Соколовського», загальна площа забруднених земель в Україні складає близько 9 млн га, з них 4,2 млн га – радіаційно забруднені землі; 2,0 млн га – землі, забруднені важкими металами; 2,8 млн га – землі, забруднені токсичними речовинами.



Яким видам забруднення піддаються ґрунти вашої місцевості?

організму людини під час споживання цих рослин. Заради власного здоров'я та здоров'я майбутніх поколінь необхідно впроваджувати науково обґрунтовані заходи щодо підвищення родючості ґрунтів та отримання екологічно чистих продуктів харчування.

Одним з головних заходів збереження ґрунтів є правильне формування *агрокультурного ландшафту* – антропічного ландшафту з переважанням угруповань організмів, штучно сформованих людиною, які замінили природні. Для досягнення найвищого господарського ефекту в кожній екосистемі має бути своє науково обґрунтоване співвідношення між полем, лісом, луками, болотами. Важливими заходами є створення, реставрація й підтримування полезахисних лісових смуг для закріplення межі полів і захисту від ерозії (рис. 187). З метою збереження ґрунтів упроваджують органічне землеробство. Це передбачає відмову від застосування отрутокімікатів і неякісних мінеральних добрив, використання місцевих органічних добрив (гною, торфу, компостів тощо). Для розв'язання проблеми побутових відходів доцільно здійснювати раціональне перероблення природних ресурсів з використанням безвідходних технологій, що повністю виключали б утворення та накопичення відходів господарської діяльності (рис. 188). Правові основи охорони, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, збереження екологічних функцій ґрутового покриву та охорони довкілля в нашій країні визначає Закон України «Про охорону земель» (2003).

Людство, на жаль, продовжує і в третьому тисячолітті нещадно експлуатувати земельні ресурси для розв'язання проблем забезпечення продовольством та енергоносіями. Ми й надалі виправдовуємо та заспокоюємо себе, але ж дослухаймося до слів письменника-фантasta професора біохімії Айзека Азімова: «*коли наші нащадки побачать пустелю, на яку ми перетворили Землю, яке віправдання вони знайдуть для нас?*»

*Рис. 187. Полезахисні смуги – захист від еrozії*



*Рис. 188. Сортuvання сміття – один зі шляхів розв'язання проблеми побутових відходів*



Чи є такі контейнери у вашому подвір'ї? Що можна зробити для їх встановлення?



Потрапляючи в навколоишнє середовище, одна батарейка забруднює  $20\text{ m}^3$  ґрунту. Визначте, який об'єм ґрунту буде забруднено, якщо хоч би один мешканець кожної квартири багатоповерхового будинку (16 поверхів по 9 квартир на кожному поверсі) не віднесе батарейку до пункту прийому, а викине в смітник.

1. Дайте означення понять *ґрунт, родючість, агрокультурний ландшафт*.
2. Які процеси призводять до зниження родючості ґрунтів?
3. Назвіть основні джерела антропічного забруднення ґрунтів.
4. Поясніть небезпеку забруднення ґрунтів.
5. Які можливі заходи зі збереження ґрунтів?
6. Яким може бути особисто ваш внесок у справу збереження ґрунтів?
7. Поясніть необхідність охорони ґрунтів на державному рівні.

## § 39. Антропічний вплив на біорізноманіття



Як залежить стабільність екосистеми від біорізноманіття?

Одним з основних документів, ухвалених Конференцією ООН з питань довкілля й розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992) є Конвенція про біорізноманіття. У ній уперше проголосили необхідність збереження біорізноманіття спільним завданням і пріоритетним напрямом діяльності всього людства. Варто усвідомлювати величезне значення видового складу екосистем для еволюції та збереження біосфери.



**Біорізноманіття** – сукупність різноманітних об'єктів органічного світу будь-якої території або акваторії, визначених на підставі вибраного критерію.

Розрізняють біорізноманіття видове (сукупність усіх видів організмів, що населяють нашу планету, тобто загальний генофонд Землі), генетичне (сукупність генофондів різних популяцій одного виду) й екосистемне (сукупність екосистем планети).

**Причини зменшення біорізноманіття.** Біорізноманіття протягом розвитку біосфери весь час змінювалося під впливом чинників навколошнього середовища. Але з появою людини як виду та з подальшою її соціалізацією, вплив на біорізноманіття став небезпечно швидкоплинним і необоротним. Провідною причиною, чинником зменшення біорізноманіття є порушення гомеостазу екологічних систем унаслідок негативного антропічного впливу. Одним з підходів характеристики ступеня порушення гомеостазу може бути,

Рис. 189. Антропічний вплив на різні частини суходолу

Частина суходолу	Загальна площа (км <sup>2</sup> )	Відсоток площ		
		недоторканих <sup>1</sup>	частково порушених <sup>2</sup>	із домінуванням людини <sup>3</sup>
<b>Європа</b>	5 759 321	15,6	19,6	64,9
<b>Азія</b>	53 311 557	43,5	27,0	29,5
<b>Африка</b>	33 985 316	48,9	35,8	15,4
<b>Пн. Америка</b>	26 179 907	56,3	18,8	24,9
<b>Пд. Америка</b>	20 120 346	62,5	22,5	15,1
<b>Австралія</b>	9 487 262	62,3	25,8	12,0
<b>Антарктида</b>	13 208 983	100,0	0,0	0,0

**Примітка.** 1 – для них характерні найбільша кількість первинної рослинності, дуже низька щільність населення. 2 – для них характерні зміна структури під впливом сільського господарства; наявність вторинної рослинності (вторинна сукцесія); підвищена густота свійських тварин на одиницю площи; інші ознаки впливу людини; 3 – для них характерні наявність постійного сільського господарства або високий рівень урбанізації; первинна рослинність вилучена; високий рівень спустелення або іншої постійної деградації.



Проаналізуйте інформацію. Сформулуйте можливі причини різного ступеня впливу людини на континентах. На яких континентах порушення біорізноманіття буде, на вашу думку, максимальним і чому?

наприклад, визначення частки (%) території континентів, яка зазнала певного антропічного впливу (рис. 189).

Стрімке зростання чисельності населення планети спричинює зростання споживчих потреб. Для їх забезпечення виникає необхідність перетворювати природні землі на сільськогосподарські угіддя, промислові об'єкти. Цей процес супроводжується зникненням не лише видів, а й екосистем.

**Ми маємо зберегти біорізноманіття.** Одним зі шляхів відновлення або збільшення біорізноманіття є **акліматизація** – пристосування організмів до нових умов мешкання, у які вони потрапили природним шляхом або були свідомо чи випадково перенесені людиною. Такими, що акліматизувалися, уважають організми, які в нових умовах нормальню розвиваються й дають життєздатне потомство (рис. 190). З метою відновлення на певній території видів місцевих організмів, що зникають або вже зникли, проводять **реакліматизацію**. Таким шляхом у заповідниках України була відновлена популяція Зубра європейського. Законом України «Про тваринний світ» (2001 р.) заборонене самовільне переселення тварин на незвичні місця проживання й акліматизацію нових тварин.

Варто пам'ятати, що дослідження організмів дає поштовх до розвитку багатьох напрямів науки. Наприклад, відкриття, яке лежить в основі важливих для медицини методів, може відбутися в галузі біології, абсолютно не пов'язаній з людиною. Зокрема, розробка полімеразної ланцюгової реакції була б неможливою без відкриття ДНК-полімерази, яка ефективно працює в умовах підвищеної температури, за якої звичайні білки денатурують ( $75^{\circ}\text{C}$ ). Вона виділена з бактерій, що мешкають у гарячих джерелах. Організми нині є джерелом сировини для багатьох галузей господарства або можуть стати ними надалі. Крім того, ми маємо розуміти, що кожний організм – ланка живого ланцюга, втрата якої призведе до руйнації цілісної системи внаслідок порушення гомеостазу.

Рис. 190. Акліматизовані в Україні тварини



Олень  
плямистий



Ондратра  
болотяна



Амур білий



Поміркуйте, з якою метою було акліматизовано цих тварин.



Підготуйте повідомлення про акліматизацію організмів на різних континентах.



1. Дайте означення понять *біорізноманіття*, *акліматизація*, *реакліматизація*.
2. Які чинники призводять до зменшення біорізноманіття?
3. Поясніть необхідність збереження біорізноманіття.
4. Оцініть можливість особисто вашої участі в справі збереження біорізноманіття.

Роботу з акліматизації рослин проводять ботанічні сади й дендропарки, а тварин – деякі заповідники й зоопарки.

За акліматизації важливими чинниками є кліматичні умови, наявність кормової бази, відсутність потенційних природних ворогів. Стенообіонтним видам важко адаптуватися до умов життя в іншому регіоні або на іншому континенті.

## § 40. Екологічна політика в Україні



Що таке охорона природи?  
Як здійснюють охорону біорізноманіття?

З метою визначення порядку й умов охорони природи, прав та обов'язків природокористувачів, їхньої відповідальності за порушення природоохоронних норм і правил створюють **природоохоронні законодавчі акти**.

**Екологічна політика в Україні.** Основний законодавчий акт у галузі охорони природи в нашій державі – Закон України «Про охорону навколошнього природного середовища» (1991 р.). Також до важливих документів належать кодекси України: земельний, водний, лісовий, про надра. Створені закони «Про природно-заповідний фонд України», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про охорону атмосферного повітря» тощо. На підставі цих документів відповідні відомства створюють підзаконні акти, у яких установлюють конкретні вимоги щодо користування природними ресурсами.

Закони та кодекси вимагають здійснення заходів щодо охорони, відтворення і науково обґрунтованого, невиснажливого використання рослинного й тваринного світу. Зокрема, Закон України «Про тваринний світ» регулює використання тварин у мисливстві, рибальстві, висуває вимоги до користувачів тваринним світом, створює підґрунтя для роботи природоохоронних установ (рис. 191).

Відносини в галузі лісокористування – заготівлю деревини, живиці, сіна, випасання худоби, збирання ягід і лікарських рослин, використання лісів у культурно-оздоровчих, рекреаційних та інших цілях – регулює Лісовий кодекс.

Рис. 191. Зоопарк – природоохоронна, науково-дослідницька та культурно-освітня установа



Стаття 45. Розведення в неволі рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин. «Розведення в неволі рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тварин може дозволятися з метою їх збереження, охорони і відтворення насамперед, якщо цього неможливо досягнути в природних умовах, а також у науково-дослідних та інших цілях, які не мають наслідком скорочення чисельності цих тварин.»

Миколаївський зоопарк. Україна

З огляду на стан довкілля в Україні, а також на необхідність адаптації вітчизняного екологічного законодавства до європейського, наприкінці 2010 р. був прийнятий Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». У ньому вміщено офіційний перелік основних принципів національної екологічної політики, поміж яких – забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України.

Екологічне законодавство України можна розділити на три основні напрями. Перший напрям – закони, що охороняють людину, її права на безпечне довкілля, другий – закони, що охороняють природу як єдине ціле, третій – закони, що регулюють використання природних ресурсів на території держави.

Міжнародні угоди в галузі природокористування й охорони навколошнього природного середовища, у яких бере участь Україна, є для нашої країни джерелами національного екологічного права. Прикладом міжнародно-правового акту як джерела екологічного права є Декларація Ріо з навколошнього середовища і розвитку. Вона була ухвалена на Конференції ООН 1992 року в Ріо-де-Жанейро (Бразилія). У ній сформульовані найважливіші 27 принципів екологічної поведінки держав, якими вони мають керуватися. В екологічному законодавстві України частка міжнародно-правових угод є досить вагомою і з кожним роком зростає.

**Збереження видового різноманіття.** Для збереження видового різноманіття вчені Міжнародного союзу охорони природи (МСОП) розробили Все світню стратегію охорони природи (1980 р.).

До цієї стратегії приєдналася й Україна. Для обліку рідкісних і зникомих видів створено Міжнародну Червону книгу (1-ше видання – 1966 р.). Червону книгу України започатковано 1980 року. **Червона книга України –**

*Рис. 192 . Види рослин, занесені до Червоної книги України*



Тис ягідний



Підсніжник  
білосніжний

*Рис. 193. Види тварин, занесені до Червоної книги України*



Орлан-білохвіст



Рись звичайна



Наведіть приклади рослин і тварин, занесених до Червоної книги України, використовуючи інтернет-ресурси та додаткову літературу.



Створіть просвітницький проект для школярів початкових класів «Я зберігаю живу природу», «Тварини Червоної книги України моєї області», «Рослини Червоної книги України моєї області».

основний документ, у якому узагальнено дослідження щодо сучасного стану рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів організмів. На підставі цього документа науковці розробляють наукові й практичні заходи, спрямовані на охорону, відтворення й раціональне використання видів організмів. Нині до Червоної книги України внесено 826 видів зникомих рослин і грибів, поміж яких Підсніжник біlosніжний, Сон розкритий, Тюльпан двоквітковий, Лілія лісоватоцвіта (рис. 192). Також у книзі представлено 542 види рідкісних тварин, поміж яких Мідянка звичайна, Лелека чорний, Ведмідь бурій, Кіт лісовий, Кінь дикий, Заєць білий тощо (рис. 193).

В Україні вперше у світі розробили *Зелену книгу*, до якої заносять рідкісні й типові для певної місцевості рослинні угруповання, що потребують установлення особливого режиму їх використання.

На жаль, існує й «*чорний список*» – міжнародний перелік видів рослин і тварин, які зникли, починаючи з 1600 р. Підставою для внесення певного виду до цього списку є відсутність достовірних відомостей про його існування принаймні впродовж останніх 50 років. З даними МСОП на 2008 рік, за останні 500 років повністю вимерли 844 види тварин і рослин, поміж яких Дронт маврикійський, Орел Хааста, Мoa тощо (рис. 194).



Види організмів охороняють і відновлюють на різноманітних природоохоронних територіях. В Україні створено національні біосферні та природні заповідники, природні парки, заказники, пам'ятки природи, а також регіональні ландшафтні парки, заповідні урочища, ботанічні сади, зоологічні парки, дендрологічні парки та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. Загальна площа природно-заповідного фонду України становить 2,8 млн га.

В Україні засновано п'ять *біосферних заповідників*: «Асканія-Нова», Карпатський, Чорноморський, Дунайський і Чорнобильський радіаційно-

*Рис. 194. Види тварин, занесені до «чорного списку»*



Дронт маврикійський (Додо) – не-літаючий птах, що був поширений на острові Маврикій. Мав близько метра в довжину й важив близько 20 кг. Уперше описаний голландською експедицією (1598 р.).

До середини XVII століття птахи цього виду вже були знищені й через активне полювання, й через розорення гнізд завезеними на острів свиньми й собаками. Вимирання цього виду вперше спонукало до думки, що діяльність людини може викликати вимирання тварин.



Орел Хааста атакує новозеландського Moa

Орел Хааста — найбільший хижий птах історичної епохи, що важив від 10 до 14 кг і мав розмах крил до 2,6 м. Мешкав у Новій Зеландії й полював, головним чином, на різні види Moa (страусоподібні вимерлі птахи), поміж яких два найбільші види досягали близько 3,6 м у висоту та важили близько 230 кг. Орел Хааста й Moa вимерли (приблизно 1400 р.) незабаром після заселення Нової Зеландії маорі.

екологічний. Вони мають міжнародне значення, їх створено з метою збереження в природному стані найтиповіших природних комплексів біосфери та проведення екологічного моніторингу. «Асканія-Нова» – найдавніший в Україні біосферний заповідник, де збереглись унікальні ландшафти степів (рис. 195).

**Природні заповідники** – природоохоронні, науково-дослідні установи загальнодержавного значення. Їх створюють з метою збереження в природному стані типових для цієї місцевості або унікальних природних комплексів. На території України вони розміщені в усіх природних зонах. Наприклад, у лісостеповій зоні – «Медобори» (рис. 196), у степовій – Український степовий.

**Природні парки** – природоохоронні, науково-дослідні та культурно-просвітницькі установи. До них належить, наприклад, парк «Подільські Товтри».

З метою збереження й відтворення певних природних комплексів або окремих видів організмів створюють **заказники**.

Окремі унікальні природні утворення, що мають природоохоронне, наукове, естетичне або пізнавальне значення, називають **пам'ятками природи**. Прикладом є унікальне озеро Синевир.

**Ботанічні сади** створюють з метою вивчення, збереження, акліматизації рідкісних видів місцевої та світової флори, а також для проведення освітньо-виховної роботи. Національний ботанічний сад імені Миколи Гришка НАН України в Києві посідає провідне місце поміж ботанічних садів Європи (рис. 197).

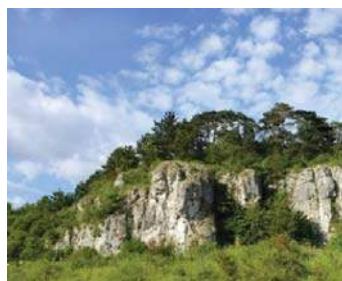
В Україні працюють 13 **зоологічних парків**, створених з метою збереження представників світової фауни. Найбільші з них – Київський і Миколаївський.

Rис. 195. Біосферний заповідник



«Асканія-Нова»

Rис. 196. Природний заповідник



«Медобори»

Rис. 197. Ботанічний сад ім. М. Гришка



Підготуйте повідомлення про природоохоронну територію України або світу, використовуючи інтернет-джерела та наукову літературу.



1. Дайте означення поняття **природоохоронне законодавство**.
2. Назвіть основні напрями охорони природи в Україні та світі.
3. Що таке Червона книга?
4. Які природоохоронні території ви знаєте?
5. Наведіть приклади природоохоронних територій України.

## § 41. Стратегія сталого розвитку природи і суспільства



Поясніть поняття сталий розвиток.

Нерозв'язаність екологічних проблем поставила людство на межу біосферної кризи, яка загрожує самому його існуванню. Наразі ми маємо складний вибір: або й далі жити, нехтуючи закони природи, або ж усвідомити відповідальність перед прийдешніми поколіннями людей за стан нашої планети.



**Стратегія сталого розвитку природи і суспільства.** Сучасне покоління стає безпосереднім учасником формування нового екологічного світогляду. Створення економічних і політичних умов для екологічно стабільного розвитку можливе лише на основі переорієнтації людської свідомості. Вочевидь, із глобальними проблемами неможливо впоратися, діючи роз'єднано, тому особливого значення набуває природоохоронна робота міжнародних організацій (рис. 198). У 1987 р. Міжнародна комісія ООН з навколошнього середовища і розвитку під головуванням екс-прем'єра Норвегії Гру Гарлем Брундланд опублікувала звіт «Наше спільне майбутнє», у якому поняття *сталого розвитку* визначено як розвиток суспільства, що задовольняє потреби сьогодення, не приносячи при цьому в жертву здатності майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Сталий (збалансований) розвиток означає використання ресурсів у такий спосіб, який дає змогу їм повністю відновитися, надаючи прийдешнім поколінням доступ до тих самих ресурсів, якими користуємося ми.

Рис. 198. Міжнародні організації системи ООН



Організація Об'єднаних Націй.  
Штаб-квартира в Нью-Йорку,  
США

ЮНСЕД – Конференція ООН з навколошнього середовища і розвитку (United Nations Conference on Environment and Development)  
Комісія ООН зі сталого розвитку (United Nations Commission on Sustainable Development).

ВООЗ – Всесвітня організація ООН з питань охорони здоров'я (World Health Organisation).  
МСОП – Міжнародний союз охорони природи (International Union for Nature Conservation).  
*Примітка.* Перелік організації неповний



Емблема МСОП



Підготуйте повідомлення про діяльність міжнародних організацій системи ООН.

Конференція ООН з питань довкілля та розвитку, що проходила в Ріо-де-Жанейро в червні 1992 р., стала визначною подією. На ній були присутні глави 179 держав, представники багатьох країн, міжнародних і неурядових організацій. На конференції було ухвалено всесвітню програму дій «Порядок денний на ХХІ століття», де сталий розвиток пов'язано з гармонійним досягненням таких цілей:

- висока якість навколошнього середовища і здорове економіка для всіх народів світу;
- задоволення потреб людей і збереження сталого розвитку протягом тривалого періоду.

У 2015 році на саміті ООН з питань сталого розвитку затверджено глобальні Цілі сталого розвитку (ЦСР) (рис. 199). За ініціативи Уряду України та за сприяння системи ООН в Україні протягом року тривав відкритий процес адаптації ЦСР до вітчизняного законодавства. Беручи до уваги принцип «нікого не залишити останою» і використовуючи широкий спектр інформаційних, статистичних та аналітичних матеріалів, було розроблено національну систему ЦСР. У 2017 році Уряд України представив Національну доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна», у якій подано результати адаптації 17 глобальних ЦСР з урахуванням специфіки національного розвитку, а саме 86 конкретних завдань і 172 показники для моніторингу їх виконання. Результатом цієї роботи має стати збереження безпечної для існування живої і неживої природи навколошнього середовища, захист життя і здоров'я населення від негативних впливів, зумовлених забрудненням навколошнього природного середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорона, раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

*Рис. 199. Глобальні Цілі сталого розвитку*

1 <b>НІ БІДНОСТІ</b>	2 <b>НІ ГОЛОДУ</b>	3 <b>ТАРНЕ ЗДОРОВ'Я</b>	4 <b>ЯКІСНА ОСВІТА</b>	5 <b>ГЕНДЕРНА РІВНІСТЬ</b>	6 <b>ЧИСТА ВОДА ТА НАЛЕЖНІ САНІТАРНІ УМОВИ</b>
7 <b>ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГІЯ</b>	8 <b>ГІДНА ПРАЦЯ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ЗРОСТАННЯ</b>	9 <b>ІННОВАЦІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРА</b>	10 <b>ЗМЕНШЕННЯ НЕРІВНОСТІ</b>	11 <b>СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСТ ТА СПІльнот</b>	12 <b>ВІДПОВІДАЛЬНЕ СПОЖИВАННЯ</b>
13 <b>БОРОТЬБА ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ</b>	14 <b>ЗБЕРЕЖЕННЯ МОРСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ</b>	15 <b>ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМ СУШІ</b>	16 <b>МИР ТА СПРАВЕДЛИВІСТЬ</b>	17 <b>ПАРТНЕРСТВО ЗАРАДИ СТИКГО РОЗВИТКУ</b>	 <b>ГЛОБАЛЬНІ ЦІЛІ Сталого розвитку</b>



Ознайомтеся з глобальними Цілями сталого розвитку.

Поясніть значення біологічних досліджень для досягнення глобальних Цілей сталого розвитку.

**Природокористування в контексті сталого розвитку.** Економічна система загалом – система виробництва, розподілу та споживання товарів, робіт і послуг. Будь-яке виробництво та споживання пов’язане зі зростаючим за-лученням природних ресурсів у сферу діяльності людства і супроводжується впливом на навколоішнє середовище. Обмежений ресурс – чисте навколоішнє середовище – не враховується належним чином у традиційних економічних рішеннях. У цей же час вкрай загострилися екологічні проблеми, які з ло-кальних перетворилися на національні та глобальні загрози. Дослідженнями цих проблем, поряд з іншими, займається галузь знання, яка має велике при-кладне значення, – природокористування. Природокористування як наука сформувалося відносно недавно (друга половина – остання третина ХХ століт-тя), коли стало досить очевидним, що природні блага вичерпні, повинні мати економічну оцінку і не можуть розглядатися як безкоштовний дар природи. У ній широко використовуються дані природничих наук: біології, екології, гео-графії тощо.

!**Природокористування** – наука про можливості та напрями екологічно безпечного та невиснажливого використання ресурсів і властивостей природи для забезпечення сталого розвитку.

За сталого розвитку при плануванні господарської діяльності необхідно враховувати такі положення:

- темпи споживання природно-ресурсного потенціалу не повинні пере-більшувати природних умов регенерації екосистем;
- об’єми відходів виробничо-господарської та соціокультурної діяльнос-ті не повинні перебільшувати асиміляційні властивості біосфери;
- максимально заміщувати у споживанні невідновлювані ресурси від-новлюваними (рис. 200);

Рис. 200. Будівництво вітряних і сонячних електростанцій



Підготуйте повідомлення про використання людиною відновлюваних ресурсів.

- крім економічних результатів, значущими є соціально-екологічні наслідки;
- в процесі необхідно виходити з інтересів як сучасних, так і майбутніх поколінь.

Об'єктом природокористування як науки є комплекс взаємовідносин між природними ресурсами, природними умовами життя людини та соціально-економічним розвитком суспільства, а предметом вивчення – пошук шляхів збереження природного середовища життєдіяльності людського суспільства.

**Поняття про екологічне мислення.** Для вирішення сучасних екологічних проблем важливе значення має екологічна свідомість, яка зумовлює здатність усвідомлювати сучасний екологічний стан і прогнозувати наслідки діяльності людства. Формування екологічної свідомості залежить від екологічної інформації, яка може забезпечувати різний ступінь екологічних знань, різну їх глибину залежно від індивідуальних властивостей і професійної належності. На базі екологічної свідомості формується екологічне мислення.

⚠ **Екологічне мислення** – один з етапів пізнання людиною природи, який передбачає усвідомлення особистістю об'єктивної реальності навколошнього світу, своїх дій і способу життя з метою зведення до мінімуму або уникнення екологічних проблем.

Однією з характеристик екологічного мислення людини є занепокоєння станом навколошнього середовища та здатність визначати джерело екологічної небезпеки. Також важливим є визнання здорового й безпечного навколошнього середовища суспільною цінністю. Але визначальним у характеристиці екологічного мислення є формування у людини готовності до дій, усвідомлення необхідності особистої участі в колективних діях зі збереженням довкілля (рис. 201).

*Rис. 201. Приклад соціально-екологічної акції*



«Зробимо Україну чистою разом!» – щорічна весняна одноденна всеукраїнська соціально-екологічна акція з прибирання та благоустрою засмічених зелених зон і місць громадського відпочинку.



Створіть разом з однокласниками проект соціально-екологічної акції своєї школи.

1. Дайте означення понять *сталий розвиток природи і суспільства, екологічне мислення*.
2. Перелічіть глобальні Цілі сталого розвитку.
3. Оцініть важливість біологічних знань для розвитку людства.
4. Поясніть значення природокористування як галузі знань людства.
5. Висловіть судження про значення формування екологічного мислення.

## Практична робота.

### Оцінка екологічного стану свого регіону

**Мета:** з'ясувати екологічний стан свого регіону

1. Ознайомтесь з інформацією.

«Рівень забруднення навколошнього середовища залежить від багатьох факторів. Це кількість автотранспорту й інтенсивність його руху, кількість підприємств, що розташовані на території міста або регіону тощо. Всі ці та багато інших чинників негативно впливають на здоров'я людини. З метою проведення комплексного спостереження, оцінки й прогнозу змін стану навколошнього середовища під впливом антропічних чинників упроваджують екологічний моніторинг.

#### ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Забруднення атмосферного повітря	Викиди в повітря Якість повітря в населених пунктах Використання озоноруйнівних речовин
Зміна клімату	Температура повітря Атмосферні опади Викиди парникових газів
Водні ресурси	Відновлювальні ресурси прісних вод Побутове водовикористання у розрахунку на душу населення Втрати води Повторне і оборотне використання прісної води Якість питної води Біогенні речовини в прісній воді Забруднені стічні води
Біорізноманіття та ліси	Природні території, що підлягають особливій охороні Ліси Види, що знаходяться під загрозою зникнення, і види, що охороняються Тенденції зміни чисельності й розповсюдження окремих видів
Земельні ресурси та ґрунти	Вилучення земель із продуктивного обороту Райони, що зазнають ерозії ґрунтів
Сільське господарство	Внесення мінеральних та органічних добрив Внесення пестицидів
Відходи	Утворення відходів Транскордонні перевезення небезпечних відходів Переробка та вторинне використання відходів Кінцеве видалення відходів

2. Об'єднайтесь у групи й визначте напрям дослідження дляожної групи.

3. З'ясуйте стан навколошнього природного середовища вашого регіону за обраним показником, використовуючи додаткову літературу та інтернет-джерела.

4. Складіть звіт (у довільній формі) про дію антропічних чинників з напряму обраного вами дослідження.

5. Сформулюйте та обґрунтуйте висновки щодо екологічного стану свого регіону.

## Індивідуальне завдання

### Перспективи вироблення біогазу

Ознайомтеся з інформацією:

«Найбільш ефективним і універсальним енергоносієм з усіх біологічних видів палива є біогаз, який отримують з відновлюваної сировини й органічних відходів. Біогаз можна застосовувати на місці його виробництва для отримання електроенергії й тепла або після очищення й збагачення подавати в загальну газотранспортну мережу.

Основним компонентом біогазу є горючий газ метан, уміст якого залежить від типу сировини й процесу бродіння. Біогаз утворюється внаслідок природного процесу мікробного розкладання органічної маси у вологому середовищі в анаеробних умовах. Сировиною для біогазових установок є насамперед сільськогосподарські субстрати, такі як рідкий та стійловий гній або енергетичні культури (цукровий буряк, кукурудза, цукрове сорго тощо). Найбільш перспективним сільськогосподарськими культурами, сировину яких можна використовувати для отримання біогазу в Україні, є цукрове сорго, кукурудза на силос, цукрові та кормові буряки. Традиційною культурою для виробництва біогазу у світі є кукурудза на силос, потенціал якої в Україні також є значним. Для вибору сировини вчені визначають економічні переваги (тис. грн/га) виробництва біометану (рис.).».



**Завдання 1.** Виробництво біогазу є прикладом перспективного напряму розвитку

- А біоніки
- Б біофізики
- В біотехнології
- Г біоінформатики

**Завдання 2.** Організми, унаслідок життєдіяльності яких утворюється біогаз, в екосистемах належать до

- А продуцентів
- Б редуцентів
- В консументів

**Завдання 3.** Учень та учениця аналізували графік економічних переваг (тис. грн/га) виробництва біометану. Учень зазначив, що вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біометану економічно вигідніше за вирощування кукурудзи на зерно. Учениця зауважила, що цукрові буряки вигідніше вирощувати для реалізації сировини.

Чи має хтось рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помилляються

## Самоконтроль рівня навчальних досягнень. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

**Тестові завдання з однією правильною відповідлю (0,5 бала)**

1. Глобальною сучасною екологічною проблемою можна вважати, зважаючи на масштаби впливу
  - А зменшення потужності озонового шару
  - Б електромагнітне випромінювання
  - В шумове забруднення
  - Г забруднення ставка
2. Антропічне забруднення може бути спричинене
  - А виверженням вулкану
  - Б вивітрюванням гірських порід
  - В масовим розмноженням комах
  - Г внесенням у ґрунт добрив
3. Чинником фізичного забруднення є
  - А побутове сміття
  - Б солі важких металів
  - В світлове випромінювання
  - Г продукти генетичної інженерії
4. Який чинник спричиняє заболочення ґрунтів?
  - А будівництво ставків і водосховищ
  - Б незбалансоване зрошення
  - В випадіння кислотних дощів
  - Г радіаційне опромінення
5. Акліматизація – це
  - А зміна клімату внаслідок руйнації озонового шару
  - Б сукупність методів вивчення кліматичних показників
  - В пристосування організмів до нових умов мешкання
  - Г відновлення на певній території видів місцевих організмів
6. У якому заповіднику України охороняють зображену тварину?

- А Чорноморському
- Б Карпатському
- В Дунайському
- Г Асканія-Нова



**Тестові завдання з однією правильною відповідлю (1 бал)**

7. Прочитайте речення: «У зображеному на монеті заповіднику зберігають (1) та ведуть роботи з охорони (2)». Замість цифр необхідно вписати слова. Виберіть правильний варіант.
 

А 1 – заплавні долини, Б 1 – гірські екосистеми, В 1 – морські екосистеми, Г 1 – ландшафти степу,	2 – птахів 2 – хвойних рослин 2 – водних ссавців 2 – копитних
--	--



**8.** Проаналізуйте твердження.

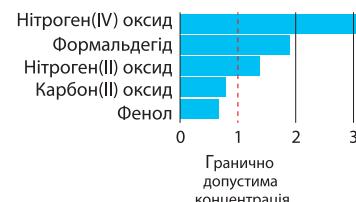
- I. Явище «цвітіння» води викликане масовим розмноженням ціанобактерій.  
 II. Вода набуває зеленого кольору внаслідок розмноження фотосинтезувальних організмів, що позитивно впливає на інші організми. Чи є поміж них правильні?

- A правильне лише I  
 B правильне лише II  
 C обидва правильні  
 D немає правильних

**9.** Учень та учениця аналізували діаграму перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) забрудників повітря. Учень зазначив, що лише нітроген(IV) оксид перевищує гранично допустимі концентрації в повітрі. Учениця зауважила, що карбон(II) оксид оксид та феноли містяться в повітрі в ГДК. Чи має хтось рацію?

- A лише учень  
 B лише учениця  
 C обидва мають рацію  
 D обидва помилляються

Перевищення гранично допустимих концентрацій забрудників повітря у Києві, 2016



Дані: Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними державної системи спостережень Гідрометеослужби за 2016 рік

**Тестове завдання з коротким описом (1,5 бала)**

**10.** Схарактеризуйте екологічні проблеми атмосфери за наведеними ознаками.

*Природним джерелом забруднення атмосфери є*

- 1 радіоактивне опромінення після аварії  
 2 пил вулканічного походження  
 3 вихлопні гази автомобіля

*Порушення теплового балансу планети виявляється в утворенні*

- 1 смогу  
 2 кислотних дощів  
 3 парникового ефекту

*Зменшення вмісту озону в атмосфері є причиною*

- 1 підвищення врожайності сільськогосподарських культур  
 2 збільшення кількості мутацій  
 3 прискорення росту рослин

**11.** Схарактеризуйте результати природоохоронної діяльності України за наведеними ознаками.

*Найстарішим заповідником на території України є*

- 1 Карпатський  
 2 Дунайський  
 3 Асканія-Нова

*Рідкісні й типові для певної місцевості рослинні угруповання заносять до*

- 1 Чорного списку  
 2 Зеленої книги  
 3 Червоної книги

*Перший ботанічний сад на території України було створено в місті*

- 1 Києві  
 2 Львові  
 3 Харкові

**Виконайте обране завдання в письмовій формі (3 бали)**

1. Висловіть судження щодо стану екологічної ситуації своєї місцевості проживання.  
 2. Оцініть можливість вашої особистої участі у справі збереження біорізноманіття.



*Тема 9*

## ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МЕДИЦИНІ, СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

## З історії відкриттів

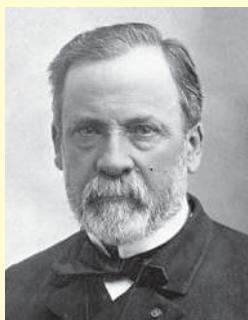
Наукові основи селекції заклав іще англійський природодослідник Чарлз Роберт Дарвін. У 1883 р. швейцарський ботанік Альфонс Декандоль опублікував працю, у якій установив географічні області початкового походження найголовніших культурних рослин. Найдетальніше цю проблему розробляв біолог Микола Вавилов, визначивши сім основних географічних центрів походження культурних рослин.

Завдяки працям французького мікробіолога й хіміка Луї Пастера, що довели зв'язок процесів бродіння з діяльністю мікроорганізмів, традиційна біотехнологія набула наукової основи. У 40–50-ті роки ХХ ст., коли було здійснено біосинтез пеніцилінів методами ферментації, почалась ера антибіотиків, спричинивши розвиток мікробіологічного синтезу та створення мікробіологічної промисловості.

У 60–70-ті роки ХХ ст. розпочався бурхливий розвиток клітинної інженерії. Лауреатами Нобелівської премії 2012 року в області фізіології або медицини став британський учений Джон Гердон та японський дослідник Сін'я Яманака. Ще 1962 року Дж. Гердон провів експеримент, що поклав початок розробленню методів клонування. Через понад 40 років С. Яманака вперше у світі отримав індуковані плюрипотентні стовбурові клітини, які можуть розвиватися в клітини будь-якого типу. Унаслідок цих досліджень учени світу отримали нові методи вивчення хвороб, розробки способів їх діагностування та лікування.

Із винаходом методу визначення нуклеотидної послідовності ДНК, за який американський учений Вільям Гілберт й англієць Фредерік Сенгер 1980 року отримали Нобелівську премію з хімії, пов'язані дослідження будови й функціонування генів. Зі створенням 1972 року групою американського біохіміка Пола Берга першої гібридної молекули ДНК *in vitro* формально пов'язане народження генетичної інженерії, що відкрила шлях до свідомої зміни генетичної структури організмів.

Розв'язання проблем репродукції й онкологічних захворювань людини, становлення та розвиток трансплантології годі уявити без успіхів молекулярної біології та біології розвитку. У ХХ ст. Нобелівською премією відзначили кількох видатних науковців: Ганс Шлеман розкрив механізм індукції розвитку одних частин ембріона іншими (1935 р.), Стенлі Коен та Рита Леві-Монтальчіні виявили ростові чинники – речовини, що регулюють ріст і розвиток різних частин організму (1986 р.), Едвард Льюїс, Крістіана Нюсляйн-Фольхард та Ерік Вішаус розкрили механізми генетичної регуляції ембріогенезу (1995 р.). Лауреатами Нобелівської премії 2018 року в галузі фізіології або медицини стали двоє вчених – американець Джеймс П. Еллісон і японець Тасуку Хондзьо, які запропонували терапію онкологічних захворювань людини специфічними антитілами.



Луї Пастер  
(1822–1895)



Рита Леві-  
Монтальчіні  
(1909–2012)



Крістіана Нюсляйн-  
Фольхард  
(1942)

## § 42. Завдання та методи сучасної селекції рослин, тварин і мікроорганізмів



**Що таке вид, популяція?**

**Що таке генотип, фенотип, спадкова мінливість, природний добір?**

У попередніх класах ви вже ознайомилися із закономірностями успадкування ознак та еволюційних змін, що відбуваються в живій природі. Це стане підґрунтям для опанування знань про селекцію організмів.

**Селекція.** Англійський науковець Чарлз Роберт Дарвін у своїй праці «Зміни свійських тварин і культурних рослин під впливом одомашнення» наголошував на тому, що утворення порід і сортів почалося з приручення людиною диких видів тварин і вирощування диких видів рослин.



**Селекція** – це наука, завдання якої – вивчення методів створення нових і поліпшення існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів із цінними для людини ознаками та властивостями. **Сортом і породою** називають стійку популяцію організмів одного виду, що штучно створені та мають подібні морфологічні, фізіологічні, біохімічні й господарські ознаки. **Штам** – це чиста культура певного виду мікроорганізмів, у яких вивчені морфологічні та фізіологічні особливості.

Основними методами селекції є **штучний добір** і **гібридизація**. Людина, розвиваючи в різних напрямках ознаки диких предків, створила багато порід і сортів. Наприклад, нині у світі відомо понад 400 порід собак, що походять, імовірно, від одного дикого виду – Вовк звичайний (Пес дикий) (рис. 202).

Рис. 202. Предкова форма та різноманітність порід підвиду Пес свійський



Вовк звичайний



Німецька вівчарка



Пудель



Афганський хорт



Французький бульдог



Підготуйте повідомлення про створення порід домашніх улюблениців – котів, кролів, папуг або інших на власний вибір, використовуючи додаткові джерела та інтернет-ресурси.

Поміж багатьох організмів певного виду людина вибирає особини, які відрізняються ознаками, що найбільшою мірою її цікавлять. Після проведення схрещування залишають для розмноження саме ті особини, які успадкували ці ознаки. На початкових етапах розвитку людства діяв несвідомий добір. Надалі почали застосовувати добір цілеспрямовано за певними ознаками.



**Штучний добір** – це процес створення порід, сортів, штамів шляхом систематичного збереження особин з певними, цінними для людини, ознаками і сприяння їх розмноженню. Важливою умовою ефективності штучного добору є різноманіття вихідного матеріалу. Для цього використовують плідників з різних географічних областей. Існує масова й індивідуальна форми штучного добору. **Масовий добір**, за якого добирають особин з особливостями фенотипу, простий у застосуванні. Але особини, подібні за фенотипом, можуть виявитися різнопорідними за генотипом, тож ефективність добору буде незначною. За **індивідуального добору** плідники добирають за результатами вивчення як фенотипу, так і генотипу.

Метод, який уможливлює різноманітність селекційного матеріалу, – гібридизація.



**Гібридизація** – процес отримання гібридів, в основі якого лежить об'єднання в одній клітині генетичного матеріалу різних клітин. Інколи застосовують *міжвидову*, або *віддалену гібридизацію*, коли плідники належать до різних видів і родів (поєднання в гібридів цінних спадкових ознак). Цей тип гібридизації застосовують у плодівництві. У такий спосіб отримано гібриди ожини й малини, сливи й терну, пшениці й жита (трикале) тощо (рис. 203).

Частіше застосовують внутрішньовидову гібридизацію, що її проводять між організмами одного виду. Схрещувані особини можуть мати різний

Рис. 203. Утворення міжвидових гібридів



Малина звичайна



Кумберленд – міжвидовий гібрид



Ожина звичайна



Створіть просвітницький проект для учнів та учениць основної школи «Досягнення селекціонерів України в рослинництві».

ступінь спорідненості, тому розрізняють споріднене й неспоріднене внутрішньовидове схрещування.

 Споріднене схрещування (інбридинг) – це гібридизація організмів, що мають спільніх предків. Такий вид схрещування використовують для отримання чистих ліній організмів. Це призводить до гомозиготності, і в результаті виявляються рецесивні ознаки. Прикладом можуть слугувати самозапильні рослини та гермафродитні тварини, здатні до самозапліднення.

Неспоріднене схрещування (аутбридинг) – це гібридизація між організмами різних ліній. У гібридів шкідливі алелі переходят у гетерозиготний стан – спостерігається явище гетерозису.

 Гетерозис (гібридна сила) – явище, за якого перше покоління гібридів, отриманих у результаті неспорідненого схрещування, має підвищені життєздатність, продуктивність, ріст і стійкість проти захворювань. Гетерозис у природі властивий багатьом групам організмів (рис. 204). Він виник водночас зі статевим розмноженням і може бути зумовлений генетичними причинами: у гетерозигот гаситься шкідлива дія рецесивних алелей; спостерігається дія сприятливих домінантних алелей, які наявні в батьківських формах і поєднуються в нащадків; спостерігається більш повне вираження деяких генів у гетерозигот, ніж у гомозигот.

**Особливості селекції рослин.** Рослини як об'єкти селекції мають низку особливостей. Вони вирізняються високою плідністю, тому селекціонери часто застосовують масовий добір. Для рослин характерне вегетативне розмноження, завдяки якому можна тривалий час зберігати гетерозиготність генотипу. Наявність видів, що самозапилюються, уможливлює виведення чистої лінії шляхом індивідуального добору.

Рис. 204. Гетерозис у тварин



Кінь свійський



Мул – гібрид кобили й віслика, що характеризується витривалістю та працездатністю, але при цьому безплідний.



Віслик



Підготуйте повідомлення про вияви явища гетерозису в рослин.

Рослинам властиве явище **поліплоїдії** – кратне збільшення числа хромосом у клітинах. Це один зі шляхів поліпшення сортів культурних рослин. Застосовуючи хімічні сполуки й певні види випромінювання під час проростання насіння, досягають поліплоїдії та отримують матеріал для добору.

Для селекції рослин застосовують спосіб штучного об'єднання частин різних особин – **щеплення**. Частину рослини, яку прищеплюють, називають **прищепою**, а рослину, до якої прищеплюють, – **підщепою**.

Історія розвитку світової селекції має чимало українських сторінок. В Україні, на Миронівській селекційній станції, було створено багато сортів рослин, зокрема високоворожайні сорти озимої пшеници з підвищеною стійкістю в екстремальних умовах (рис. 205).

**Особливості селекції тварин.** Для багатьох тварин характерні невелика кількість потомства та значна тривалість життя. Тому в тваринництві зазвичай застосовують індивідуальний добір. Свійські тварини – роздільнostатеві организми, для них характерне лише статеве розмноження. У селекції тварин застосовують споріднене та неспоріднене схрещування (часто виявляється явище гетерозису), а також віддалену гібридизацію для виведення нових порід. Крім того, користуються методом визначення якостей плідників за показниками потомства.

**Особливості селекції мікроорганізмів.** Прокаріотів та одноклітинних еукаріотів використовують у харчовій, кормовій, виноробній промисловостях, а також для біологічної боротьби зі шкідниками. Гібридизація для мікроорганізмів майже не можлива через відсутність у більшості статевого процесу. У селекції мікроорганізмів, як і в рослин, широко застосовують штучний мутагенез – спричинений людиною процес виникнення мутацій, викликаних за допомогою мутагенних чинників (розглянуті в підручнику для 10-го класу).

Рис. 205. Український селекціонер В. Ремесло



(1907 – 1983)

Видатним українським селекціонером є Василь Ремесло. Він був директором Миронівського інституту селекції і насінництва пшеници. Шедевром світової селекції вважають сорт «Миронівська-808», а загалом В. Ремесло створив і районував 20 сортів озимої пшеници.

Наразі провідними установами України в галузі селекції є Інститут фізіології рослин та генетики (м. Київ) та Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр’єва (м. Харків).

За останні 30 років у світі та в Україні створено високогетерозисні гібриди жита озимого. В Україні за останні роки створено 32 сорти ячменю ярого.



1. Дайте означення понять **селекція**, **сорт**, **порода**, **штам**.
2. Схарактеризуйте методи селекції.
3. Порівняйте особливості застосування методів селекції рослин, тварин і мікроорганізмів.
4. Наведіть приклади досягнень у галузі селекції.

## § 43. Значення праць М. І. Вавилова для розвитку селекції



Що таке селекція?

Що таке вид, рід, сорт, порода, штам?

Вивченням спадкової мінливості культурних рослин і їхніх предків займався відомий генетик та селекціонер Микола Вавилов (1887–1943). Багаточінні дослідження дозволили йому 1920 року сформулювати закон гомологічних рядів спадкової мінливості.

**Закон гомологічних рядів спадкової мінливості.** Сутність закону полягає в тому, що генетично близькі види й роди характеризуються схожими рядами спадкової мінливості з такою правильністю, що, знаючи ряд форм у межах одного виду, можна передбачати знаходження паралельних форм у інших близьких видів і родів. Що більше генетично розташовані в загальній системі види й роди, то повніша схожість у рядах їхньої мінливості.

На прикладі злакових М. Вавилов показав, що схожі мутації виявляються в цілій низці представників цієї родини. У м'якої та твердої пшениці, а також ячменю відомі форми з довгими та короткими остюками й без остюків, а з опукlostями на їхньому місці (рис. 206), у ссавців спостерігають альбінізм і відсутність шерсті, у птахів – альбінізм і відсутність пір’я.

Цей закон має генетичне підґрунтя: ступінь спорідненості організмів прямо пропорційний ступеню подібності структури генів. Тому й мутації цих генів можуть бути подібними, а у фенотипі це виявляється подібною мінливістю ознак у близьких видів. Закон вказує селекціонерам напрями штучного добору.

Рис. 206. Гомологічні ряди спадкової мінливості



Гомологічні ряди спадкової мінливості за остюками:  
1-4 – м'яка пшениця;  
5-8 – тверда пшениця;  
9-12 – шестирядний ячмінь.

Форми з довгими остюками  
(1, 5, 9)  
Форми з короткими остюками  
(2, 6, 10)  
Здуті форми (3, 7, 11)  
Форми без остюків (4, 8, 12)



Наведіть інші приклади гомологічних рядів спадкової мінливості, використовуючи додаткові джерела й інтернет-ресурси. Обговоріть ці приклади в групах.



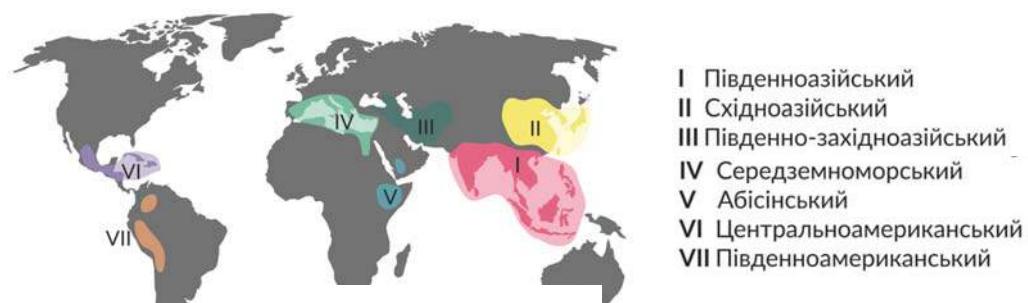
**Центри різноманітності та походження культурних рослин за М. Вавиловим. Райони одомашнення тварин.** Учені давно з'ясували, що і рослини, і тварини походять з різних регіонів планети. У результаті досліджень у праці «Вчення про походження культурних рослин після Дарвіна» 1939 року М. Вавилов визначив сім основних центрів різноманітності та походження культурних рослин (рис. 207).

Ці центри пов'язані з осередками давніх цивілізацій. У **Південноазійському** тропічному центрі виникли близько 33 % культурних рослин, наприклад рис, лимон, огірок, манго. На **Східноазійський** центр припадає 20 % культурних рослин: просо, гречка, соя, редька, яблуня, груша тощо. Із **Південно-західноазійського** центру походять морква, абрикос, бавовник, виноград тощо. Цукровий буряк, капуста, селера, кріп, гірчиця й олива виникли в **Середземноморському** центрі. З **Абісинського** центру походять тверда пшениця, кавун, кавове дерево та зернове сорго. З **Центральноамериканського** центру походять гарбуз, какао, соняшник, квасоля та кукурудза. Картопля, томати, ананас, арахіс та хінне дерево – з **Південноамериканського** центру.

Учення про центри різноманітності та походження культурних рослин дало змогу встановити, що для різних видів культурних рослин є свої центри різноманітності, де виявлено найбільшу кількість їхніх сортів і форм. Ці центри є водночас і районами їхнього походження. Виявлення центрів підказало вченим, де можна шукати різноманітний вихідний матеріал для селекційної роботи.

Райони одомашнення та походження порід свійських тварин пов'язані з давніми центрами землеробства, однак установити центри походження свійських тварин значно складніше, ніж культурних рослин. Це пояснюється значними переміщеннями їхніх диких предків у межах первісних ареалів.

*Rис. 207. Центри різноманітності та походження культурних рослин за М. Вавиловим*



Підготуйте повідомлення про центр різноманітності та походження культурних рослин (на власний вибір), використовуючи додаткові джерела й інтернет-ресурси.



1. Назвіть центри різноманітності й походження культурних рослин.
2. З яких центрів походять відомі вам культурні рослини (наведіть 7–10 прикладів)?
3. Поясніть значення для розвитку селекції встановлення центрів походження культурних рослин.
4. Сформулюйте закон гомологічних рядів спадкової мінливості культурних рослин.
5. Обґрунтуйте значення закону гомологічних рядів спадкової мінливості для планування селекційної роботи.

## § 44. Сучасна біотехнологія та її основні напрями



**Що таке ферменти, вітаміни, гормони та інтерферони?**

**Що таке трансгенні організми?**

Нинішнє століття називають «золотим віком біології». Це стосується й одного з її напрямів, що розвивається високими темпами, – біотехнології.

**Поняття біотехнології.** Як уже було відзначено, людина здавна навчилася використовувати хімічні перетворення, що відбуваються в живих організмах, для своїх потреб – хлібопеченьня, сироваріння, пивоваріння, виноробства. Тому можна стверджувати, що біотехнології виникли й застосовувалися досить давно.

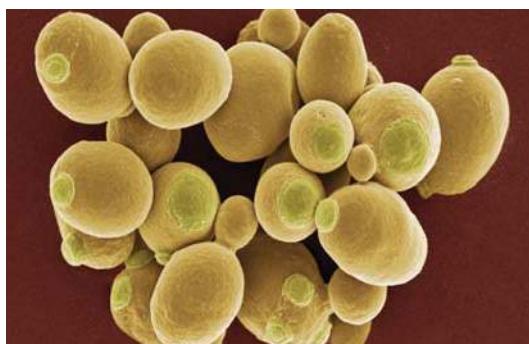


**! Біотехнологія** (від грец. *bios* – життя, *techne* – мистецтво, *logos* – вчення) – наука про використання біологічних об'єктів і хіміко-біологічних процесів у промисловому виробництві, сільському господарстві, енергетиці й медицині.

Науковий термін «біотехнологія» був уперше запропонований угорським агрономом Карлом Ерекі 1919 року для позначення процесів, у яких продукцію отримують за допомогою організмів.

**Об'єкти біотехнології.** Біотехнологія ґрунтується на відкриттях у біохімії, мікробіології, молекулярній біології й генетиці, що вможливлюють використання властивостей біооб'єктів з визначеною метою. Об'єктами можуть бути **молекули** (ферменти, вітаміни, амінокислоти, білки), **неклітинні форми життя** (віруси), **одноклітинні організми** (бактерії, дріжджі) та багатоклітинні організми (рис. 208).

Рис. 208. Об'єкт (а) і продукт (б) біотехнології



*a*

Дріжджі



*б*

Дріжджовий хліб



Назвіть приклади продуктів, що їх людина отримує як результат використання біотехнології.

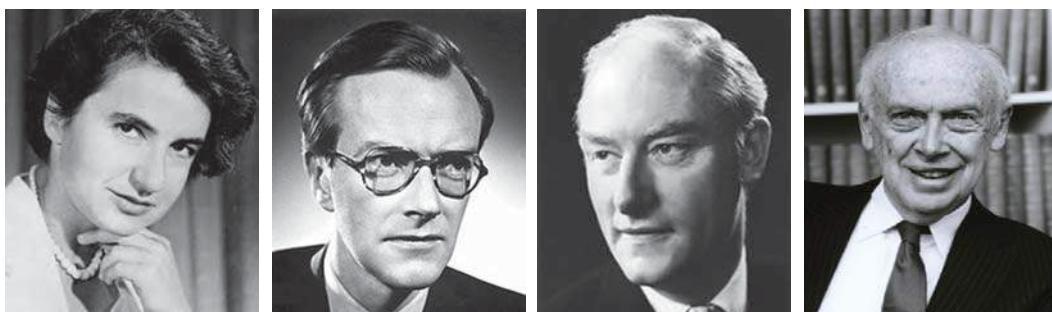


Створіть просвітницький проект для учнів та учениць основної школи «Біотехнологія в давні часи».

**Досягнення традиційної біотехнології.** Людство досягло значних успіхів у створенні біологічно активних речовин і лікарських препаратів (інтерферонів, інсуліну, гормонів росту, антитіл, вакцин тощо); розроблені заходи з захисту рослин від хвороб і шкідників; створенні бактеріальних добрив і регуляторів росту рослин, а також нових сортів і гібридів рослин, одержаних методами генетичної та клітинної інженерії; синтезі цінних кормових добавок і біологічно активних речовин (кормового білка, ферментів, вітамінів тощо); розроблені екологічно безпечних технологій утилізації відходів для отримання енергоносіїв, добрив і кормових добавок; розроблені нових технологій добування цінних продуктів з метою використання в харчовій і хімічній промисловостях.

**Напрями сучасної біотехнології.** Біотехнологія невпинно розвивається, особливо її нові напрями: генетична інженерія, клітинна (тканинна) інженерія, інженерна ензимологія й імунологічна біотехнологія. Науковим відкриттям, що вмоглило розвиток цих напрямів, стало розкриття таємниці будови молекули ДНК (рис. 209). **Генетична інженерія** – галузь біотехнології, завданням якої є конструювання генетичних структур з метою створення організмів з новою генетичною програмою. На початковому етапі науковці отримують генетичний матеріал шляхом штучного синтезу або виділення природних генів. Надалі, використовуючи ці гени, створюють рекомбінантну молекулу на ДНК, яку вводять у клітину-реципієнта. **Клітинна (тканинна) інженерія** – галузь біотехнології, завданням якої є конструювання клітин нового типу на основі їх культивування, гібридизації та реконструкції. **Інженерна ензимологія** – це галузь біотехнології, що базується на використанні ферментів в ізольованому стані або в складі клітин для отримання продуктів реакцій. Ці напрями ми розглянемо в параграфах 45–48.

Рис. 209. Видатні науковці, відкриття яких значимі для біотехнології



Розалінда Франклін

Моріс Вілкінс

Френсіс Крік

Джеймс Вотсон

Структуру подвійної спіралі ДНК запропонували Френсіс Крік і Джеймс Вотсон 1953 року на основі рентгеноструктурних даних, отриманих Морісом Вілкінсом і Розаліндою Франклін. Робота дослідників відзначена Нобелівською премією з фізіології або медицини 1962 року. Поміж одержувачів не було Розалінди Франклін, оскільки вона на той час уже померла, а премію не присуджують посмертно.



1. Дайте означення понять *біотехнологія, генетична інженерія, клітинна інженерія*.
2. Що є об'єктами біотехнології?
3. Схарактеризуйте досягнення традиційної біотехнології.
4. Назвіть напрями сучасної біотехнології.

## § 45. Генетична інженерія в сучасній селекції



Що таке селекція?

Якими є результати її проведення?

Розвиток біології дав людству більш потужні інструменти для отримання нових форм, ніж традиційна селекція, яка ґрунтується на штучному доборі.

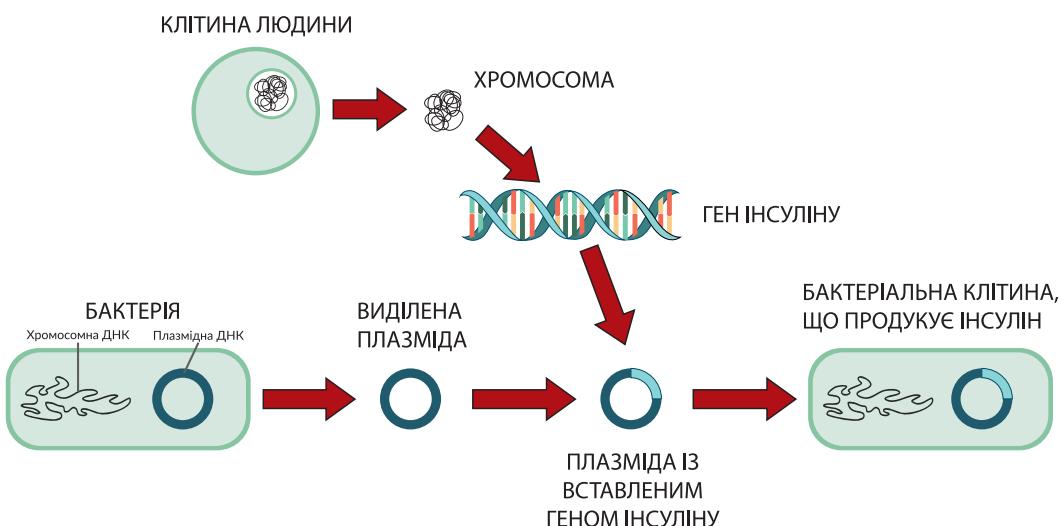
**Поняття генетично модифікованих організмів.** Методи генетичної інженерії вмогливили створення генетично модифікованих організмів.



Генетично модифіковані організми (ГМО) – це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії, тобто внесення скерованих змін у структуру ДНК.

Така зміна може полягати в інактивації певних генів, уключені в геном генів інших видів тощо. В останньому випадку отримані організми називають **трансгенними**. Скераованість унесених змін є ключовою відмінністю генетичної інженерії від традиційної селекції або штучного мутагенезу. Найпоширенішим методом генетичної інженерії є перенесення спадкової інформації за допомогою **векторів**, тобто агентів, які можуть проникати в клітину. Векторами найчастіше слугують віруси та плазміди (рис. 210). Також існує метод перебудови геномів організмів, що передбачає побудову штучних хромосом. На відміну від плазмід та вірусів, такі вектори можуть містити набагато більше генів. Конструювання генетичних векторів з необхідними нуклеотидними послідовностями ще недавно здавалося фантастикою або дуже віддаленою перспективою, а нині це рутинна процедура.

Рис. 210 . Етапи створення генетично модифікованої бактерії



Користуючись схемою, опишіть процес конструювання бактерії, що здатна синтезувати людський інсулін.

Людина використовує ГМО різних груп. Генетично змінені бактерії використовують у біотехнологічних процесах. Наприклад, мікробіологічний синтез забезпечує більшу частину медичних потреб людства в інсуліні: його переважно синтезують за допомогою кишкової палички або дріжджів.

Такий спосіб дешевший, простіший і гуманніший, аніж виділення інсуліну з підшлункових залоз тварин. Генетично модифіковані мікроорганізми слугують для отримання антитіл, гормонів, антибіотиків, вітамінів тощо.

**ГМО та селекція.** Першими генетично модифікованими рослинами, дозволеними для вживання в їжу, були FlavrSavr (Flavour Saver) томати. Нині трансгенні рослини вирощують у 25 країнах, де проживає 3,6 млрд, або 54 % світового населення. Найбільше вирощують генетично модифіковану сою, кукурудзу та бавовну. Основними напрямами генетичної модифікації культурних рослин є видалення стійкості до гербіцидів і паразитів, збільшення врожайності, підвищення вмісту корисних сполук (рис. 211). Одним з поширеніших варіантів генетичної модифікації рослин є введення в їхній генотип гену стійкості до гербіциду гліфосату. На оброблених ним полях залишаються лише стійкі культурні генетично модифіковані рослини.

Генетично модифікованих тварин також уживають у їжу. Першою схваленою ГМО розробкою був лосось AquAdvantage. Основою його був атлантичний лосось, якому замінили ген-регулятор гормону росту. Це призвело до того, що риба стала рости протягом усього року, а не лише навесні та влітку, як це відбувається в природі. Унаслідок цього лосось виростає за 16–18 місяців, а не за три роки.

Розробники ГМО дотримуються жорстких правил контролю, що запобігають потраплянню таких організмів у природу, а також тестують виготовлені продукти на безпечність. Наразі не існує жодних науково обґрунтованих фактів стосовно небезпеки ГМО або виготовлених з них продуктів.

Рис. 211. Пагони двох рослин арахісу під впливом личинок одного з видів вогнівок



Зліва – звичайна рослина, справа – генетично модифікована рослина, у генотип якої було внесено ген однієї з бактерій, що кодує токсичний для деяких комах білок.



Порівняйте рослини, зробіть висновок стосовно ролі описаної генної модифікації для формування стійкості рослини до поїдання. Як це позначиться на врожайності?



Створіть просвітницький проект «За» і «проти» використання трансгенних організмів».



1. Дайте означення поняття генетично модифікований організм.
2. Що таке вектори?
3. Опишіть етапи створення генетично модифікованої бактерії.
4. Наведіть приклади використання трансгенних організмів.
5. Висловіть власне ставлення до проблеми використання ГМО.

## § 46. Роль біологічних досліджень у розвитку медицини



Що таке здоров'я?

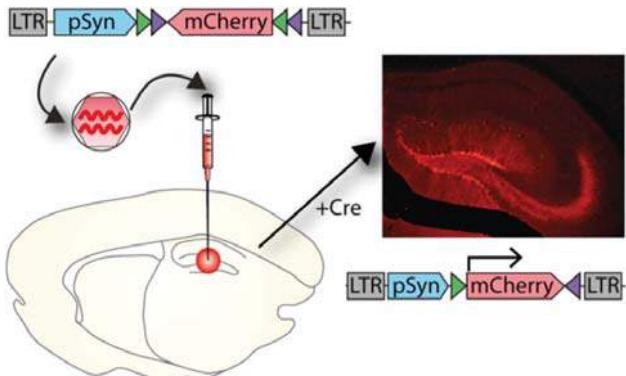
Які основні шляхи його підтримки та зміцнення?

Ви пам'ятаєте, що розвиток медицини тісно пов'язаний з успіхами біологічної науки. Найактивніша взаємодія між біологією та медициною розпочалася наприкінці XIX – на початку ХХ століття.

**Значення досягнень біології для розвитку медицини.** Розвиток мікроскопічної техніки дозволив вивчити будову організму людини на тканинному та клітинному рівнях, визначити закономірності ембріонального розвитку людини тощо. Відкриття бактерій і дещо пізніше вірусів дало розуміння причин розвитку інфекційних захворювань і започаткувало науково обґрунтований пошук шляхів боротьби з ними. Виникнення генетики дало можливість зрозуміти причини спадкових захворювань. Розвиток біохімії дозволив з'ясувати основні шляхи перетворень речовин в організмі людини. Одним з найважливіших для медицини біологічних відкриттів стало винайдення антибіотиків. Сучасна молекулярна біологія дає інформацію стосовно зв'язків генів та ознак організмів. Розшифрування на початку ХХІ ст. геному людини відкрило шлях до детального вивчення ролі конкретних генів у нормальному функціонуванні організму та в розвитку патологій. Вивчення генів рослинних і тваринних організмів уможливлює використання їх для розроблення нових методів дослідження (рис. 212). Використання в дослідженнях генетично модифікованих тварин дає змогу глибше аналізувати молекулярні механізми

Рис. 212. Використання вірусних векторів у біомедичних дослідженнях

Сконструйований вірус несе ген mCherry – кодований ним білок має здатність до флуоресценції (поглинає світло однієї частоти та випромінює світло іншої частоти). Ін'єкцію віrusу роблять у певні ділянки організму (тут – головний мозок). Унаслідок активації віrusу клітини починають виробляти білок mCherry, кількість якого можна вимірюти за інтенсивністю флуоресценції. Особливістю сконструйованого віrusу є те, що він активується лише в нервових клітинах певного типу. Таким чином, інтенсивність світіння на зображені показує дослідникам кількість досліджуваних клітин. Ген mCherry був виділений з кишковопорожнинної тварини.



Складіть перелік десяти найвизначніших відкриттів (топ-10) у біології, які вплинули на розвиток медицини.

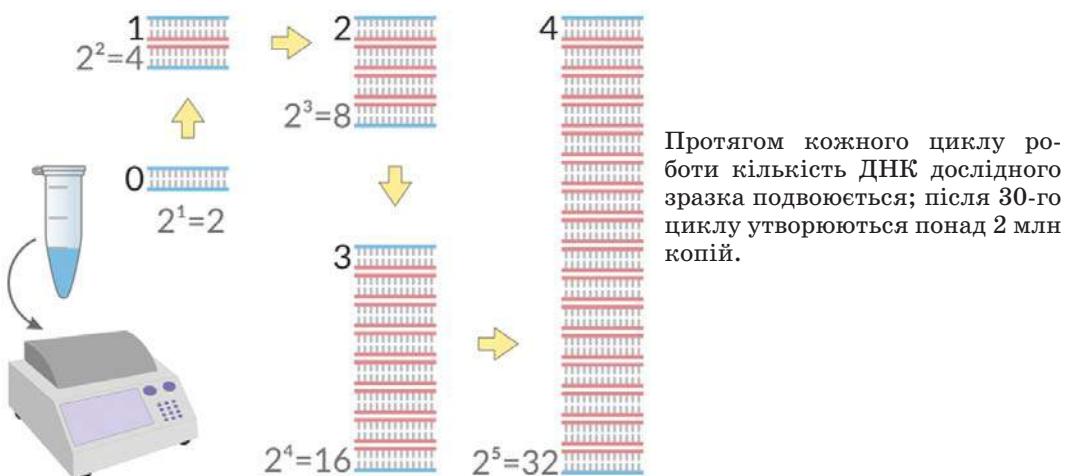


Знайдіть інформацію про mCherry та його попередника – зелений флуоресцентний білок (GFP), використовуючи інтернет-джерела.

їхнього розвитку, а також випробовувати перспективні способи лікування. Біотехнологічні методи дозволяють виробляти потрібні для медицини сполуки (антибіотики, вітаміни, антитіла).

**Біологія дала медицині широкий діагностичний арсенал.** Деякі методи аналізу є давніми, класичними, але від того не менш важливими. Біохімічний аналіз (наприклад крові) дає можливість визначити наявність певних хімічних речовин, що можуть бути індикаторами патології (наявність цукру в сечі – дисфункція нирок), свідченням відхилень у роботі регуляторних механізмів (підвищена концентрація глюкози в крові – цукровий діабет, знижена кількість гемоглобіну – анемія) тощо. Гістологічний аналіз дозволяє виявити порушення в будові тканин організму внаслідок уроджених вад або ж ідентифікувати ракові пухлини. Цитологічні методи вможливлюють виявлення спадкових захворювань, наприклад пов'язаних зі зміною числа хромосом (синдром Дауна). Мікробіологічні методи дозволяють виділити з організму й ідентифікувати збудників деяких інфекційних хвороб. Розвиток молекулярної біології збагатив медицину низкою сучасних методик. Так, полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) забезпечує копіювання молекул ДНК лабораторного зразка, щоб далі мати можливість аналізувати їх іншими методами. За допомогою ПЛР можна точно (ідентифікуючи специфічні гени) визначити наявність вірусів чи інших збудників під час прихованого періоду розвитку захворювання, тобто ще до розвитку симптомів (рис. 213). Секвенування молекул ДНК (визначення їхньої нуклеотидної послідовності) дає можливість виявити наявність певних мутацій. Імуноферментний аналіз дозволяє за допомогою реакції антиген–антитіло точно визначати наявність і кількість певних макромолекул, якими можуть бути, наприклад, білки збудників хвороб. Ці та інші методи істотно підвищують точність діагностики.

Рис. 213. Прилад для проведення полімеразної ланцюгової реакції



1. Назвіть відомі вам модельні організми, які використовують у біомедичних дослідженнях.
2. Наведіть приклади значення досягнень біологічної науки в розвитку медицини.
3. Які методи діагностування вам відомі?
4. Поясніть на прикладах використання біологічних методів у медицині.

## § 47. Генетична інженерія людини



Що таке трансплантація органів?  
Які різновиди трансплантації ви знаєте?

Попри істотні успіхи в біомедицині, ми досі не знаємо детальних механізмів розвитку багатьох хвороб і не маємо шляхів ефективного й повного їх лікування. Одним із сучасних напрямів розвитку є створення персоналізованої медицини, яка добирає схему лікування з урахуванням індивідуальних генетичних та інших особливостей конкретного пацієнта.

**Напрями застосування методів генетичної інженерії щодо людини.** У 2013 році було вперше вирощено зі стовбурових клітин цілі органи (нирку та печінку). Поки що це здійснено на лабораторних тваринах, але метою є отримання в такий спосіб доступних для пересаджування органів людини. Нещодавно опубліковано дослідження, автори якого генетично модифікували ембріони свиней. Головним методом редактування геному була ферментативна система CRISPR/Cas9 (рис. 214). Учені одночасно модифікували понад 60 генів, що містили послідовності ендогенних ретровірусів. Такі послідовності трапляються в геномі практично всіх ссавців і є наслідками давніх епізодів боротьби видів з вірусними інфекціями: організми-хазяїни «приборкали» їх, і такі залишки вірусів перестали бути небезпечними. Але варто пам'ятати, що ці залишки можуть становити небезпеку в разі трансплантації органів в організм іншого виду (ксенотрансплантація). Свині є потенційними джерелами донорських органів, а проведене дослідження сприяли посиленню безпеки такої пересадки. Зважаючи на значущість цієї роботи, їй було присвячено обкладинку престижного наукового журналу — «Science» (рис. 215).

Рис. 214. Схема технології редактування геному за допомогою ферментативної системи CRISPR/Cas9

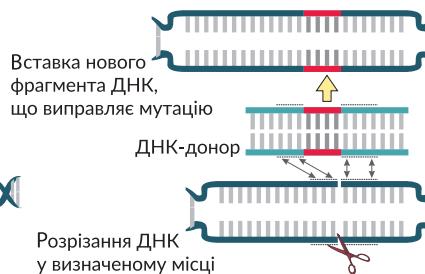
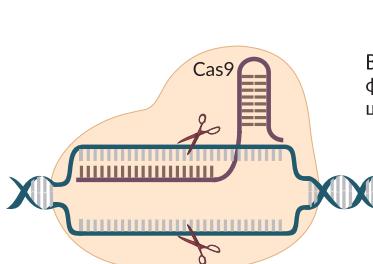


Рис. 215. Обкладинка журналу «Science» від 22 вересня 2017 року

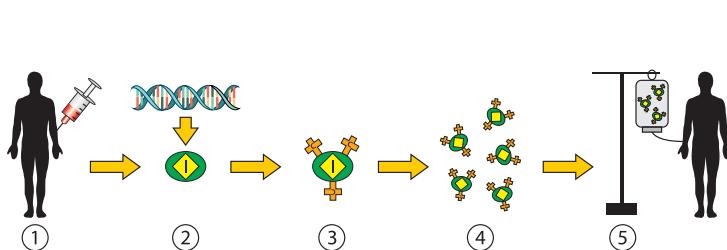


Сформулюйте власну думку стосовно необхідності трансплантації людині органів, вирощених в організмі тварин. Чи може бути достатньо лише людських донорських органів?

Науковці розробляють і випробовують методи генної терапії, що дозволятимуть лікувати спадкові хвороби, долати рак тощо. У цьому підручнику вже було проаналізовано один із сучасних методів імунотерапії раку (*пригадайте індивідуальне завдання на сторінці 95*). Звернімося до іншого перспективного методу, пов'язаного з генною модифікацією клітин людини (рис. 216). На першому етапі з організму хворої людини беруть зразок крові (1). Т-лімфоцити піддають генній модифікації (2), завдяки якій вони починають продукувати рецептори, здатні точно розпізнавати ракові клітини саме цієї людини (3). Для цієї модифікації використовують вірусні вектори. Лімфоцити інкубують у лабораторних умовах для отримання необхідної кількості (4). Цей процес триває 2–8 тижнів. Відтак генно модифіковані лімфоцити вводять до організму хворої людини (5), де вони розпізнають за допомогою рецепторів і знищують ракові клітини.

**Користь чи небезпека.** Сучасні молекулярно-біологічні технології дозволяють проводити практично будь-яку генну модифікацію будь-яких клітин. Головною проблемою є знайти, яку ділянку ДНК яким чином змінити. Наука накопичила чимало відомостей стосовно генних хвороб людини або алелів, що значною мірою зумовлюють уразливість організму до тих чи інших хвороб. Звісно, заміна дефектного алеля гена на нормальній має розв'язати проблему хвороби чи схильності до неї. У технічному сенсі біологія готова до тестування таких методик, але втручання в геном може мати непередбачувані наслідки, у тому числі й у довготривалій перспективі. Тому ці дослідження проводять дуже зважено, а в окремих випадках навіть забороняють. Визначити межу між потенційними користю й небезпекою наукового пошуку, зокрема в галузі генетичної інженерії людини покликана *біоетика*. Виконати це завдання виключно науковим способом неможливо, проте задля свого розвитку людство конче має це зробити.

Рис. 216. Технологія терапії раку за допомогою химерних антигенних рецепторів



Порівняйте цю методику з описаною раніше технологією імунотерапії раку гальмуванням негативної імунної регуляції. Що спільногого, а що відмінного вони мають?



Користуючись додатковими джерелами, ознайомтеся з експериментальним дослідженням можливостей генної модифікації людини. Які досліди вже проведено? Які заплановано? Які існують біоетичні обмеження? Організуйте дискусію, обговоривши аргументи «за» і «проти».



1. Окресліть напрями застосування щодо людини методів генетичної інженерії.
2. Схарактеризуйте можливості лікування хвороб, що їх надає генетична модифікація клітин людини.
3. Висловіть судження про можливість застосування методів генетичної інженерії щодо людини.

## § 48. Досягнення клітинної інженерії



Що таке клітинний цикл, диференціація клітин?

Чим різняться соматичні та генеративні клітини?

Одним із перспективних напрямів сучасної біотехнології є **клітинна (тканинна) інженерія**. Певно, найбільш відомим застосуванням цієї технології є успішне **клонування** тварин, уперше здійснене у 1996 році. Учені пересадили ядро соматичної клітини у яйцеклітину, яка успішно розвинулася в новий організм (рис. 217).

**Клітинні культури.** Виділення клітин з метою культивування в штучному середовищі було вперше здійснено понад 100 років тому, але поширенім цей лабораторний метод став у другій половині ХХ ст. Клітинні культури дають змогу проводити наукові дослідження молекулярно-біологічних процесів функціонування клітин, тестувати хімічні сполуки, які можуть бути потенційними ліками. Направлена генетична модифікація клітин дає змогу вивчати роль певних генів та їх регуляцію у функціонуванні клітини. Культивування ліній клітин, отриманих з ракових пухлин, дає вченим інструмент для вивчення особливостей онкогенної трансформації клітин і пошуку шляхів боротьби із захворюванням. Також клітинні культури є важливими при лабораторному культивуванні вірусів: це дозволяє досліджувати такі об'єкти без необхідності інфікування тварин або рослин, що є більш гуманним та безпечним.

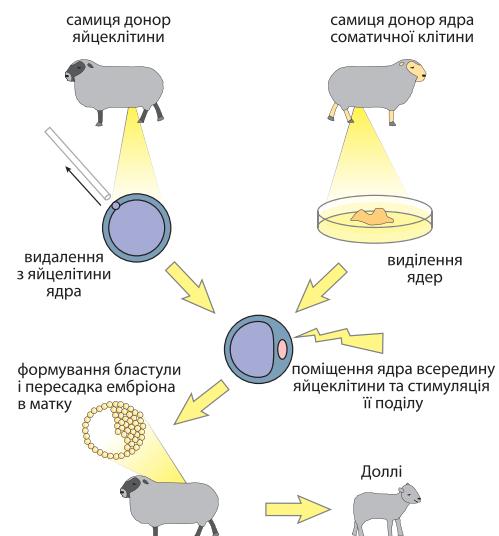
Наразі в лабораторіях використовуються десятки різноманітних клітинних культур, що походять як від здорових, так і від пухлинних тканин людини, мишій, щурів та деяких інших тварин. Культивуються також клітини і тканини

Рис. 217. Схема клонування за допомогою пересадки ядра клітини



Справа: вівця Доллі — експонат в Единбурзькому музеї.

Зліва: ключові етапи клонування Доллі.



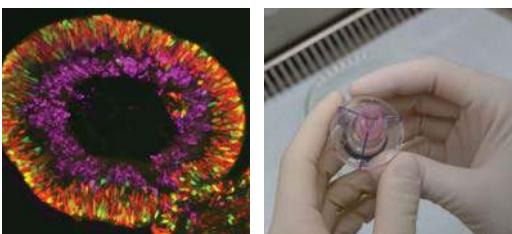
За допомогою додаткових джерел інформації підготуйте доповідь про життя Доллі. Яке практичне значення може мати така методика клонування?

рослин, а також прокаріотичні клітини. Клітинні культури є не лише об'єктом наукових досліджень, а й інструментом для біотехнологічного отримання цінних біологічно активних речовин – наприклад деяких гормонів, інтерферонів, тощо.

Цікавим напрямом клітинних культур є вирощування **органоїдів** – штучних структур, що містять головні типи клітин, притаманних певному органу, просторова організація яких повторює розміщення клітин всередині організму. Такі структури є більш складними за традиційні клітинні культури, проте є кращими моделями складників організму. Наразі існують органоїди сітківки ока, нирок, кишечника, головного мозку, печінки, легень тощо (рис. 218). Важливим напрямком практичного застосування тканинної інженерії є виготовлення складників організму для заміни ушкоджених (зокрема трансплантації органів). Ви пам'ятаєте, що процес розвитку організму та його частин пов'язаний із функціональною спеціалізацією клітин – диференціацією. У багатьох випадках зрілі клітини втрачають здатність до поділу, що робить неможливим їхнє культивування в штучному середовищі. Вирішенню цієї проблеми сприяло відкриття механізму **перепрограмування** дорослих клітин. За допомогою спеціалізованих регуляторних сполук (факторів росту) зріла клітина, наприклад фібробласт сполучної тканини, повертається до менш диференційованого стану – стає стовбуровою клітиною (рис. 219). Надалі за допомогою інших регуляторних сполук можна запустити її розвиток у бажаному напрямку – вирощувати нервові, епітеліальні або інші клітини. Для створення трансплантів лише самих клітин недостатньо, вони повинні сформувати правильні просторові структури. Основу для них створюють за допомогою сучасних методик 3D-друку.

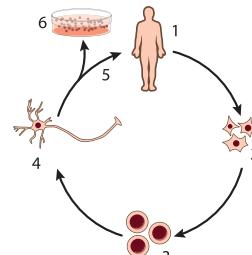
Такі методи мають великі перспективи для створення високоефективної персоналізованої медицини.

*Rис. 218. Напрями застосування клітинної інженерії*



Зліва органоїд сітківки ока, можна бачити, що клітини різних типів формують впорядковані шари; справа штучно вирощений серцевий клапан.

*Rис. 219. Принцип перепрограмування клітин*



Виділення клітин шкіри (1) та культивування фібробластів (2), перепрограмування клітин у стовбурові (3), індукція розвитку отриманих клітин у бажаному напрямку (4), клітинна терапія (5) або дослідження отриманих клітин (6).



1. Дайте означення поняття клітинної інженерії.
2. Назвіть напрями застосування клітинної інженерії.
3. Які завдання, на Вашу думку, може вирішити клонування у сільському господарстві та медицині?
4. Перепрограмування диференційованих клітин у стовбурові було відзначено Нобелівською премією 2012 року. Підготуйте доповідь про це відкриття.

## § 49. Поняття про біологічну небезпеку, біологічний тероризм і біологічний захист

 Що таке інфекційні захворювання?

Які існують шляхи передавання інфекційних захворювань?

Як вам уже відомо, на організми впливають поміж інших чинників і біотичні. Такий вплив зумовлений взаємодією між організмами й може бути небезпечним. Небезпека – поняття, що об’єднує процеси чи явища, здатні за певних умов погіршити або внеможливити функціонування та розвиток організму.

**Біологічна небезпека.** Знання біологічних небезпек необхідне для захисту організму.

 **Біологічна небезпека** – потенційна небезпека для здоров’я людини, тварин або рослин унаслідок прямого впливу «інфекційного агенту» або непрямого впливу через руйнацію навколошнього середовища.

Небезпеку для життя та здоров’я людини можуть становити як організми (бактерії, гриби, рослини, тварини), так і продукти їхньої життєдіяльності (соки, смоли, отрути, токсини, алкалоїди тощо) (рис. 220). Наслідком біологічних небезпек є хвороби, травми різного ступеня тяжкості, зокрема й летальні випадки. Окрім уваги заслуговують *віруси* – мікроскопічні, неклітинні форми, які є внутрішньоклітинними паразитами та збудниками багатьох тяжких захворювань (віспа, грип, енцефаліт, кір, гепатит, СНІД тощо). Небезпечними збудниками інфекційних захворювань є *бактерії*. Спричинені ними інфекції можуть бути особливо небезпечними.

Рис. 220. Характеристика дії отруйних речовин деяких видів на людину.

Назва організму	Група, до якої він належить	Вплив на організм людини
Блекота чорна	Рослини	Почервоніння обличчя та шиї, збуджений стан, судоми рук і ніг, галюцинації, слизотеча, а згодом сухість у роті
Поганка бліда	Гриби	Біль під грудьми, постійне блювання, згущення крові, судоми, летальні випадки
Тарантул	Тварини. Павукоподібні	Сильні бальзові відчуття, головний біль, слабкість, порушення свідомості, судоми, тахікардія, підвищення тиску, летальні випадки
Іксодові кліщі	Тварини. Павукоподібні	Укуси, почервоніння, свербіж, стан загального отруєння. Імовірність зараження енцефалітом
Бджола медоносна	Тварини. Комахи	Алергічні реакції, анафілактичний шок, запалення, бальзові відчуття, летальні випадки
Хвостокол звичайний	Тварини. Хрящові риби	Уколи, слабкість, можлива непримінність, діарея, судоми, порушення дихання, зниження тиску, летальні випадки
Гадюка звичайна	Тварини. Рептилії	Млявість, головний біль, нудота, блювання, запаморочення, зрідка – летальні випадки



Підготуйте повідомлення про отруйні види рослин і тварин, що трапляються у вашій місцевості, використовуючи інтернет-джерела.

Біологічна небезпека може виникнути під час роботи в лабораторіях з потенційно небезпечними речовинами та організмами. Можна умовно виокремити чинники небезпеки для дослідника, для середовища і для суспільства загалом. Уbezпечитися можна, використовуючи засоби індивідуального захисту (рукавички, окуляри, респіратори, захисні костюми – залежно від рівня небезпеки).

Виокремлюють кілька рівнів небезпеки.

1. *Потенційно небезпечні* віруси та бактерії (наприклад кишкова паличка), які не викликають хвороб у здорової людини. Базові вимоги захисту – рукавички, захист обличчя.

2. Агенти, що являють *помірну небезпеку* для людини та середовища, – віруси гепатиту A, B, C, ВІЛ, золотистий стафілокок тощо. Робота з ними вимагає спеціального навчання персоналу, обмеженого доступу в лабораторії, підвищених вимог до стерилізації забруднених предметів.

3. Інфекційні агенти, що викликають *смертельні захворювання*, що легко поширяються повітрям, – збудник туберкульозу, віруси жовтої гарячки, лихоманки Західного Нілу тощо. Співробітники, окрім спеціального навчання, проходять відповідну імунізацію (за можливості), використовують захисний костюм, переміщення людей та обладнання в та з лабораторії суворо контролюють для запобігання дії чинників.

4. *Особливо небезпечні агенти*, що викликають хвороби, проти яких відсутні ефективні вакцини або способи лікування, – віруси Ебола, натуральної віспи тощо. Щодо них уживають ще суворіші заходи безпеки (максимальне багатоступеневе знезараження всього, що потенційно може вийти за межі лабораторії, включаючи відпрацьоване повітря). Лабораторії цього ж рівня працюють зі зразками, отриманими з позаземного простору (рис. 221).

Базові рівні лабораторної безпеки також застосовують для роботи з ГМО, щоб запобігти неконтрольованому виходу зразків у природне середовище.

*Рис. 221. Лабораторії, у яких працюють з небезпечними інфекційними агентами*



Фахівці користуються захисними костюмами під час лікування інфікованих вірусом Ебола пацієнтів



Лабораторія, у якій працюють із збудником туберкульозу, Австралія

**Біологічний тероризм.** Як вам відомо з інформаційних джерел, на жаль, у світі існують терористичні організації. Вони можуть застосовувати біологічні засоби ведення війни (використання патогенних бактерій, вірусів, грибів, токсинів тощо) проти населення з метою знищення максимальної кількості людей, худоби та посівів. Використання таких засобів (біологічної зброї) називають **біологічним тероризмом**.

Фахівці вважають, що існує три основні способи застосування біологічної зброї. Перший спосіб – це зараження їжі або питної води, другий – інфікування переносників (комарі, блохи), які заражають населення і худобу. Третій – створення аерозольних хмар, які респіраторно заражають населення та здійснюють зараження місцевості.

**Біологічний захист.** Випадки застосування біологічних засобів і переносників хвороб можна встановити, виявивши аерозольну хмару, залишки спеціальних контейнерів, велику кількість комах, кліщів і гризунів, не відомих для цієї місцевості. У такому разі треба використати засоби біологічного захисту.

❗ **Біологічний захист** – це комплекс заходів, скерованих на своєчасне виявлення та локалізацію чинників біологічного зараження, захист населення й територій.

Згідно з Кодексом Цивільного Захисту України біологічний захист передбачає виявлення осередку зараження та прогнозування масштабів його розвитку. Важливим є своєчасне використання колективних та індивідуальних засобів захисту, а за необхідності – запровадження карантинного режиму, знезаражування осередку ураження людей, тварин тощо (рис. 222). Також необхідним є дотримування протиепідемічного режиму населенням й підприємствами, установами й організаціями незалежно від форм власності і господарювання.

Рис. 222. Біологічний захист



Приклад організації місця аварії з небезпечними речовинами та надання медичної допомоги постраждалому при загрозі біологічного зараження.

Символ біологічної небезпеки



Складіть алгоритм дій для школяра при загрозі біологічного зараження під час навчального процесу, використовуючи набуті раніше на уроках знання та інтернет-джерела.



1. Дайте означення понять *біологічна небезпека, біологічний тероризм, біологічний захист*.
2. Перелічіть види біологічних небезпек.
3. Наведіть 3–4 приклади організмів поміж різних груп, що здатні негативно впливати на здоров'я та життя людини.
4. Оцініть ступінь небезпеки створення та застосування біологічної зброї.

## Проект

1. На основі вивченої інформації та з допомогою додаткових джерел складіть інформаційне повідомлення на одну з запропонованих тем.

### Клонування організмів

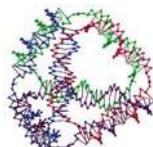


*Кадр з фільму “Зоряні війни ІІ: атака клонів”  
Lucasfilm, 20th Century Fox, 2002*

Що таке клонування і клони? Чи є клонування природним процесом? Якими методами здійснюється клонування в лабораторіях? Чим відома вівця Доллі? Які завдання може вирішити клонування в сільському господарстві та медицині?

Тема клонування людини та деяких вимерлих видів є популярною в науково-фантастичній літературі та фільмах. Оберіть якийсь художній твір на цю тему та проаналізуйте, що з описаного має стосунок до реальності, а що є вигадкою автора.

### Нанотехнології в біології



У 2005 році дослідники синтезували молекулярний тетраедр, утворений фрагментами ДНК. Його структура істотно відрізняється від знайомої вам ядерної ДНК.

Що таке нанотехнології? Які матеріали та об'єкти мають нанорозмірність? Чи є природні біологічні процеси, що їх можна віднести до цієї галузі? Чи можливе створення нанороботів, які вони можуть мати перспективи застосування? Що таке наносенсори? Як наночастинки можуть допомагати доставляти ліки всередині організму або боротися з раковими клітинами?

### Трансгенні організми: за і проти



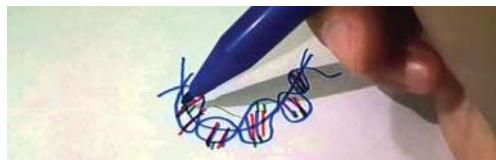
У 2006 році учени Тайванського університету створили трансгенних поросят з геном медузи, що зумовило їхню здатність світитися в темряві зеленим кольором.

Які організми називаються трансгенними? Схарактеризуйте молекулярно-біологічні методи отримання таких організмів. Назвіть приклади використання трансгенних організмів у наукових дослідженнях (наприклад гену зеленого флуоресцентного білка GFP або подібних). Як трансгенні організми використовуються в сільському господарстві та які при цьому існують обмеження? Чи є науково обґрунтовані докази небезпеки вживання трансгенних організмів у їжу?

Можливі форми представлення проекту:

- виготовлення постера, плаката або буклета
- підготовка мультимедійної або скрайб презентації
- створення короткого відеокліпу

2. Ознайомте з підготовленим проектом своїх однокласників і однокласниць, батьків або учнів молодших класів.



## § 50. Біологічна безпека та основні напрямки її реалізації



Дайте визначення поняття генетично модифікований організм.  
Які методи використовують для створення ГМО?

Сучасний стан взаємин людини й довкілля зумовлений частим нехтуванням законів розвитку природи. Натомість існування людства можливе лише за умови збереження безпечного середовища існування (рис. 223). У зв'язку з цим актуальним є розроблення концепції біологічної безпеки.

**Біологічна безпека.** Концепція біологічної безпеки була розроблена в рамках Картахенського протоколу з біологічної безпеки: «*Відповідно до принципу вжиття застережних заходів, відображеного в 15-му Принципі Ріо-де-Жанейрської декларації з довкілля і розвитку, мета цього Протоколу полягає в сприянні забезпеченням належного рівня захисту в галузі безпечної передачі, обробки і використання живих змінених організмів, отриманих у результаті використання сучасної біотехнології, які можуть мати несприятливий вплив на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини та з приділенням особливої уваги транскордонному переміщенню*». Реалії сьогодення вимагають від країн, зокрема України, розуміння поняття «біологічна безпека».

Означення цього поняття містить Закон України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів». Закон визначає **біологічну безпеку** як «*стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну*

Рис. 223. Біологічно безпечні середовища існування



Чисте повітря



Чисті ґрунти



Чисті водойми



Розкажіть про можливі шляхи досягнення біологічної безпеки середовища життедіяльності людини вашого місця проживання.

*структурою і функцією людської особи в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також відсутній незворотній негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварини».*

У результаті застосування сучасних біотехнологій у широкому спектрі людської діяльності (медицина, сільське господарство, харчова промисловість тощо) можуть виникати потенційні небезпеки для біологічних систем. Основою аналізу біологічної безпеки є напрацювання широкого кола наукових дисциплін (молекулярна біологія, генетика, селекція, агрономія, ентомологія, екологія тощо).

**Основні напрями реалізації біологічної безпеки в Україні.** З метою посилення спроможності держави ефективно впроваджувати пріоритетні заходи для забезпечення біологічної безпеки та біологічного захисту на період до 2020 року було розроблено та схвалено «Концепцію Державної цільової програми біобезпеки та біологічного захисту на 2015–2020 роки».

Реалізацію державної політики в галузі біологічної безпеки заплановано здійснити шляхом створення й ефективного функціонування національної системи біологічної безпеки та біологічного захисту, яка передбачатиме прогнозування, профілактику, ідентифікацію та протидію наявним загрозам біологічного походження, ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, спричинених впливом небезпечних біологічних чинників навколошнього природного середовища.

Для реалізації державної програми біобезпеки створено структури державної влади, які опікуються цими питаннями. В Україні це Державна служба з надзвичайних ситуацій (рис. 224). Підготовка висококваліфікованих фахівців у галузі управління екологічною безпекою та екологічне виховання різних верств населення – основна передумова оптимального вирішення проблем екологічної безпеки.

*Рис. 224. Державна служба з надзвичайних ситуацій України*



**ПОЛОЖЕННЯ про Державну службу України з надзвичайних ситуацій**  
 1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра внутрішніх справ і який реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, а також гідрометеорологічної діяльності.  
 2. Основними завданнями ДСНС є: реалізація державної політики у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, запобігання їх виникненню, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, а також гідрометеорологічної діяльності.



Складіть алгоритм дій для школяра при загрозі біологічного зараження під час навчального процесу, використовуючи набуті раніше на уроках знання та інтернет-джерела.



1. Дайте означення поняття *біологічна безпека*.
2. Перелічіть наукові дисципліни, що забезпечують вивчення питань біологічної безпеки.
3. Наведіть 3–4 приклади особистої стурбованості біологічною безпекою.
4. Схарактеризуйте основні напрями реалізації біологічної безпеки.
5. Обґрунтуйте необхідність створення національної системи біологічної безпеки.

## § 51. Роль біології в розвитку людства

Сталий розвиток людства є неможливим без розуміння нашого впливу на довкілля та його контролю задля створення безпечного середовища існування. Істотний внесок у це забезпечують біологічні знання.

Значення певного відкриття часто важко оцінити відразу. Так, винайдене 1896 року Антуаном Беккерелем явище радіоактивності було цікавим фізичним феноменом, і ніхто не міг передбачити розвитку атомної енергетики, створення ядерної зброї та того, що радіоактивне забруднення стане істотним чинником небезпеки довкілля багатьох мешканців Землі. Натомість відкритий 1928 року пеніцилін порівняно швидко став широко використовуватися як антибіотик. Значення наукових відкриттів зазвичай можна оцінити визнанням поміж колег і громадськості, найвищим рівнем чого є присудження Нобелівської премії. Проаналізувавши майже півтори сотні «біологічних» премій, можна виокремити кілька напрямів досягнень людства в цій царині.

**Вивчення хвороб, їх причин, винайдення способів профілактики та лікування.** Першою Нобелівською премією в галузі фізіології або медицини було відзначено винайдення серотерапії (§ 20). Інші премії вручалися за успіхи у вивченні та лікуванні дифтерії, малярії, вовчака, туберкульозу, висипного тифу, анемії, жовтої гарячки, поліоміеліту, онкологічних хвороб, гастриту та виразки шлунка тощо. Нобеліанти відкрили онкогенні віруси, ВІЛ та пріони. Трьома преміями відзначено відкриття речовин із протимікробною дією. Значну частку «медичних» премій становлять роботи з вивчення імунітету (§ 19) – від відкриття явища як такого (Мечников, Ерліх, 1908) до розуміння його молекулярних механізмів. Відкриття груп крові (1930) дозволило розробити методику її переливання. Іншою «нобелівською» медичною технікою стала трансплантація органів (1990). Окремо варто відзначити роботи, що дали медицині потужний діагностичний інструментарій – електрокардіографію (1924), комп’ютерну (1979) та магнітно-резонансну томографію (2003), полімеразну ланцюгову реакцію (1993) (§ 18).

**Розуміння будови та механізмів функціонування організму людини.** Біологічні знання є підґрунтам медицини. Низкою премій відзначено успіхи у вивчені фізіології травлення, кровообігу, роботи м'язів, гуморальної регуляції функцій, сенсорних систем. Істотна частина нобелівських премій присвячена дослідженню найзагадковішої системи нашого організму – нервової. Зокрема, було вивчено будову нейронів, функціонування синапсів, явище синаптичної пластичності як основи навчання (2000), відкрито клітини, за допомогою яких ми орієнтуємося в просторі (2014), розкрито механізми циркадної ритміки (2017) (§ 15). Окремо цікаво відмітити праці з вивчення механізмів поведінки у тварин (Фріш, Лоренц, Тінберген, 1973).

Завдяки вдосконаленню методів біохімії було вивчено будову та функції важливих ферментативних систем, які забезпечують, зокрема, енергетичний обмін (перетворення глікогену, гліколіз, цикл Кребса, робота дихального ланцюга) та інших біологічно активних сполук. Цикл премій присвячений механізмам сприйняття та передавання в клітину гуморальних сигналів – системі G-білка, вторинним посередникам, фосфорилюванню біомолекул як шляху регуляції їх активності. Нещодавно було вивчено важливі внутрішньоклітинні процеси – везикулярний транспорт (2013) та автофагію (2016). Також було відзначено розроблення важливого способу вивчення біохімічних реакцій –

методу міченіх атомів. У 2018 році було присуджено Нобелівську премію з фізики за розроблення й застосування в біології лазерних щипців – інструменту, який дозволяє вивчати окремі клітини та навіть поодинокі макромолекули.

Розкриття структури ДНК (1962) стало початком активного розвитку молекулярної біології. На початку ХХ ст. було показано роль хромосом у спадковості, значення генів у регуляції біохімічних реакцій, відкрито процеси транскрипції та реплікації. Далі було розкрито генетичний код, показано переривчасту (екзонно-інtronну) будову генів, розроблено методи генної модифікації організмів, відкрито теломери.

Низка премій присвячена дослідженню механізмів індивідуального розвитку організмів – відкрито явище ембріональної індукції, фактори росту, винайдено способи перепрограмування клітин (§48). Розроблення методів штучного запліднення (2010) дозволило вирішити проблему безпліддя деяких людей.

**Вирішення продовольчої проблеми.** Унаслідок стрімкого зростання кількості населення Землі забезпечення його їжею стало однією з глобальних проблем. Біологія забезпечує прогрес і в цьому напрямі. Вивчення структури хлорофілу та біохімічних механізмів фотосинтезу (1961) дало розуміння принципів синтезу продуктами первинної органічної речовини (§28), що є основою функціонування всіх екосистем і біосфери загалом (§ 31). Премію в галузі хімії 1945 року присуджено за дослідження й досягнення в галузі сільського господарства та хімії поживних речовин. У 1940-х – 1970-х роках відбулася «зелена революція», пов’язана із впровадженням у сільське господарство досягнень науки: створення нових сортів сільськогосподарських культур, розширення іригації, широкого застосування добрив, пестицидів, сучасної техніки тощо. Це дозволило збільшити світове виробництво їжі вдвічі, а в деяких країнах – у 4 рази. Її ідеологом є американський агроном, генетик і фахівець із патології рослин Норман Борлоуг, удостоєний Нобелівської премії миру 1970 року. Сучасні успіхи в галузі біотехнологій, генетичної та клітинної інженерії продовжують роботи в цьому напрямі (§ 41, 44, 45, 48).

**Біологія – наука, що дає знання, без яких не можна означити шляхи розв’язання глобальних проблем людства.** Екологія дає розуміння взаємозв’язку всіх екосистем планети та значення їхньої стійкості для існування біосфери (§ 31, 33). Важливим завданням є збереження біорізноманіття планети (§ 34, 41). Біотехнологія дає людству відновлювані джерела енергії, що дозволяють обмежити спалювання викопного палива та знизити рівень забруднення атмосфери (§ 36). Підвищення ефективності сільського господарства дає можливість збільшувати вироблення їжі без розширення площ угідь, зберігаючи природні ландшафти (§ 30).

Ми повинні усвідомлювати вплив своєї поведінки на природу та розуміти її закони. Пригадаймо слова видатного натуралисті Жана Батиста Ламарка: «Я осмілююся стверджувати, що з усіх знань найкориснішими для нас є знання природи, її законів».

Маємо надію, що здобуті знання стануть вам у пригоді!

## Індивідуальне завдання

### Перепрограмування клітин

Ознайомтеся з інформацією:

«Нобелівську премію з фізіології або медицини 2012 року отримали британець Джон Гердон і японець Сін'я Яманака. Почесна нагорода була присуджена дослідникам за відкриття в перепрограмуванні стовбурових клітин.

У 1962 р Джон Б. Гердон замінив ядро яйцеклітини жаби ядром з диференційованої клітини кишечника. Модифікована яйцеклітина, яка має потенціал до поділу, розвинулася в нормальногопуголовка.

Тривалий час наука не мала відповіді на запитання: чи можна повернути диференційовану клітину в плюрипотентний стан? На це запитання зміг відповісти Сін'я Яманака. Він провів дослідження на культурі *in vitro* стовбурових клітин мишей, ізольованих Мартіном Евансом (Нобелівська премія 2007 р.) У цих клітинах японський вчений визначив гени, які уможливлювали перебування клітини в плюрипотентному стані. Відтак він спробував використовувати їх для повернення зрілої клітини в плюрипотентний стан. Для цього різні комбінації цих генів уводили в фіробласти (зрілі диференційовані клітини) сполучної тканини. У результаті була знайдена комбінація чотирьох генів, здатних перетворювати фіробласти на стовбурові клітини. Це відкриття уможливило появу методу створення індукованих стовбурових клітин (*iPS* клітин), який розширює можливості дослідження хвороб і розроблення нових способів їх діагностики та лікування.»



**Завдання 1.** Який метод досліджень застосовували обидва вчені?

- А порівняльно-описовий
- Б експериментальний
- В моделювання
- Г моніторингу

**Завдання 2.** Яке з наведених тверджень можна сформулювати на основі аналізу інформації з тексту?

- А Джон Б. Гердон використовував методи генетичної інженерії.
- Б Диференційовану клітину не можна повернути в плюрипотентний стан.
- В В геномі диференційованої клітини зберігається вся інформація, необхідна для розвитку цілого організму.
- Г Сін'я Яманака визначив гени, які уможливлювали перебування клітини в плюрипотентному стані, у лабораторії на живих миших.

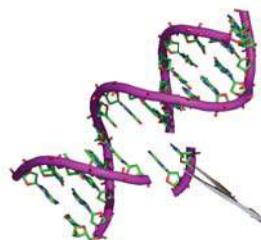
**Завдання 3.** У боротьбі з хворобами Паркінсона й Альцгеймера застосовують методи втручання в ембріональні стовбурові клітини, що є вкрай спірним питанням з погляду медичної етики. Поміркуйте, як відкриття Джона Гердона і Сін'я Яманаки можуть обійти етичні проблеми.

## Індивідуальне завдання

### ГМО

Ознайомтеся з інформацією.

«Генетично модифікованими організмами називають такі, що мають генотипи, штучно змінені за допомогою методів генетичної інженерії. Генетична модифікація, тобто зміни, супроводжує і природні процеси – наприклад еволюцію. Проте, на відміну від природної, штучна генетична модифікація організмів є цілеспрямованою. Завдячу-ючи успіхам біологічної науки, дослідники та біотехнологи мають чимало інформації щодо структури генів та їхньої ролі у функціонування різних організмів. Історія ГМО налічує багато десятиліть. Так, вперше було створено модифіковану бактерію у 1973 році, тварину – у 1974, рослину – у 1983. Найбільш просто змінювати геном прокаріотичних клітин. Саме тому ГМО бактерії є поширеним об'єктом біотехнологій. За допомогою таких організмів продукується істотна частина необхідного для терапії діабету інсуліну, факторів згортання крові для лікування гемофілії, гормону росту, інтерферонів та інших важливих для медицини сполук. Існує чимало комерційних ГМО, що є об'єктами рослинництва або тваринництва. Усі вони проходять чимало етапів контролю біобезпеки на шляху до вільного використання. У суспільстві трапляються уявлення про небезпеку вживання в їжу ГМО, проте вони не мають наукового обґрунтування. Супротивники використання ГМО часто посилаються на статтю 2012 року Жиль-Ерика Сера-ліні (Gilles-Éric Séralini), у якій було показано негативний вплив на здоров'я щурів від уживання в їжу ГМ кукурудзи. Ця публікація не витримала наукової критики і була відклікана редакцією журналу "Food and Chemical Toxicology".»



**Завдання 1.** Яке з поданих тверджень можна сформулювати на основі аналізу наведеної інформації?

- А Небезпека ГМО полягає в тому, що гени, які містяться в їжі, можуть вбудуватися в геном людини, яка з'їла продукти, що містять ГМО.
- Б Частка продукованого за допомогою генетично модифікованих бактерій інсуліну є незначною, і людство може легко відмовитися від цього способу вироблення гормону.
- В Природний процес еволюції ніколи не супроводжується зміною геному організмів.
- Г Першим генетично модифікованим організмом був прокаріотичний.

**Завдання 2.** Дві групи учнів обговорювали перспективи використання генетично модифікованих організмів. Перша група зауважила, що такі организми можуть використовуватися в якості джерела харчових продуктів. Друга група зазначила, що генетична модифікація людини за сучасних технічних досягнень людства є неможливою. Чи має хтось рацію?

- А лише перша група
- Б лише друга група
- В обидві мають рацію
- Г обидві помилляються

**Завдання 3.** Використовуючи додаткові джерела, ознайомтеся з історією публікації, про яку йде мова. Пригадайте принципи критичного мислення. Сформулюйте та обґрунтуйте власне ставлення до шкоди ГМО.

## Самоконтроль рівня навчальних досягнень.

### ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МЕДИЦИНІ, СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

**Тестові завдання з однією правильною відповідлю (0,5 бала)**

1. Укажіть науку, яка забезпечує використання біологічних об'єктів і процесів їхньої життєдіяльності в промисловому виробництві, сільському господарстві, енергетиці та медицині.

А біоніка

Б біосистематика

В біоінформатика

Г біотехнологія

2. Одним з методів селекції є

А електронна мікроскопія

Б світлова мікроскопія

В природний добір

Г гібридизація

3. Який продукт виробляють, використовуючи молочнокислі бактерії?

A	Б	В	Г
			

4. Рекомбінантні РНК або ДНК отримують за допомогою методів

А клітинної інженерії

Б генетичної інженерії

В вивчення спадковості

Г цитологічних досліджень

5. Відкриття й застосування яких речовин дало змогу зменшити смертність, спричинену інфікуванням хвороботворними бактеріями?

А ферментів

Б гормонів

В вітамінів

Г антибіотиків

6. Які організми використовують для промислового одержання гормонів, інтерферону?

А віруси

Б бактерії

В водорості

Г одноклітинні тварини

**Тестові завдання з однією правильною відповідлю (1 бал)**

7. Є спадкові захворювання, які виявляють за допомогою цитологічних методів. Яке захворювання можна виявити за допомогою світлової мікроскопії?

А синдром Дауна

Б гемофілію

В дальтонізм

Г грип

8. Прочитайте опис: «Трансгенні організми отримують методом (1). Одним з векторів, за допомогою якого спадкову інформацію переносять в іншу клітину, є (2).» Замість цифр необхідно вписати слова. Виберіть правильний варіант.

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| А 1 – гібридизації,         | 2 – віруси                |
| Б 1 – генетичної інженерії, | 2 – плазміди              |
| В 1 – штучного добору,      | 2 – плазміди              |
| Г 1 – гібридизації,         | 2 – одноклітинні паразити |

9. Учень та учениця на уроці біології обговорювали біотехнологію. Учень зазначив, що основою сучасного біотехнологічного виробництва є синтез різноманітних речовин за допомогою мікроорганізмів. Учениця зауважила, що для синтезу інсуліну використовують бактерії. Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помилляються

**Тестове завдання з коротким описом (1,5 бала)**

10. Ознайомтеся з картою різноманітності та походження культурних рослин, на якій цифрами позначено центри. Оберіть правильні твердження.

*Iз центру, який позначено цифрою VII, походять*

- 1 капуста й олива
  - 2 кава й тверда пшениця
  - 3 картопля й томати
- Кукурудза походить з*
- 1 Абісинського центру
  - 2 Південноазійського центру
  - 3 Південноамериканського центру



*Цукровий буряк, капуста й олива винкли в центрі, який позначено цифрою*

- 1 III
- 2 IV
- 3 VI

11. Укажіть значення біологічної науки для людини.

*Зниження рівня смертності, спричиненої інфікуванням бактеріями, відбулося внаслідок відкриття*

- 1 гормонів
- 2 ферментів
- 3 антибіотиків

*Розвиток генетики вможливив пояснення причин*

- 1 забруднення середовища
- 2 інфекційних захворювань
- 3 спадкових захворювань

*Виявлення мутацій стало можливим завдяки*

- 1 секвенуванню молекул ДНК
- 2 розвитку світлової мікроскопії
- 3 відкриттю бактерій та вірусів

**Виконайте обране завдання в письмовій формі (3 бали)**

1. Оцініть можливі позитивні й негативні наслідки застосування сучасної біотехнології.
2. Оцініть можливі позитивні й негативні наслідки використання генетично модифікованих організмів.

# Предметний покажчик

- Абіотична частина екосистеми 113  
 Абіотичні чинники 105  
 Агрокультурний ландшафт 164  
 Агроценоз 125  
 Адаптація 8  
 Адаптивна радіація 24  
 Адаптивний потенціал виду 22  
 Адаптогенез 10  
 Аеропоніка 127  
 Акліматизація 166  
 Алергія 80  
 Аменсалізм 34  
 Антропічні чинники 106  
 Антропогенне забруднення 149  
 Аутбридинг (неспоріднене схрещування) 183  
 Аутекологія 102  
 Бентос 47  
 Біогенна речовина 136  
 Біохемічний цикл (колообіг речовин) 131  
 Біокосна речовина 136  
 Біологічне забруднення 151  
 Біологічні ритми 55  
 Біолюмінесценція 47  
 Біом 115  
 Біомаса 114  
 Біорізноманіття 165  
 Біосфера 129  
 Біосферна екологія 102  
 Біотехнологія 187  
 Біотична частина екосистеми 113  
 Біотичні чинники 106  
 Вакцинація 80  
 Видове різноманіття 114  
 Вікова структура популяції 110  
 Віолент 21  
 Внутрішні біологічні ритми 56  
 Внутрішньовидові чинники 106  
 Водне середовище 46  
 Водні тварини 26  
 Водні трави 26  
 Водяні рослини 45  
 Вологолюбні рослини 45  
 Вологолюбні тварини 45  
 Вторинна сукцесія 123  
 Гемікриптофіти 25  
 Генетична інженерія 188  
 Генетично модифіковані організми (ГМО) 189  
 Географічна популяція 112  
 Геоекологія 102  
 Гетерозис (гібридна сила) 183  
 Гібридизація 182  
 Гідробіонти 46  
 Гідропоніка 127  
 Гідрофізичні чинники 105  
 Гомеостаз 8  
 Гомеостаз популяції 111  
 Гомойотермні тварини 41, 43  
 Границя допустима концентрація (ГДК) 152  
 Грунт 47  
 Грунтові чинники 105  
 Гуморальний імунітет 77  
 Демекологія 102  
 Денні тварини 44  
 Деревні рослини 26  
 Деревні тварини 26  
 Дистрес 88  
 Добові ритми 55  
 Еврибіонтні види 22  
 Екологічна диверсифікація 30  
 Екологічна ниша 27  
 Екологічна популяція 112  
 Екологічна проблема 145  
 Екологічний оптимум (зона оптимуму екологічного чинника) 106  
 Екологічні чинники 105  
 Екологія 101  
 Екосистема 113  
 Екосистемний рівень 7  
 Експлерент 21  
 Ектопаразити 51  
 Елементарна популяція 112  
 Ендопаразити 51  
 Етологічна структура популяції 110

- Етологічні (поведінкові) адаптації 40  
 Еустрес 88
- Жива речовина 136  
 Життєва форма 25
- Забруднення атмосфери 153  
 Забруднення водойм 157  
 Забруднення довкілля 149  
 Забруднювачі 149  
 Загальна екологія (біоекологія) 102  
 Загартовування 22  
 Закон екологічної толерантності 108  
 Закон мінімуму (закон Лібіха) 107  
 Захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ) 73  
 Здоров'я 67  
 Здоровий спосіб життя 89  
 Зовнішні біологічні ритми 55
- Імунітет 77  
 Імунотерапія 81  
 Інбридинг (споріднене схрещування) 183  
 Індекс забруднення 152
- Кислотні дощі 155  
 Клімакс 123  
 Клітинна (тканинна) інженерія 188  
 Клітинний імунітет 77  
 Коадаптація 36  
 Коменсалізм 32  
 Конкуренти (К-стратеги) 19  
 Конкуренція 29, 34  
 Консументи 113  
 Криптофіти 25
- Лімітувальний чинник 107
- Механічне забруднення 150  
 Мікози 52  
 Мімікрія 37  
 Моніторинг 103  
 Морфологічна терморегуляція рослинного організму 39  
 Мутуалізм 31
- Наземні тварини 26  
 Наземні трави 26
- Наземно-повітряне середовище 43  
 Напівдеревні рослини 26  
 Народжуваність 110  
 Нежива речовина 136  
 Нейстон 47  
 Нектон 46  
 Неспецифічний гуморальний імунітет 77  
 Неспецифічний імунітет 78  
 Ноосфера 138  
 Норма адаптивної реакції 10
- Облігатний зв'язок 31  
 Облігатні паразити 52  
 Організмовий рівень 7  
 Орографічні чинники 105
- Паразитизм 34, 49  
 Парниковий ефект 154  
 Патієнт 21  
 Первина сукцесія 122  
 Перекривання екологічної ніші 29  
 Перифітон 46  
 Періодичні паразити 52  
 Планктон 46  
 Повітряно-крапельний шлях 72  
 Пойкілотермні тварини 41  
 Полікарпічні трави 26  
 Популяційні хвилі 111  
 Популяційно-видовий рівень 7  
 Популяція 109  
 Порода 181  
 Постадаптація 11  
 Постійні паразити 52  
 Посухостійкі рослини 45  
 Посухостійкі тварини 45  
 Правило Алена 42  
 Правило Бергмана 42  
 Правило екологічної піраміди 119  
 Правило обов'язкового заповнення екологічної ніші 28  
 Преадаптація 11  
 Прикладна екологія 103  
 Принцип конкурентного витіснення 30  
 Припливно-відпливні ритми 56  
 Приріст популяції 110  
 Природне забруднення 149  
 Природний добір 10

- Продуценти 113  
 Просторова структура популяції 110  
 Протокооперація 32  
 Психічне здоров'я 67
- Раціональне харчування 89  
 Реалізована екологічна ніша 28
- Редуценти 113  
 Річні та багаторічні ритми 56  
 Рудерали (r-стратеги) 19
- Світлолюбні рослини 44  
 Сезонні ритми 56  
 Селекція 181  
 Середовище існування 43  
 Серотерапія 81  
 Симбіоз 31  
 Симпатричні види 30  
 Синекологія 102  
 Смертність 110  
 Смог 156  
 Сорт 181  
 Соціальне здоров'я 67  
 Спадкова мінливість 10  
 Специфічний гуморальний імунітет 78  
 Специфічний імунітет 77  
 Специфічний клітинний імунітет 79  
 Спряжена еволюція (коеволюція) 35, 36  
 Стадія виснаження 88  
 Стадія опору 87  
 Стадія тривоги 87  
 Сталий розвиток 171  
 Статева структура популяції 110  
 Стенобіонтні види 22  
 Стійке забруднення 150  
 Стратегії адаптації організмів 19  
 Стрес 87  
 Стресори 87  
 Сукцесія 121  
 Сухолюбні тварини 45
- Тепплолюбні види 46  
 Терофіти 25  
 Тіньовитривалі рослини 44  
 Тіньолюбні рослини 44  
 Тканинна реакція 54  
 Токсична концентрація 152  
 Топічні зв'язки 119
- Трансмісивні хвороби 72  
 Трофічна сітка 118  
 Трофічний ланцюг 118  
 Трофічний рівень 117  
 Трофічні зв'язки 117
- Урбанізація 146
- Фабричні зв'язки 120  
 Факультативні паразити 52  
 Фанерофіти 25  
 Фекально-оральний шлях 72  
 Фенотипічна адаптація 10  
 Фізична терморегуляція рослинного організму 39  
 Фізична терморегуляція тваринного організму 40  
 Фізичне забруднення 150  
 Фізичне здоров'я 67  
 Фізіологічна терморегуляція рослинного організму 40  
 Форичні зв'язки 120  
 Фотоперіодизм 56  
 Фундаментальна екологічна ніша 28
- Хамефіти 25  
 Хвороба 67  
 Хижактво 33  
 Хімічна терморегуляція тваринного організму 40  
 Хімічне забруднення 151  
 Холодостійкі види 45
- Чинники непрямого впливу 106  
 Чинники прямого впливу 106  
 Чисельність популяції 109
- Штам 181  
 Штучний добір 182
- Щільність популяції 109
- Якість довкілля 152

## Посилання на фото, використані в підручнику:

<https://commons.wikimedia.org/>

### Рис. 108

Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood

N. Gogtay, J. N. Giedd, L. Lusk et al.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 2004, 101 (21)

8174-8179; DOI: 10.1073/pnas.0402680101

### Індивідуальне завдання, стор. 95

Tumor cells versus host immune cells: whose PD-L1 contributes to PD-1/PD-L1 blockade mediated cancer immunotherapy?

F. Tang, P. Zheng

Cell & Bioscience 2018 8:34 DOI: 10.1186/s13578-018-0232-4

### Рис. 212

Lentiviral vectors as tools to understand central nervous system biology in mammalian model organisms

L. C. Parr-Brownlie, C. Bosch-Bouju, L. Schoderboeck et al

Front. Mol. Neurosci., 2015 DOI: 10.3389/fnmol.2015.00014

### Рис. 215

<http://science.org/>

### Рис. 218

David Gamm, M.D., Ph.D., University of Wisconsin-Madison via <http://nih.gov/>

### Подяки

Сергій Сімутнік – рис. 24

Дмитро Луценко – рис. 165

Проект CoralWatch (Університет Квінсленду, Австралія) – рис. 122

Аліна Замошнікова – рис. 221

## ПЕРЕЛІК ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ, ВИКОРИСТАНИХ У ПІДРУЧНИКУ

1. Біологія : довід. для учнів 10, 11 кл. та вступників до ВНЗ / В. О. Мотузний. – К. : НАУ, 2004. – 156 с.
2. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / кол. авторів; за загальною ред. О. Є. Пахомова; худож. оформлення Г. В. Кісель. – Харків: Фоліо, 2014. — 666 с.
3. Основи екології: Підручник для студентів вищих навчальних закладів/ Георгій Білявський, Ростислав Фурдуй, Ігор Костіков. – К.: Либідь, 2004. – 406 с.
4. Основи екології: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів/ Нелі Заверуха, Валентин Серебряков, Юрій Скиба,. – К.: Каравела, 2006. - 365 с.
5. Основи екології: Підручник для студентів техніко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів/ Анатолій Запольський, Анатолій Салюк,; Ред. К. М. Ситник. - К.: Вища школа, 2003. – 357 с.
6. Вернадский В. И. Живое вещество биосфера. – М. : Наука, 1994. – 672 с.
7. Грин Н., Старт У., Тейлор Д. Биология : в 3 т. – М. : Мир, 1990.
8. Дарвін Ч. Походження видів. – Х. : Державне видавництво сільськогосподарської літератури УРСР, 1949. – 443 с.
9. Крисаченко В. С, Мостяєв О. І. Україна: природа і люди. – К. : НІСД, 2002. – 623 с.
10. Царик Т. Є., Файфура В. В. Основи екології. – Тернопіль, 2003. – 208 с.
11. Червона книга України : Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха – К. : Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
12. Червона книга України : Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. – К. : Глобалконсалтинг, 2009. — 600 с.
13. Чернінський А. О. Біологія людини. Олімпіадний мінімум – Х. : Вид. група «Основа», 2013.
14. Докінз Р. Егоїстичний ген – Х. : Клуб Сімейного Дозвілля, 2017. – 540 с.
15. Мукерджі С. Ген. Надзвичайна історія – Х. : Клуб Сімейного Дозвілля, 2017. – 768 с.
16. Койн Дж. Чому еволюція правдива – К. : Наш формат, 2015. – 296 с.
17. K. Schmidt-Nielsen Scaling: Why Is Animal Size So Important? Cambridge & New York: Cambridge University Press, 1984 (Шмідт-Нілсен К. Розміри тварин: Чому вони так важливі)
18. K. Schmidt-Nielsen Animal Physiology: Adaptation and Environment Cambridge & New York: Cambridge University Press, 1997 (Шмідт-Нілсен К. Фізіологія тварин: Пристосування та середовища)
19. Campbell Biology. 11th Edition / Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky, Jane B. Reece - Pearson, 2017 - ISBN 978-0134093413
20. <http://biology.org.ua> (Новини в біологічній галузі, бібліотека для підготовки, архів завдань біологічних олімпіад та турнірів.)
21. <http://my.science.ua> (Проект, що популяризує науку в Україні)
22. <http://nobelprize.org> (Офіційний сайт Нобелівського комітету)
23. <http://batrachos.com> (Добірка матеріалів із зоології та екології)
24. <http://wikipedia.org> (Нескінченне джерело інформації про все)
25. <http://lecbank.jimdo.com> (Науково-популярні лекції та навчальні відео)
26. <https://www.who.int> (офіційний сайт Всесвітньої організації охорони здоров'я)

## Зміст

<i>Шановні однадцятикласники та одинадцятикласниці!</i> .....	3
<b>Тема 5. АДАПТАЦІЇ</b> .....	<b>5</b>
<i>З історії відкриттів</i> .....	6
§ 1. Адаптація як загальна властивість біологічних систем .....	7
§ 2. Загальні закономірності формування адаптацій .....	9
§ 3. Адаптації на молекулярному рівні організації живого .....	13
§ 4. Адаптації на клітинному рівні організації живого .....	17
§ 5. Стратегії адаптацій організмів. Поняття про екологічно пластичні та екологічно непластичні види .....	19
§ 6. Адаптивна радіація .....	23
§ 7. Життєві форми рослинних і тваринних організмів як адаптації до середовища мешкання .....	25
§ 8. Екологічна ніша як наслідок адаптацій до існування в екосистемі .....	27
§ 9. Симбіоз та його форми .....	31
§ 10. Спряжене еволюція (коеволюція) та коадаптація .....	35
§ 11. Способи терморегуляції організмів .....	39
§ 12. Основні середовища існування та адаптації до них організмів .....	43
§ 13. Організм як середовище існування. Взаємовигідне співіснування організмів .....	49
§ 14. Поширення паразитизму поміж різних груп організмів .....	51
§ 15. Адаптивні біологічні ритми біологічних систем .....	55
<b>Практична робота. Визначення ознак адаптованості різних організмів до середовища існування</b> .....	<b>59</b>
<b>Індивідуальні завдання. «Дослідження Гаузе», «Кораблі пустелі», «Мурахи й комахоїдна рослина» .....</b>	<b>60, 61, 62</b>
<b>Самоконтроль рівня навчальних досягнень. «Адаптації»</b> .....	<b>63</b>
<b>Тема 6. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ</b> .....	<b>65</b>
<i>З історії відкриттів</i> .....	66
§ 16. Поняття про здоров'я .....	67
§ 17. Поняття хвороби .....	71
§ 18. Сучасний прогрес у боротьбі з хворобами .....	75
§ 19. Імунітет і його типи .....	77
§ 20. Імунотерапія та її значення .....	81
§ 21. Негативний вплив тютюнопаління, алкоголю та наркотиків .....	83
§ 22. Стрес та його біологічне значення .....	87
§ 23. Здоровий спосіб життя .....	89
<b>Практична робота. Розробка рекомендацій щодо профілактики захворювань</b> .....	<b>94</b>
<b>Навчальний проект. Особиста програма зміцнення здоров'я</b> .....	<b>94</b>
<b>Індивідуальні завдання. «Сучасна терапія онкологічних захворювань», «Маларія» .....</b>	<b>95, 96</b>
<b>Самоконтроль рівня навчальних досягнень. «Біологічні основи здорового способу життя» .....</b>	<b>97</b>
<b>Тема 7. ЕКОЛОГІЯ</b> .....	<b>99</b>
<i>З історії відкриттів</i> .....	100
§ 24. Екологія як наука .....	101
§ 25. Екологічні чинники .....	105
§ 26. Поняття популяції .....	109
§ 27. Поняття екосистеми .....	113
§ 28. Типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах .....	117

§ 29. Екологічні сукцесії як процеси саморозвитку екосистем .....	121
§ 30. Агроценози, їхня структура та особливості функціонування .....	125
<b>Проект. Дослідження особливостей структури місцевих екосистем (природних чи штучних) .....</b>	128
§ 31. Біосфера як глобальна екосистема .....	129
§ 32. Біогеохімічні цикли як необхідна умова існування біосфери .....	131
§ 33. Вчення Володимира Вернадського про біосферу та ноосферу .....	135
<b>Індивідуальні завдання. «Корабельний черв'як», «Біоми України» .....</b>	139, 140
<b>Самоконтроль рівня навчальних досягнень.</b>	
«Екологія» .....	141
 <b>Тема 8. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ .....</b>	143
<i>З історії відкриттів .....</i>	144
§ 34. Сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні .....	145
§ 35. Забруднення довкілля, його види та критерії .....	149
§ 36. Антропічний вплив на атмосферу. Наслідки забруднення атмосферного повітря та його охорона .....	153
§ 37. Антропічний вплив на гідросферу. Охорона водойм .....	157
§ 38. Антропічний вплив та охорона ґрунтів .....	161
§ 39. Антропічний вплив на біорізноманіття .....	165
§ 40. Екологічна політика в Україні .....	167
§ 41. Стратегія сталого розвитку природи і суспільства .....	171
<b>Практична робота. Оцінка екологічного стану свого регіону .....</b>	175
<b>Індивідуальне завдання. «Перспективи вироблення біогазу», .....</b>	176
<b>Самоконтроль рівня навчальних досягнень. «Сталий розвиток та раціональне природокористування» .....</b>	177
 <b>Тема 9. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МЕДИЦИНІ, СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ .....</b>	179
<i>З історії відкриттів .....</i>	180
§ 42. Завдання та методи сучасної селекції рослин, тварин і мікроорганізмів .....	181
§ 43. Значення праць М. І. Вавилова для розвитку селекції .....	185
§ 44. Сучасна біотехнологія та її основні напрями .....	187
§ 45. Генетична інженерія в сучасній селекції .....	189
§ 46. Роль біологічних досліджень у розвитку медицини .....	191
§ 47. Генетична інженерія людини .....	193
§ 48. Досягнення клітинної інженерії .....	195
§ 49. Поняття про біологічну небезпеку, біологічний тероризм і біологічний захист .....	197
<b>Проект.</b>	200
§ 50. Біологічна безпека та основні напрямки її реалізації .....	201
§ 51. Роль біології в розвитку людства .....	203
<b>Індивідуальні завдання. «Перепрограмування клітин», «ГМО» .....</b>	205, 206
<b>Самоконтроль рівня навчальних досягнень.</b>	
«Застосування результатів біологічних досліджень у медицині, селекції та біотехнології» .....	207
 <b>Предметний покажчик .....</b>	209
<b>Посилання на фото, використані в підручнику .....</b>	212
<b>Перелік додаткових джерел наукової інформації, використаних у підручнику.....</b>	213

Навчальне видання  
АНДЕРСОН Оксана Анатоліївна  
ВИХРЕНКО Марина Анатоліївна  
ЧЕРНІНСЬКИЙ Андрій Олександрович  
МІЮС Сергій Миколайович

## БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ *Rівень стандарту*

Підручник для 11 класу  
закладів загальної середньої освіти

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

**ВИДАНО ЗА ДЕРЖАВНІ КОШТИ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО**

Відповідальний за випуск *Юрій Корбуш*  
Підготовка оригінал-макету *Олена Корбуш*  
Літературний редактор *Нестор Кривопуст*  
Рисунки підготували *Ксенія Гулак, Арсеній Андерсон,*  
*Марія Корбуш, Олексій Михайліченко*  
Художник обкладинки *Ірина Медведовська*  
Комп'ютерна верстка *Anastasiia Tkach*

Колаж на с. 4 *Марія Корбуш*

Підписано до друку 00.00.2019.  
Формат 70×100/16. Папір офсет.  
Гарнітура Шкільна. Друк офсет. Умов. друк. арк. 17,55.  
Тираж 49015 пр. Зам №

Виготовлено згідно із СОУ 22.2-02477019-07:2007

Учбово-видавничий центр «Школяр»  
02094, Київ, вул. Сергіїнка, 18  
Свідоцтво ДК № 360 від 14.03.2001 р.

Тел.: (044) 599-64-48, 066-061-01-76, 067-209-60-80  
[www.shkolyar.com.ua](http://www.shkolyar.com.ua)  
E-mail: shkolyar\_info@ukr.net

Віддруковано на ПАТ «Білоцерківська книжкова фабрика»,  
09117, м. Біла Церква, вул. Лесія Курбаса, 4.  
Свідоцтво серія ДК № 4063 від 11.05.2011 р.  
Впроваджена система управління  
якістю згідно з міжнародним стандартом DIN EN ISO 9001:2000

Права авторів і видавничі права УВЦ «Школяр» захищені  
Законом України (Про авторське право і суміжні права) від 23.12.1993 р.  
(зі змінами від 11.07.2001 р.)  
Друковане копіювання книжки або її частини, будь-які інші контрафактні видання тягнуть  
за собою відповідальність згідно зі ст. 52 цього Закону