

# БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ 11

Валерій Соболь



РІВЕНЬ СТАНДАРТУ



**УДК 573  
C54**

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

**ВИДАНО ЗА ДЕРЖАВНІ КОШТИ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО**

**Соболь В. І.**

C54      Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 11 кл.  
закл. заг. серед. освіти / В. І. Соболь. – Кам'янець-Подільський : Абетка, 2019. – 256 с. : іл.  
**ISBN 978-966-682-405-2.**

**УДК 573**

ISBN 978-966-682-405-2

© В. І. Соболь, 2019  
© ТОВ «Абетка», 2019  
© ТОВ «Абетка», оригінал-макет, 2019

## **ЯК ПРАЦЮВАТИ З ПІДРУЧНИКОМ?**

«Найстрашніше у світі – це бути заспокоєним», – відомі рядки харківського поета Михайла Кульчицького (1919 – 1943). Можна спокійно спостерігати, як маршрутне таксі викидає клуби смердючого диму, спокійно слухати повідомлення про загибель лебедів від забруднення озера нафтопродуктами, спокійно дивитися на вирубані карпатські полонини і порожні пляшки в лісі під час грибного полювання... А можна щось робити відповідно до своїх сил і можливостей. Ви завершуєте шкільне навчання і вступаєте в життя, яке гостро потребує доброго ставлення до інших людей та природи.

Ця книжка є продовженням підручника «Біологія і екологія (рівень стандарту)» для 10 класу. Ви зрозумієте необхідність пізнання живої природи, її найзагальніші закономірності функціонування та збереження за умов екологічної кризи.

Зміст підручника ґрунтуються на засадах продуктивного вивчення біології із застосуванням компетентнісного підходу. Книжка допоможе вам не лише в здобутті теоретичних знань, а й у продуктивній і творчій діяльності та формуванні ставлення до навколишнього світу.

Матеріал підручника поділено на теми й окремі параграфи. Основними частинами параграфів підручника є такі рубрики.



**Вступна частина** містить епіграф до параграфа, рубрики «**Основні поняття й ключові терміни**», «**Пригадайте!**», «**Знайомтеся!**», «**У світі цікавого**», «**Новини науки**», «**Поміркуйте!**», а також ілюстративні завдання, вступні вправи, класичні експерименти для формування мотивації до навчання. Крім того, подано завдання, кольорові ілюстрації, відомості про живу природу, що є потужним стимулом до діяльності.



«**ЗМІСТ**» містить матеріал для засвоєння й формування знань, умінь, навичок, способів діяльності та переконань. Великими літерами синього кольору виділено **ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ**, що організовують найважливішу інформацію, а малими синіми літерами – **ключові терміни**, що узагальнюють певну частину інформації. Основні поняття й ключові терміни є обов'язковими для запам'ятовування на відміну від понять, поданих курсивом. Матеріал «Змісту» поділений на частини, до яких подається запитання, а в кінці – узагальлювальний висновок. Ілюстративний апарат підручника містить малюнки, рисунки, світлини, таблиці, схеми тощо.



«**ДІЯЛЬНІСТЬ**» містить матеріал для формування способів продуктивної діяльності, розвитку творчої активності й дослідницьких умінь, здійснення міжпредметних зв'язків тощо. Цей матеріал слугуватиме зміщенням, поглибленню, розширенню знань шляхом самостійного виконання завдань та створення власних освітніх продуктів. У цій частині наводяться теми проектів, творчі завдання, міжпредметні завдання «Біологія + ...» тощо. Для формування практичних й дослідницьких умінь подано самостійні та практичні роботи, дослідницькі завдання.



«**СТАВЛЕННЯ**» містить завдання для формування світоглядних переконань, емоційно-оцінних норм щодо природи, життя, науки, суспільства та власного здоров'я.



«**РЕЗУЛЬТАТ**» містить завдання для закріплення, контролю й корекції знань та самооцінювання навчальної діяльності. Вони подаються з поступовим ускладненням та із зазначенням рівня їхньої складності й оцінки в балах.

*Щиро зичимо вам успіхів у навчанні й добрих справ у житті!*



## Тема 5. АДАПТАЦІЇ

Біологічна адаптивність і є життям.

Ганс Сельє

### § 1. АДАПТАЦІЯ ЯК ЗАГАЛЬНА ВЛАСТИВІСТЬ БІОСИСТЕМ

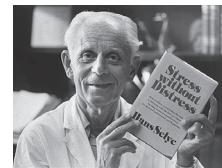
Основні поняття й ключові терміни: **АДАПТАЦІЯ. Принцип єдності організмів і середовища.**

Пригадайте! Що таке біосистеми?



#### Знайомтеся!

Основи теорії адаптації закладено канадським ученим **Гансом Сельє** (1936–1989). Він увів у науку поняття адаптації, виявив фази адаптаційного процесу, сформулював уявлення про загальний адаптаційний синдром і стрес. Що ж таке адаптація?



#### ЗМІСТ

#### Чому адаптація є загальною властивістю біосистем?

ЖИТТЯ! ЖИТТЯ! ЖИТТЯ! Якими складними й багатогранними є прояви цього феномену природи. Але, незважаючи на дивовижне різноманіття, для живого характерні певні загальні властивості. Однією із них і є адаптація. Ця властивість живого настільки всеосяжна, що нерідко ототожнюється із самим поняттям життя.

У найпростішому тлумаченні під адаптацією розуміють **здатність організмів пристосуватися до мінливих умов зовнішнього середовища**. Прикладами адаптацій можуть бути: маскування птаха дрімлюги, який в Україні гніздиться по всій території, але мало хто його бачив (ил. 1); формування імунітету проти інсектицидів у комах-шкідників; збільшення сили м'язів людини внаслідок тренувань.

Адаптація реалізується не лише на рівні організму. Її прояви існують на кожному з рівнів організації біосистем і притаманні їм усім.



Іл. 1. Дрімлюга звичайна (*Caprimulgus europaeus*) – лісовий перелітний птах, майстер маскування

**Клітинними адаптаціями** є пристосування на рівні одноклітинних організмів або окремих клітин багатоклітинних організмів. Так, під дією ультрафіолетового випромінювання на мембрани епітеліоцитів синтезується фермент тирозиназа й утворюється меланін; нестача кисню стимулює збільшення кількості мітохондрій і посилення процесу біологічного окиснення; поява нового джерела поживних речовин спричиняє появу нових ферментів у клітинах бактерій.

Організмовими адаптаціями є морфоанатомічні структури, фізіологічні явища або прояви поведінки організму, що сформувалися в процесі еволюції і підвищують довготривалий репродуктивний успіх організму. Це найбільш вивчена група адаптацій.

До популяційних адаптацій належать: спільне добування їжі зграєю вовків або прайдом левів, зростання в популяціях кількості самок і збільшення плодючості та кількості яєць у кладках птахів у сильно забрудненому середовищі.

Видовими адаптаціями є шлюбні танці журавлів або турнірні бої оленів, результатом яких є добір самців й самок для успішної репродукції виду, нерест у прохідних риб, світлова комунікація у світляків (*іл. 2*).

Прикладами екосистемних адаптацій можуть бути симбіотичні відносини між видами у біогеоценозах: мікориза орхідей з базидіальними грибами, бактеріориза бульбочкових бактерій роду *Rhizobium* з бобовими рослинами, мутуалізм риб-клоунів з актиніями.

Отже, **АДАПТАЦІЯ** (від лат. *adaptatio* – пристосування) в біології – загальна властивість усіх біосистем щодо формування й розвитку нових біологічних ознак відповідно до змін умов навколошнього середовища.

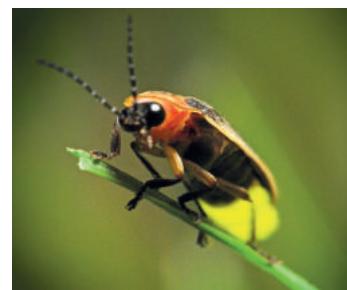
## У чому суть принципу єдності організмів і середовища мешкання?

Біологічні та екологічні системи є відкритими і виявляють свої властивості лише у взаємодії із середовищем. Ці взаємовідносини організовуються у вигляді постійного обміну речовин, енергії та інформації. Середовище для системи, з одного боку, є джерелом речовин (біоелементів), енергії (світлової або хімічної) та інформації про довкілля. З іншого боку, в процесі життєдіяльності система вивільняє в середовище енергію, речовини та інформацію, активно змінюючи його. При цьому система є провідним компонентом цієї взаємодії, а її склад та властивості визначають закономірності взаємодії та її результат. Серед таких закономірностей – **принцип єдності організмів і середовища існування**, в різний час сформульований К. Ф. Рульє, І. М. Сеченовим та В. І. Вернадським.

**Життя розвивається внаслідок постійного обміну речовин та інформації на ґрунті потоку енергії у динамічній єдності організмів і середовища мешкання.**

Принцип єдності організмів і середовища існування є основою для того, щоб зрозуміти значення адаптацій. Потік речовин, енергії та інформації, що пронизує біосистеми, є мінливим процесом, а для оптимального функціонування живого велике значення має сталість параметрів внутрішнього середовища. У зв'язку із цим адаптація виконує дві важливі біологічні функції: **забезпечення гомеостазу та збереження динамічної рівноваги біосистем**.

Оскільки організм і середовище перебувають у динамічній рівновазі, адаптаційні процеси мають здійснюватися постійно впродовж існування біосистеми в просторі й часі. Адаптація як властивість спрямована на підтримання динамічної



Іл. 2. Світлик звичайний (*Lampyris noctiluca*)

рівноваги не лише за даних умов середовища (гомеостазис), а й у разі їх зміни в процесі еволюції (гомеорезис).

Отже, адаптація – загальна властивість усіх біосистем підтримувати гомеостаз і динамічну рівновагу за певних умов існування та за їх змін у процесі індивідуального та історичного розвитку.

### Як класифікують адаптації організмів?

Термін «адаптація» застосовують і для позначення окремих ознак організмів, що виникли як пристосування будови, життєдіяльності та поведінки. Отже, розрізняють структурні (морфологічні), фізіологічні та етологічні адаптації організмів. *Структурні адаптації* – це ознаки будови й форми тіла організму, що допомагають йому виживати в природних умовах. Такими адаптаціями можуть бути великі вуха слонів або кроликів для терморегуляції, обтічна форма тіла дельфінів або риб, видозміні вегетативних органів рослин для здійснення додаткових функцій. *Фізіологічні адаптації* – це особливості процесів життєдіяльності за конкретних умов існування. Наприклад, потовиділення у багатьох видів ссавців для терморегуляції, секреція отрути у змій або павуків для захисту й живлення, осморегуляція за участі зябр і ректальної залози у бичачої акули (іл. 3). *Етологічні адаптації* – це видозміні поведінкових реакцій організму у відповідь на зміни в навколошньому середовищі. Наприклад, нічний спосіб життя у багатьох мешканців пустель, загрозливі пози тіла для оборони від хижаків, побудова гнізд або нір.



Іл. 3. Акула-бик (*Carcharhinus leucas*), яка може жити в прісних водах

Залежно від часу виникнення та значення для життя особин адаптації класифікують на *онтогенетичні* та *філогенетичні*. Онтогенетичні адаптації виникають упродовж індивідуального розвитку, мають неспадковий і короткосучасний характер та забезпечують реалізацію норми реакції ознак за конкретних умов існування. Наприклад, формування умовних рефлексів, гормональні зміни під час стресів. Філогенетичні адаптації формуються в процесі еволюції під дією природного добору, мають спадковий довготривалий характер і пов'язані з перетворенням норми реакції ознак (мімікрія, маскування, застережне або захисне забарвлення).

Адаптації класифікують і за іншими принципами. Так, згідно з даними М. В. Тимофєєва-Ресовського розрізняють: за походженням (*предадаптивні, комбінативні й постадаптивні*), за характером змін (*адаптації з ускладненням та адаптації зі спрощенням організації*), за еволюційним масштабом (*спеціальні та загальні*), за тривалістю збереження в онтогенезі (*короткосучасні, ритмічні й постійні*) та ін.

Отже, поняття «адаптація» застосовується в біології для того, щоб позначити загальну властивість біосистем і найрізноманітніші пристосування організмів до умов середовища.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з таблицею. Причини різноманітності адаптацій

Наведіть приклади адаптацій (пристосувань) з кожної групи та визначте їхнє значення. Сформулюйте висновок про причини різноманітності адаптацій.

Група адаптацій	Приклади адаптацій	Значення адаптацій
Структурні		
Фізіологічні		
Етологічні		

### **Біологія + Екологія. Різноманітність адаптацій**

Зіставте наведені ілюстрації (I – V) із адаптаціями (1 – 5) та їх значеннями. Сформулюйте висновок про значення адаптацій в еволюції органічного світу.



1 Забарвлення саламандри плямистої	A Застережне забарвлення
2 Камуфляж листкоподібного гекона	Б Захисне забарвлення
3 Забарвлення куріпки білої	В Приваблювальне забарвлення
4 Подібність бджоловидки звичайної до бджоли	Г Маскування
5 Забарвлення самця вивільги	Д Мімікрія



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Етологія. Поведінкові реакції тварин**

У одному з наукових описів зазначено: «Є чимало свідчень дивних адаптивних здібностей восьминогів. До таких розповідей треба ставитися з обережністю: часто спостерігач не може уникнути Сцилли антропоморфізму і приписує піддослідним тваринам людські почуття. У той же час бажано оминути і Харибду механіцизму, коли тварину представляють примітивною системою, що реагує на подразники строго заданим і незмінним чином». Що означає вислів «між Сциллою і Харибдою»? Візьміть до уваги ці застереження і наведіть приклади дивовижних адаптацій восьминогів.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке адаптація? 2. Наведіть приклади адаптацій у різних біосистем. 3. Що таке принцип єдності організмів і середовища існування? 4. Наведіть приклади впливу середовища на організм і організмів – на середовище мешкання. 5. Яке значення адаптацій? 6. Назвіть основні групи адаптацій організму.
7 – 9	7. Чому адаптація є загальною властивістю біосистем? 8. У чому суть принципу єдності організмів і середовища мешкання? 9. Як класифікують адаптації організмів?
10 – 12	10. Яке значення адаптацій в еволюції органічного світу?

*Адаптації є пристосуваннями, що постійно виникають, змінюються, вдосконалюються та інколи зникають.*  
М. В. Тимофєєв-Ресовський

## **§ 2. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ**

**Основні поняття й ключові терміни: АДАПТАЦІОГЕНЕЗ. Преадаптація. Постадаптація.**

**Пригадайте!** Що таке адаптації?



### У світі цікавого

**Їжакоподібні** – ряд ссавців надряду Комахоїдні (*Insectivora*). Це одна з найдавніших і найпримітивніших груп плацентарних ссавців, до якої належать 24 види, серед яких їжак білочеревий (*Erinaceus roumanicus*), поширений в Україні. Відмінністю їжаків є наявність твердих голок. Так, у дорослого їжака їх до 16 тисяч, довжина – 2–3 см, а товщина – близько 1 мм. Цікаво, як виникла ця адаптація їжаків?



### ЗМІСТ

#### **Які особливості різних способів формування адаптацій?**

**АДАПТАЦІОГЕНЕЗ** (від лат. *adaptatio* – пристосування і грец. *генезис* – походження) – процес формування нових пристосувань або удосконалення існуючих до певних умов існування завдяки зміні генетичної структури популяції під дією еволюційних чинників. Механізм цього процесу полягає у формуванні корисних ознак в організмів певної популяції, що є елементарною одиницею еволюції. Процес формування адаптації починається найчастіше з появи дрібних спадкових ознак в окремих особин (елементарний еволюційний матеріал). Так, у предків їжаків тіло було вкрите густою жорсткою шерстю. У окремих організмів завдяки спадковій мінливості виникла мутація, що зумовила появу окремих жорсткіших волосин. Схрещування цих особин супроводжувалося взаємодією мутаційного алеля з іншими алельними або неалельними генами і формуванням густішого колючого покриву, що сприяло кращому захисту від хижаків. Цю зміну волосяного покриву «посилив» природний добір. Більш пристосовані особини давали численне потомство, ознака поширювалася, що привело до стійкої зміни генетичної структури популяції (елементарне еволюційне явище). Відбулося виникнення адаптації. Появу в популяції вдалого фенотипу ще не можна вважати адаптацією. Вона має місце лише після формування ознаки у більшості особин популяції. Цей спосіб формування пристосувань називають **комбінаторним** і вважають найпоширенішим у природі.

Основу нового пристосування часто становить структура, яка сформувалася раніше і виконувала певну функцію, а за зміни умов існування набула і нової функції. Наприклад, черепашки молюсків, що сформувалися у водному середовищі, стали корисними під час опанування суходолу, захищаючи організм не лише від хижаків, а й від пересихання. Оперення птахів виникло для регуляції температури тіла, а згодом адаптовано для польоту; луска акул, що формувалася для захисту,

згодом набула функції формування зубів (іл. 4). Такий спосіб формування пристосувань називають **преадаптивним**. **Преадаптації** – еволюційні зміни, що забезпечують появу нових пристосувань за участі сформованих структур організмів у змінених умовах існування.

У природі має місце ще один спосіб адаптаціогенезу, за якого нові адаптації виникають через зміну функцій уже сформованих органів. Так, зяброві дуги у предків хребетних були опорою водних органів дихання, а в ході подальшої еволюції почали виконувати хватальну функцію й перетворилися на щелепи. Апендікс, що виконував вихідну еволюційну функцію допоміжного травлення, у людини став органом імунної системи. Такий спосіб формування пристосувань називають **постадаптивним**. **Постадаптація** – еволюційні зміни організмів, що удосконалюють існуючі пристосування даного виду до вже освоєних ним умов існування.



Іл. 4. Зуби акул за будовою і походженням є видозмінами плацоїдної луски

Отже, за походженням розрізняють три основні способи адаптаціогенезу: **комбінаторивний, преадаптивний та постадаптивний**.

### У чому суть найзагальніших закономірностей формування адаптацій?

Закономірності адаптаціогенезу є предметом досліджень екології, еволюційної біології, біогеографії, порівняльної анатомії, фізіології, цитології, біохімії, молекулярної біології, генетики популяцій, етології, що свідчить про складність цього прояву життя. На сьогодні сформульовано цілу низку правил і законів, серед яких ми виокремимо такі.

**Правило адаптивності:** у відповідь на дію умов середовища в усіх біосистемах на всіх рівнях організації живої матерії формуються пристосування. Згідно із цим правилом усе живе здатне пристосовуватися до умов існування (адаптивність), наслідком чого є певна сукупність пристосувань (адаптованість). Вихідною закономірністю для правила адаптивності була аксіома адаптованості, що її сформулював Ч. Дарвін: кожний вид адаптований до певної, специфічної для нього, сукупності умов існування – екологічної ніші.

**Правило екологічної індивідуальності:** кожен вид специфічний за екологічними можливостями адаптації, двох ідентичних видів не існує. Кожен вид організмів у мінливому середовищі життя по-своєму адаптований. Навіть види-двійники (криптичні види), які не різняться за морфологічними (та іншими) ознаками, мають свої індивідуальні пристосування і є конкурентами, що займають дуже близькі екологічні ніші (іл. 5).

**Правило відносної незалежності адаптацій:** висока адаптивність до одного з екологічних чинників не дає такого самого ступеня пристосуваності до інших умов життя (навпаки, вона може обмежувати ці можливості через фізіологоморфологічні властивості організмів).



Іл. 5. Види-двійники:  
1 – шишкар ялиновий;  
2 – шишкар сосновий

**Правило двох рівнів адаптації:** біосистеми адаптуються до умов існування двома способами: шляхом функціональних адаптацій у межах сталого рівня стабілізації системи та шляхом зміни цього загального рівня стабілізації. Так, на рівні організмів розрізняють онтогенетичні (спрямовані на підтримку гомеостазу впродовж індивідуального розвитку) і філогенетичні (забезпечення адаптованості впродовж історичного розвитку) адаптації. На рівні надвидових таксонів застосуванням правила є концепція ідіоадаптації та ароморфозів.

Отже, за всієї різноманітності адаптивних реакцій біосистем та умов існування існують і загальні закономірності формування адаптацій.

### Які властивості адаптації є найзагальнішими?

Пристосованість, як жодна інша ознака живого, яскраво ілюструє один із фундаментальних законів природи – закон єдності протилежностей. Так, адаптації бувають загальними й спеціальними, онтогенетичними й філогенетичними, генотиповими й фенотиповими, спадковими й неспадковими. До найзагальніших властивостей усього різноманіття адаптації належать індивідуальність, відносна доцільність і непостійність.

**Індивідуальність.** Процес адаптації, незважаючи на те, що відбувається згідно із загальними закономірностями, завжди індивідуальний, оскільки залежить від генотипу організмів, що визначає індивідуальність адаптацій наступних рівнів організації життя.

**Відносна доцільність.** Будь-яка адаптація допомагає організмам вижити лише за тих умов, за яких вона формувалася. Доказами відносного характеру пристосованості слугують такі факти: захисні пристосування від одних ворогів є неефективними від інших (наприклад, отруйних змій поїдають мангусти); прояв інстинктів у тварин може не мати доцільності (наприклад, нічні метелики летять на вогонь і гинуть); корисний за одних умов орган стає непотрібним і навіть шкідливим в іншому середовищі (наприклад, перетинки на лапах у гірських гусей).

**Непостійність:** адаптації змінюються в процесі індивідуального й історичного розвитку окремих біосистем залежно від змін умов існування. Так, із послабленням впливу сонячного світла змінюється засмага людини, через харчову спеціалізацію змінюється форма дзьоба у в'юрків. Ознаки, що стали непотрібними, перетворюються наrudименти і зникають у ході еволюції, якщо не набудуть нових функцій (наприклад, очі у крота).

Отже, різноманітні адаптації є індивідуальними й непостійними та характеризуються відносною доцільністю тільки за конкретних умов існування біосистем і на певному етапі еволюції.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Завдання на зіставлення. Адаптаціогенез

Пригадайте матеріал 9 класу з теми «Еволюція органічного світу» й зіставте запитання (1 – 9) з відповідями (А – Я). Заповніть таблицю відповідей та отримайте назву поняття, яким позначають індивідуальні (фенотипові) адаптації організму до чинників середовища.

1	2	3	4	5	6	7	8	9

1 Що є елементарною одиницею еволюції?	<b>A<sub>1</sub></b> Популяція
2 Що є елементарним еволюційним матеріалом?	<b>A<sub>2</sub></b> Дивергенція
3 Що є елементарним чинником еволюції?	<b>I<sub>1</sub></b> Природний добір
4 Що є рушійною силою еволюції?	<b>I<sub>2</sub></b> Ароморфози
5 Що є результатом мікроеволюційних змін?	<b>K</b> Мутації
6 Як називається розходження ознак у споріднених організмів?	<b>L</b> Ізоляція
7 Як називається вільне схрещування особин у популяціях?	<b>M</b> Адаптації
8 Які еволюційні зміни підвищують рівень організації груп?	<b>Ц</b> Панміксія
9 Як називається надвидова еволюція?	<b>Я</b> Макроеволюція

## **Біологія + Етологія. Формування адаптацій**

Зоологи називають єнотів «геніями адаптації». І недаремно. Ця тварина має низку дивних і цікавих пристосувань. Йдеться про **ракуна звичайного**, або **єнота-полоскуна** (*Procyon lotor*). Єноти чудово лазять по деревах, можуть спускатися з дерева головою вперед, мають виокремлені рухливі пальці, добре плавають. Ці розумні тварини легко пристосовуються до змін середовища існування. Назва «полоскун» пов'язана із цікавою біологічною особливістю звіра, який часто «полоще» свою їжку у воді. Застосуйте знання й поясніть формування цієї адаптації.



### **СТАВЛЕННЯ**

#### **Біологія + Література. Відносна доцільність адаптацій**

«Якось прийшла служниця по капусту до льоху та поставила свічку долі, якраз навпроти метелика. Боже! Яким величним, блискучим, повабним здалось метеликові те світло! Він затріпотові крильцями й хотів кинутися на світло, але служниця в ту хвилину взяла світло й подалася геть з льоху. Не втірпів метелик, забув своє безсилля, забув свою несвідомість. «Світло, світло!» – і полинув за ним» (Леся Українка. Метелик). У чому полягає відносна доцільність цього інстинкту нічних метеликів?



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке адаптаціогенез? 2. Назвіть способи адаптаціогенезу. 3. Що таке преадаптації? 4. Що таке постадаптації? 5. Назвіть найзагальніші закономірності формування адаптацій. 6. Назвіть основні властивості адаптації.
7 – 9	7. Які особливості різних способів формування адаптацій? 8. У чому суть найзагальніших закономірностей формування адаптацій? 9. Які властивості адаптації є найзагальнішими?
10 – 12	10. На конкретному прикладі поясніть суть найзагальніших властивостей адаптацій.

*Виживають не найсильніші й навіть не найрозумніші особини, а ті, які краще за всіх пристосовуються до змін.*  
Ч. Дарвін

## § 3. ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ НА МОЛЕКУЛЯРНОМУ ТА КЛІТИННОМУ РІВНЯХ ОРГАНІЗАЦІЇ. СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЙ ОРГАНІЗМІВ

**Основні поняття й ключові терміни:** Стратегії адаптації організмів.

**Пригадайте!** Що таке адаптаціогенез?



### Поміркуйте!

Температура арктичних й антарктичних вод може бути низькою від  $-2^{\circ}\text{C}$ . При цьому полярні види риб (як наприклад, **нототенія мармурова** (*Notothenia rossii*)) не перетворюються на шматок льоду: вони виробляють особливі білки, що гальмують замерзання рідини. Як формувалася ця адаптація?

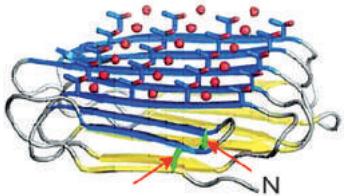


### ЗМІСТ

#### Які молекулярні та клітинні механізми адаптацій?

Найзагальнішою спільною особливістю адаптацій є механізм їхнього виникнення: пристосувальні ознаки формуються впродовж біологічної еволюції завдяки природному добору особин, які мають ознаку в найбільш виражений формі, а не виникають одразу в готовому вигляді. Основою формування адаптацій є молекулярні та клітинні процеси збереження, зміни та реалізації генетичної інформації.

Як відбувається формування адаптацій на молекулярному й клітинному рівнях організації життя? Відповідь проілюструємо на конкретному прикладі адаптації антарктичних риб до низької температури води. У деяких предкових особин сучасних нототеній відбулася дуплікація гена, що кодує трипсин. Ця хромосомна мутація привела до виникнення двох копій гена. Після цього в його новій копії відбулась генна «корисна» мутація: в її центрі декілька разів продублювався фрагмент, що кодує три амінокислоти. Результатом таких перетворень став ген з інформацією про інший білок. Так виникли первинні глікопротеїни крові риб, які перешкоджають кристалізації льоду. Вихідна популяція отримала переваги й більше шансів на виживання. Згодом у процесі еволюції цей ген ще багаторазово дублювався і виникали різні білки-антифризи у різних видів риб родини Нототенієві.



Іл. 6. Кристалічна структура білка-антифризу зі зв'язаними молекулами води (червоні кульки) та дисульфідними зв'язками (зелені містки)

Таким чином, молекулярною основою адаптацій є синтез нового типу макромолекул унаслідок мутацій та рекомбінацій генів. Окрім цього, молекулярними й клітинними механізмами адаптацій є: 1) збільшення або зменшення концентрації білків унаслідок змін у їх клітинному синтезі; 2) приєднання до макромолекул

речовин (активатори та інгібітори), що модифікують їх властивості; 3) зміна регуляторних функцій білків і клітинних процесів метаболізму; 4) зміна просторової організації біополімерів (наприклад, білок *пуротонін* міститься в отруті грумучих змій і в зерні пшеници, де його відмінність визначається зайні дисульфідним зв'язком) (іл. 6).

Отже, формування адаптацій на молекулярному й клітинному рівнях організації пов'язане зі **змінами** генетичного матеріалу, експресії генів та функціональних продуктів певних генів.

## Що відрізняє різні стратегії формування адаптацій?

**Стратегія адаптацій організмів** (адаптивна стратегія) – це певний загальний напрям формування пристосувань організмів різних видів, що забезпечує їхнє існування в часі. За тривалістю формування адаптацій розрізняють три стратегічні напрями адаптивних процесів.

1. **Стратегія еволюційних адаптацій** має найбільш тривалий характер формування пристосувань до змін середовища і потребує зміни багатьох поколінь. Адаптивні зміни за цієї стратегії пов'язані зі змінами генетичної інформації, що визначають нові ознаки. Завдяки еволюційним адаптаціям можуть виникати нові молекули білків, що надають організмам здатності до засвоєння нових місцеіснувань. Прикладом цього типу адаптивних стратегій є формування білків-антифризів у полярних риб, різних видів хлорофілу в рослин. До цієї групи адаптацій належать ароморфози, ідіоадаптації та загальна дегенерація.

2. **Стратегія акліматизації** здійснюється упродовж життя особини. У цьому випадку для формування адаптивних ознак використовується генетична інформація, що була в геномі організмів від народження. Зміни мають характер неспадкових модифікацій, наприклад сезонні зміни будови, життєдіяльності або поведінки організмів.

3. **Стратегія негайної адаптації** відбувається настільки швидко, що не може бути пов'язана зі змінами експресії генів або перебудовою клітинних структур. Ця стратегія здійснюється завдяки змінам активності ферментів. Прикладом негайних адаптацій можуть бути позитивні або негативні таксиси рослин, адаптація еритроцитів до умов високогір'я.

За характером формування адаптивних механізмів розрізняють три основні шляхи і, відповідно, три стратегії формування адаптацій. **Стратегія за принципом резистентності** (активний шлях адаптації) передбачає формування адаптивних механізмів підтримки гомеостазу внутрішнього середовища незалежно від змін середовища життя. Наприклад, підтримування сталої температури тіла у гомотермних тварин (птахів, ссавців), активна протидія втратам води у рослин-склерофітів (олеандра, оливкового дерева, ковили). **Стратегія за принципом толерантності** (пасивний шлях адаптації) вимагає підпорядкування життєвих функцій організмів змінам умов навколошнього середовища. Такий тип пристосувань реалізується переважно на рівні клітин і тканин, виявляється певним зниженням метаболізму, сповільненням поділу, росту й розвитку клітин та ін. Прикладом таких адаптацій є *гіпобіоз*, або спокій вимушений (наприклад, заціплення риб, амфібій), *криптообіоз*, або спокій фізіологічний (наприклад, сплячка ссавців, глибокий спокій рослин), *анабіоз* (повна тимчасова

зупинка життя, наприклад, у тихоходок, коловерток). **Стратегія уникнення неприятливих умов** – це стратегія формування в організмів життєвих циклів і проявів поведінки, що дають змогу уникнути несприятливих змін чинників середовища. Наприклад, сезонні міграції тварин, швидке цвітіння рослин-ефемероїдів у сприятливий короткочасний сезонний період.

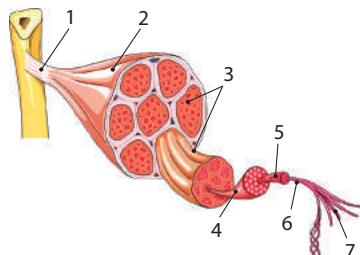
Отже, будь-яка зі стратегій адаптації організмів визначає загальний результат відповідно до змін умов середовища.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з ілюстрацією. Скелетні м'язи й адаптація

Адаптація м'язів людини до фізичних навантажень має стадійний характер. У ній виокремлюють два етапи – термінову і довготривалу адаптацію. Пригадайте будову скелетного м'яза людини й зіставте його елементи (1 – 7) з їх назвами (А – Е). А – м'язове черевце; Б – протофібрили; В – міофібрили; Г – сухожилок; Д – м'язове волокно; Е – м'язовий пучок; Є – оболонка пучка. Застосуйте свої знання й поясніть молекулярні та клітинні механізми адаптації м'язів до фізичних навантажень.



### Біологія + Екологія життя. Стратегії адаптації організмів

**Кашалот** (*Physeter catodon*) може затримувати дихання на 90 хв і занурюватися на глибину до 3 км. Опішіть активні й пасивні адаптації кашалотів до пірнання на великі глибини.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Промисловість. Природні антифризи й автомобілі

За ефективністю природні білки-глікопротеїни полярних риб перевершують антифризи. Ймовірно, цим і пояснюється, що сучасні біологічні дослідження фінансував автоконцерн *Volkswagen*, зацікавлений у створенні нових матеріалів для автомобільної промисловості. Що таке антифризи? Спробуйте оцінити переваги природних антифризів перед штучними.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що є найзагальнішою спільнною особливістю адаптацій? 2. Наведіть приклад молекулярних процесів формування адаптацій. 3. Наведіть приклад клітинних адаптацій. 4. Що таке стратегії формування адаптацій? 5. За якими критеріями розрізняють різні стратегії формування адаптацій? 6. Що відрізняє активний та пасивний шляхи формування адаптацій?
7 – 9	7. Які молекулярні механізми адаптацій? 8. Які клітинні механізми адаптацій? 9. Що відрізняє різні стратегії формування адаптацій?
10 – 12	10. Оцініть значення знань про адаптації для практичної діяльності людини.

Пластичний (від грец. *пластикос*) –  
той, що може змінюватися внаслідок впливу.  
*Академічний тлумачний словник*

## § 4. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНО ПЛАСТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНО НЕПЛАСТИЧНІ ВИДИ. ПОНЯТТЯ ПРО АДАПТИВНУ РАДІАЦІЮ

**Основні поняття й ключові терміни:** **Екологічна пластичність виду.**  
**Адаптивний потенціал.** **Адаптивна радіація.**

**Пригадайте!** Яке значення має термін «екологічний»?



### Поміркуйте!

**Ящірка прудка** (*Lacerta agilis*) – один із видів рептилій, який належить до родини справжніх ящірок. На величезній території від Англії до Байкалу і від Скандинавії до Кавказу цей надзвичайно екологічно пластичний вид є, без сумніву, найчисленнішим видом рептилій в Євразії. У чому ж суть терміна «екологічна пластичність виду»?



### ЗМІСТ

### **Що характеризує екологічну пластичність виду?**

**Екологічна пластичність виду** – це здатність організмів виду до існування в певному діапазоні значень екологічного чинника. Це характеристика пристосованості організмів виду до змін чинників середовища існування. Кількісно екологічна пластичність виражається діапазоном чинника середовища, в межах якого даний вид зберігає життєдіяльність. Що ширшим є діапазон коливань чинника, в межах якого даний вид може існувати, то більшою є його екологічна пластичність, то ширшими є його діапазон витривалості й поширеність.

Види, які можуть виживати в широкому діапазоні змін умов існування, називають **екологічно пластичними**. Наприклад, бурий ведмідь вирізняється широкою пластичністю у використанні кормових компонентів, що дає йому змогу заселяти різні території. До екологічно пластичних видів належать також вовк звичайний, горобець польовий, кульбаба лікарська, очерет звичайний. Широкою екологічною пластичністю вирізняються діатомові водорості, які за масштабом географічного поширення і ступенем біопродуктивності не мають собі рівних. Екологічно пластичними є й види-агресори (наприклад, змієголов звичайний, борщівник Сосновського, ротан-головешка).

**Екологічно непластичні види** – види з вузьким діапазоном екологічної пластичності до чинників середовища. Такі організми погано пристосовуються навіть до незначних змін умов існування і вузько спеціалізовані до умов середовища життя. Наприклад, форель струмкова віддає перевагу швидким річкам з чистою й прохолодною водою, багатою на кисень. Екологічно непластичними видами є також



Іл. 7. Велика панда – екологічно непластичний вид

коала сірий, який вживає листя й молоді пагони лише деяких видів евкаліптів, велика панда – вид, який тепер відносять до родини Ведмежі і який живиться бамбуком (ил. 7). До цієї групи належать симбіонти, мешканці великих морських глибин, печер.

Отже, екологічну пластичність виду характеризує певний діапазон витривалості до коливань екологічного чинника та поширеність у середовищі існування.

### Що визначає екологічну пластичність виду?

**Адаптивний потенціал** (від лат. *potentia* – сила) – міра пристосувальних можливостей виду в мінливих умовах довкілля. Ця здатність має спадковий характер, і міра її прояву залежить від біотичного потенціалу, що відображає здатність популяцій до розмноження й виживання за оптимальних умов. Пластичність видів визначається *нормою реакції*, тобто здатністю генотипу залежно від умов середовища формувати в онтогенезі різні фенотипи.

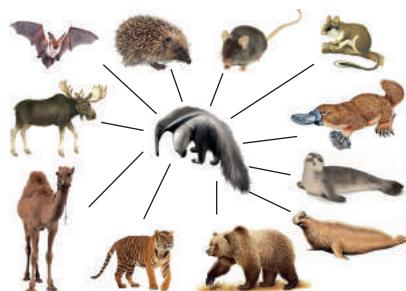
Різні види мають різну екологічну пластичність, що формується в процесі еволюції на основі *генетичної пластичності* (англ. *genetic flexibility*) – здатності генотипів змінюватися й забезпечувати пристосованість до змін навколошнього середовища.

Високий адаптивний потенціал мають екологічно пластичні види. Саме такі види здатні заселяти нові місця проживання або ті, які дуже змінилися. В умовах руйнування екосистем вони завдяки екологічній пластичності встигають набути нових адаптацій і виживають. Екологічно непластичні види з низьким адаптивним потенціалом і високою спеціалізацією за цих умов вимирають.

Отже, екологічну пластичність виду визначають генетична пластичність та адаптивний потенціал.

### Які види беруть участь в адаптивній радіації груп?

**Адаптивна радіація** – еволюційний процес виникнення в межах певної систематичної групи форм, пристосованих до різних умов існування. Цей процес властивий для будь-якої систематичної групи, яка існує вже тривалий час. Згідно з **правилом адаптивної радіації**, що його сформував відомий американський палеонтолог **Г. Ф. Осборн** (1857–1935) ще у 1902 р., історичний розвиток будь-якої групи супроводжується її розділенням на окремі філогенетичні стовбури, що розходяться в різних адаптивних напрямах від якогось вихідного середнього стану. Класичним прикладом адаптивної радіації є урізноманітнення плацентарних ссавців, що розпочалося одразу після вимирання динозаврів наприкінці мезозойської ери (блізько 66 млн років тому). У ті давні часи ці ссавці були дрібними комахоїдними істотами, подібними до землерійок. Саме ці тварини еволюціонували в сучасні групи бігаючих, літаючих, плаваючих ссавців (ил. 8).



Іл. 8. Адаптивна радіація плацентарних ссавців

Вихідними видами в адаптивній радіації є зазвичай екологічно пластичні види. Згідно з **правилом походження від неспеціалізованих предків** (Е. Кон, 1904), нові великі групи беруть початок не від вищих представників предкових груп, а від порівняно неспеціалізованих. Славці виникли не від високоспеціалізованих, а від неспеціалізованих видів рептилій. Квіткові рослини виникли не від голонасінних, а від неспеціалізованих насінніх папоротей. Причиною походження нових груп від неспеціалізованих предків є те, що відсутність спеціалізації визначає можливість виникнення нових пристосувань.

Отже, адаптивна радіація пов'язана з пластичними видами і дає змогу новим групам рівномірно зайняти простір і різні місця існування.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Адаптивний потенціал

За допомогою таблиці порівняйте запропоновані види та обґрунтуйте судження про адаптивний потенціал екологічно пластичних та непластичних видів.

Ознака	Ведмідь бурий	Коала сірий
Екологічна пластичність		
Поширеність		
Рівень спеціалізації		
Адаптивний потенціал		

## Біологія + Хімія. Хімічна та екологічна валентність

Екологи за аналогією поняття валентності в хімії ввели поняття екологічної валентності (пластичності) виду. Яка природа валентності хімічних елементів та екологічної валентності видів?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Географія. Гавайські острови

Гавайські острови відомі в біології прикладами адаптивної радіації «усміхнених» **павуків-тенетників** (*Theridion*), **гавайських квіткарок**, дрозофіл, павуків-палочників з роду *Ariamnes*, унікальних рослин з роду **срібні мечі** (*Argyroxiphium*). Де розташовані Гавайські острови? Які особливості Гавайських островів зумовлюють адаптивну радіацію багатьох груп організмів?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке екологічна пластичність? 2. Наведіть приклад екологічно пластичних і непластичних видів. 3. Що таке адаптивний потенціал у екологічно пластичних та непластичних видів? 4. Який адаптивний потенціал є у екологічно пластичних та непластичних видів? 5. Що таке адаптивна радіація? 6. Які види є вихідними в процесах адаптивної радіації?
7 – 9	7. Що характеризує екологічну пластичність виду? 8. Що визначає екологічну пластичність виду? 9. Яке значення адаптивної радіації?
10 – 12	10. Обґрунтуйте судження про адаптивний потенціал екологічно пластичних та екологічно непластичних видів.

Життєвою є форма, в якій тіло організму перебуває в гармонії із зовнішнім середовищем.  
Е. Вармінг

## § 5. ЖИТТЕВІ ФОРМИ РОСЛИН І ТВАРИН ЯК АДАПТАЦІЇ ДО СЕРЕДОВИЩА МЕШКАННЯ

Основні поняття й ключові терміни: **Життєва форма рослин. Життєва форма тварин.**

**Пригадайте!** Що таке адаптація?



### Вступна вправа. Життєві форми рослин

Зіставте зображені рослини з їхніми назвами та отримайте латинську назву роду, до якого належить одна із наших найулюблених рослин – малина.

**B** Дерен справжній

**U<sub>1</sub>** Шипшина собача

**R** Калина звичайна

**S** Горобина звичайна

**U<sub>2</sub>** Ліщина звичайна



Що спільного між цими рослинами?

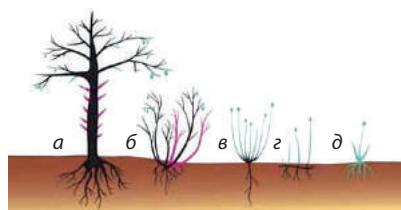


### ЗМІСТ

#### Чому класифікації життєвих форм рослин є екологічними?

**Життєва форма рослин** – зовнішній вигляд рослинних організмів, що відображає їхню пристосованість до умов середовища існування. Термін «життєва форма рослин» запропонував наприкінці XIX ст. відомий данський ботанік, один із засновників екології та морфології рослин **Еугеніус Вармінг** (1841–1924). Він вважав, що різні види рослин залежно від однакових зовнішніх умов набувають однакового зовнішнього вигляду й форми та досягають у своєму розвитку однієї й тієї самої мети досить різними шляхами. Наприклад, до посушливих місць існування в одних видів формується таке пристосування, як опушеність, у інших – восковий наліт, у третіх – редукція листків.

Існують різні класифікації життєвих форм рослин, що пояснюються застосуванням різних принципів групування. Широко-го застосування у морфології рослин набула екологічна класифікація життєвих форм, розроблена на початку XX ст. данським ботаніком **Крістеном Раункієром** (1860–1938). З усієї сукупності ознак життєвих форм він виокремив одну, що характеризує пристосування рослин до холодної або сухої пори року, – розміщення бруньок відновлення



Іл. 9. Життєві форми рослин (за І. Г. Серебряковим): дерево (а), чагарник (б), напівчагарник (в), багаторічна (г) та однорічна (д) трав'янисті рослини

на рослині (високо над ґрунтом, низько над ґрунтом, біля поверхні ґрунту, в ґрунті). Класифікація **I. Г. Серебрякова** (1914–1969) характеризує адаптації різних видів рослин, пов’язані з особливостями росту й тривалістю життєвого циклу. Згідно з нею виокремлюють такі категорії життєвих форм судинних рослин: **дерев’янисти** (дерева, кущі й кущики), **напівдерев’янисти** (напівкущі й напівкущики), **наземні трав’янисти** (одно- та багаторічні трави) і **водні трав’янисти** (земноводні рослини, плаваючі трави, підводні трави). Серед цих життєвих форм незалежно одна від одної можуть виникати ліаноподібні, сланкі форми та ін. (іл. 9).

Отже, класифікації життєвих форм рослин є екологічними, оскільки відображають подібність адаптацій різних видів, що виникає під дією однакових екологічних умов.

### **За якими ознаками класифікують життєві форми тварин?**

**Життєва форма тварин** – група особин, що мають подібні морфологічні пристосування для існування в однаковому середовищі. У тварин життєві форми є на диво різноманітними, оскільки для цієї групи еукаріотичних організмів характерні активний рух (локомоція) і гетеротрофне живлення, що потребує певних способів пошуку й добування їжі. Через те життєві форми тварин класифікують за такими основними ознаками, як спосіб руху та спосіб добування їжі. На зовнішньому вигляді тварин позначається їхня пристосованість до різних екологічних ніш, особливості розмноження тощо.

Життєві форми тварин виокремлюють за різними ознаками для різних систематичних груп. Так, для ссавців однією з таких основних ознак є способи локомоції (наприклад, бігаючі, стрибаючі, повзаючі). Життєві форми птахів розрізняють за способом добування їжі (наприклад, комахоїдні, зерноїдні, хижі), риб – за формою тіла (наприклад, торпедоподібні, змієподібні), жалких – за активністю й особливостями розмноження (две життєві форми: поліпа й медузи).

Найпоширенішою є класифікація життєвих форм тварин за Д. М. Кашкаровим, за якою виокремлюють **плаваючі** (сuto водні, напівводні), **риючі, наземні** (бігаючі, стрибаючі, повзаючі), **деревні, повітряні життєві** форми.

Отже, основними ознаками для класифікації життєвих форм тварин можуть бути способи переміщення, способи добування їжі, особливості розмноження, форма тіла та пристосованість до середовища існування.



### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота зі схемою. Дерева як життєва форма рослин**

Зіставте зображені листяні лісоутворювальні породи з їхніми назвами та отримайте латинську назву роду, до якого належить бук лісовий, що росте в Україні переважно в Карпатах.

**A** Граб звичайний

**G** Клен гостролистий

**F** Вільха клейка

**S** Береза бородавчаста

**U** Липа серцелиста



Використайте запропоновані ознаки (висота рослин, розташування й спосіб захисту бруньок, ступінь здерев'яніння осьових пагонів, тривалість життя надземних пагонів) і складіть схему комплексу адаптацій, що характеризують дерева як життєву форму рослин.

### **Біологія + Екологія. Життєві форми тварин**

Зіставте запропоновані ілюстрації тварин (1 – 8) із їхніми видовими назвами (А – Ж). Визначте належність запропонованих видів тварин до певної життєвої форми (за Д. М. Кашкаровим): А – акула сіра рифова; Б – ластівка сільська; В – кріт європейський; Г – косатка; Д – сарна європейська; Е – стриж чорний; Є – лань європейська; Ж – сліпак піщаний. Які критерії використали для класифікації? Чим екологічна класифікація відрізняється від філогенетичної?



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Література. Повітряна життєва форма тварин**

«Одного разу перелетіла якась звірінка з дерева на дерево. Зірвалась з високої ялинки і, розчепіривши, мов кажан, пішла вниз, а потім з розгону вигналась вгору і вчепилася за стовбур осики...» (І. Багряний. Тигролови). Йдеться про політуху сибірську, або летягу звичайну (*Pteromys volans*). Яким є сузір'я адаптацій (або комплекс адаптацій) для цієї життєвої форми?



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке життєва форма рослин? 2. Назвіть основні життєві форми рослин. 3. Наведіть приклади видів рослин з подібною життєвою формою. 4. Що таке життєва форма тварин? 5. Назвіть основні життєві форми тварин. 6. Наведіть приклади видів тварин, які мають різні життєві форми.
7 – 9	7. Чому класифікації життєвих форм рослин є екологічними? 8. За якими принципами класифікують життєві форми рослин? 9. За якими ознаками класифікують життєві форми тварин?
10 – 12	10. Чим екологічна класифікація відрізняється від філогенетичної?

*Екологічна ніша – «професія» виду, а місцеіснування – його «адреса».*  
Ю. Одум

## § 6. ЕКОЛОГІЧНА НІША

Основні поняття й ключові терміни: **ЕКОЛОГІЧНА НІША. Ширина екологічної ніші. Перекривання екологічної ніші.**

**Пригадайте!** Що таке екологічні чинники?



### **Поміркуйте!**

**Кріт європейський** (1) і **сліпак піщаний** (2) – два види, представники яких мають однакову життєву форму. Це риочі ссавці з підземним способом життя. У них подібні адаптації (видовжене тіло, густий і щільний волосяний покрив, редукований зір). Але чому ці види характеризуються різними екологічними нішами?



### **ЗМІСТ**

#### **Якими є складники екологічних ніш?**

Термін «екологічна ніша» запропонував американський натураліст **Джозеф Грінелл** (1877–1939) ще у 1917 р. для характеристики екологічних умов існування та просторового місцерозміщення каліфорнійських пересмішників, які найбільш відомі своєю здатністю відтворювати голосові сигнали.

Дещо пізніше англійський еколог **Чарлз Елтон** (1900–1991) визначив нішу як «місце організму в біотичному угрупованні, його відносини з іншою та ворогами», акцентувавши увагу на функціональному статусі організмів виду в угрупованні. Повніше уявлення про екологічну нішу дає багатовимірна модель, яку розробив у 1957 р. англо-американський учений **Евелін Хатчінсон** (1903–1991). Він запропонував розглядати еконішу як увесь діапазон чинників середовища, в якому певний вид упродовж тривалого часу проживає й розмножується. Американський еколог **Юджин Одум** (1913–2002) назвав екологічну нішу «професією» виду, що є наслідком адаптації організмів виду до існування в екосистемі.

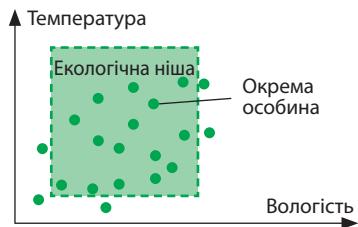
У сучасній екології під екологічною нішою розуміють місце організму, популяції або виду в природі, що визначається трьома складниками: 1) просторовим розташуванням в екосистемі; 2) взаємозв'язками з абіотичними й біотичними чинниками місця існування; 3) екологічними функціями в екосистемі.

Отже, **ЕКОЛОГІЧНА НІША** – це просторове й функціональне багатовимірне місце виду (організмів, популяції) в екосистемі, що визначається їхнім біотичним потенціалом і сукупністю чинників довкілля, до яких він пристосований.

#### **У чому полягає суть параметрів екологічної ніші?**

Для характеристики екологічної ніші використовують два основні параметри: ширину ніші та перекриття ніші із сусідніми.

**Ширина екологічної ніші** – параметр, який визначають за діапазоном дії будь-якого екологічного чинника в межах угруповання та оцінюють шляхом порівняння з шириною екологічної ніші інших видів (організмів, популяцій). Наприклад, ширину ніші можна визначити за інтенсивністю освітлення, довжиною ланцюгів живлення, компонентами їжі тощо. Екологічна ніша може бути різної ширини за різними вимірами (трофічні зв'язки, просторовий розподіл тощо). Для тварин зазвичай використовують три вісі багатовимірної ніші: місце проживання (просторова ніша), живлення (трофічна ніша) і добова активність (часова ніша). Таким чином, ширину ніші є різноманітність ресурсів, що використовуються певним видом (організмом). Графічно екологічну нішу можна визначити як ділянку дво- або багатовимірного графіка (ил. 10).



Іл. 10. Двовимірна модель екологічної ніші

**Перекривання екологічної ніші** – це параметр, що характеризує використання видами (популяціями, організмами) одних і тих самих ресурсів середовища і характер конкуренції між ними. Перекривання виникає, якщо різні види використовують одні й ті самі ресурси. Перекривання може бути повним або частковим, за одним або декількома параметрами екологічної ніші. Ніші можуть зовсім не перекриватися, і види не конкурують один з одним. За часткового перекривання види співіснують завдяки специфічності їхніх пристосувань. Якщо ж ніші видів повністю перекриваються, то відбувається конкурентне виключення одного з видів або витіснення домінуючим конкурентом свого суперника.

Отже, основними параметрами, що характеризують екологічні ніші різних видів, є їхні ширина та ступінь перекривання.

### Які правила характеризують екологічні ніші?

Еволюційно взаємовідносини організмів формуються так, що види з подібними вимогами до середовища не можуть тривалий час існувати спільно. Ця закономірність сформульована **Г. Ф. Гаузе** (1910–1986), який досліджував харчові відносини декількох видів інфузорій, у вигляді **правила конкурентного виключення**: якщо два види з подібними вимогами до середовища (живлення, поведінки, місце розмноження тощо) вступають у конкурентні відносини, то один з них повинен загинути або змінити свій спосіб життя і зайняти нову екологічну нішу.

У природних екосистемах зазвичай всі ніші зайнято. Однак якщо це функціональне місце звільняється (наприклад, через винищення людиною чи хижаками), то воно заповнюватиметься функціонально близьким або екологічно аналогічним видом. Ця закономірність сформульована як **правило обов'язковості заповнення екологічних ніш**: порожня екологічна ніша завжди буває природно заповненою.

Отже, основними правилами, що характеризують екологічні ніші, є правило конкурентного виключення та правило обов'язковості заповнення екологічних ніш.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з ілюстрацією.

**Перекривання екологічних ніш річкових раків**

Найпоширенішими у водоймах України є такі види річкових раків, як **рак річковий вузькопалий** (*Astacus leptodactylus*) і **рак річковий широкопалий** (*Astacus astacus*). Вони є конкуруючими видами, і рак вузькопалий витісняє рака широкопалого. Який вид перекривання екологічних ніш цих видів річкових раків? Змоделюйте наслідки значного перекривання екологічних ніш конкуруючих видів.



## Біологія + Поезія. Різноманітність екологічних ніш

У шотландського поета Роберта Бернса є вірш «Кінець літа» з такими рядками.

Вальдшнепи люблять тихий ліс,	В грибній тиші гаявин.
В'юрки – місця чагарників.	А глід колючий і густий –
А чаплі з висоти небес	Житло для коноплянок.
Летять в свій край річковий.	У кожного є звичай свій,
Дрозди в ліщиннику живуть,	Свій шлях, свої бажання...

Чому кожний вид має «свій шлях, свої бажання», тобто свою екологічну нішу?



Р. Бернс

## СТАВЛЕННЯ

**Біологія + Біорізноманіття. Функціональне місце видів**

У тайзі, соснових борах, у густих листяних і змішаних лісах коричневі або сірі, округлі або гостроверхі мурашки є ознакою здорового лісу. Із близько 70 видів мурах, які мешкають на території України, найпоширенішими й найкориснішими для лісу є **руді лісові мурахи** (*Formica rufa*). Яке функціональне місце цих мурах у лісовій екосистемі?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке екологічна ніша? 2. Назвіть параметри екологічної ніші. 3. Що таке ширина екологічної ніші? 4. Що таке перекривання екологічної ніші? 5. Дайте визначення правила конкурентного виключення. 6. Дайте визначення правила обов'язковості заповнення екологічних ніш.
7 – 9	7. Якими є складники екологічних ніш? 8. У чому полягає суть параметрів екологічної ніші? 9. Сформулюйте правила, що характеризують екологічні ніші.
10 – 12	10. Якими можуть бути наслідки значного перекривання екологічних ніш конкуруючих видів?

*Необхідно бігти щодуху, щоб залишатися на одному й тому самому місці.*  
Л. Керролл. Аліса в Задзеркаллі

## § 7. ПОНЯТТЯ ПРО СПРЯЖЕНУ ЕВОЛЮЦІЮ ТА КОАДАПТАЦІЮ

**Основні поняття й ключові терміни: КОЕВОЛЮЦІЯ. КОАДАПТАЦІЯ.**

**Пригадайте!** Що таке еволюція?



### У світі цікавого

**Гіпотеза Чорної Королеви** (англ. *Red Queen hypothesis*), або **ефект Чорної Королеви** (в англійській мові відома як гіпотеза Червоної королеви, оскільки колір шахових фігур за часів Л. Керролла був близьким до червоного) – це еволюційна гіпотеза Л. ван Валена, що пояснює переваги статевого розмноження організмів і постійні еволюційні перегони озброєнь між конкуруючими видами та між паразитом і хазяїном. Принцип Чорної Королеви формулюється так: «Для еволюційної системи сталий розвиток необхідний лише для того, щоб зберігати свою відносну пристосованість щодо систем, які коеволюціонують з нею». Що ж таке коеволюція?



### ЗМІСТ

#### Яке біологічне значення коеволюційних відносин?

**КОЕВОЛЮЦІЯ** (від лат. *co* – разом та *evolutio* – розортання), або **спряжена еволюція**, або **коадаптивна еволюція** – еволюційна взаємодія організмів різних видів, які не обмінюються генетичною інформацією, але об'єднані тісними екологічними зв'язками. Першим концепцію коеволюції запропонував у 1968 р. **М. В. Тимофєєв-Ресовський** (1900–1981). З погляду еволюційної біології біологічні види не можуть зупинитися у своєму розвитку. Навіть за відсутності змін неживої природи організми змінюються, оскільки співіснують з іншими видами, які також еволюціонують.

У процесі коеволюції видів складаються такі взаємовідносини, за яких види-партнери стають певною мірою взаємно необхідними. Наприклад, бджола медоносна, добуваючи нектар і пилок, здійснює перехресне запилення квіткових рослин; хижаки, вибраковуючи серед своїх жертв неповноцінних особин, стають важливими регуляторами їхньої чисельності. Результатом коеволюції є взаємні адаптації двох видів (коадапції), що забезпечують можливість їхнього спільнотного існування та підвищення стійкості біогеоценозу як цілісної біологічної системи.

Найпоширенішими формами коеволюції є відносини в системах «тварини-



Іл. 11. Приклади коеволюційної системи «запилювачі – квіткові рослини»

запилювачі – квіткові рослини» (іл. 11), «рослиноїдні тварини – рослини», «хижак – жертва», «комахоїдні рослини – комахи», «паразит – хазяїн», «організми-галоутворювачі – рослини», «рослина – гусениці, що її поїдають» та різні види симбіозу.

Отже, коеволюція створює комплекс сумісних адаптацій у різних видів, що забезпечує стабільне функціонування природних саморегулювальних екосистем. Така екосистема розвивається й адаптується до змін зовнішніх умов і водночас зберігає стабільність видового складу та їх взаємозв'язків.

### Якими є механізми формування коадаптацій?

**Коадаптація** – взаємопристосування різних видів у процесі спряженої еволюції до нових умов існування. Найбільш досліджено коадаптації у системі «тварини-запилювачі – квіткові рослини». У квіткових їхні квіти різного забарвлення, склад нектару, форма пилкових зерен, виділення ароматичних речовин, часто й сама будова квітків формуються спряжено зі здатністю різних видів тварин (комах, птахів, кажанів, молюсків, приматів) розрізняти кольори, споживати нектар і пилок, сприймати запахи тощо. Прикладом коадаптації є й взаємопристосування форми квітки та будови ротового апарату комах (іл. 12).

Велика кількість коадаптацій формується на основі харчових (трофічних) зв'язків. Наприклад, різні види тварин (сойки, бурундуки, шишкарі), споживаючи насіння й плоди, сприяють розселенню рослин.

Коадаптивні пристосування є екосистемними адаптаціями, що відповідають пристосуванням міжвидового рівня й виникають всередині екосистем. Коадаптації здійснюються й реалізуються на рівні популяцій, оскільки саме популяції є елементарними одиницями еволюції. Формування коадаптацій відбувається упродовж тривалого часу на основі змін генетичного матеріалу під контролем природного добору. Коадаптації, що відбуваються водночас із екологічною спеціалізацією, забезпечують «прилаштування» видів один до одного, що дуже важливо для стабільності екосистем та їх тривалого існування в часі. Шляхом коадаптацій в екосистемах відбувається й просторовий розподіл видів по ярусах, упаковання екологічних ніш, формування життєвих форм та ін.

Отже, коадаптації є сумісними еволюційними пристосуваннями представників різних систематичних груп у межах екосистеми, що виникли в процесі спряженої еволюції.



#### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота на зіставлення. Форми коеволюції

Зіставте наведені коадаптації (1 – 6) з відповідними формами спряженої еволюції (А – Е). Дайте характеристику одного із прикладів коадаптацій.



Іл. 12. Язикан звичайний – комаха з ряду лускокрилих

1 Алкалойди картоплі є системою детоксикації колорадського жука	A Хижак – жертва
2 Нектарники флоксів і сисний апарат язикана звичайного	B Паразит – хазяїн
3 Відростки кінцівок м'ясних мух і волоски венериної мухоловки	B Запилювач – квіткові рослини
4 Полювання левів і стадна поведінка африканських буйволів	Г Симбіоз
5 Мутаційні процеси вірусів і гуморальний імунітет людини	Д Комахоїдні рослини – комахи
6 Целюлозолітичні бактерії та травна система термітів	E Фітофаги – рослини

### **Біологія + Письмова мова. «Чорнильні горішки»**

Однією з форм коеволюції є відносини галоутворювачів з рослинами. Так, **дуб звичайний** (*Quercus robur*) коеволюціонує з **горіхотворкою** дубовою (*Diplolepis quercusfolii*), яка відкладає яйця в листки. Крихітна личинка проколює листки та починає смоктати сік. У ділянках пошкоджень накопичується велика кількість дубильних речовин-галотанінів, які, змішуючись із сіллю ферум(II) сульфатом, спричиняють утворення горіхоподібних виростів. Їх називають «чорнильними горішками», оскільки з них у минулому виготовляли стійкі чорнила. У чому полягає взаємнообхідність цих коеволюційних відносин між дубом і горіхотворками?



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Література. Сойка та екосистеми**

«До дуба підлетіла чимала пташка. Вона накинулася на жолуді. Набрала у дзьоб, змахнула крилами, полетіла до старої ялини. Підозріло обдивилася навколо, певно, пересвідчувалася, чи ніхто не стежить за нею, не придувляється, де вона ховає на зиму свої жолуді» (В. Титаренко). Назвіть лісового птаха з родини Воронові. Яка роль сойок у житті лісових екосистем?



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке коеволюція? 2. Що є результатом коеволюції? 3. Назвіть найпоширеніші форми коеволюційних відносин. 4. Що таке коадаптація? 5. Наведіть приклади коадаптації. 6. Що є рушійною силою коадаптації?
7 – 9	7. Яке біологічне значення коеволюційних відносин? 8. Якими є механізми коадаптації? 9. Дайте характеристику однієї з коадаптацій організмів.
10 – 12	10. Чому коеволюція є основою функціонування стабільних екосистем?

Організм має справу із середовищем, до якого він  
пристосований і яке пристосоване до нього.  
В. І. Вернадський

## § 8. СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ

Основні поняття й ключові терміни: **СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ. Принцип єдності організмів і середовища їхнього існування.**

**Пригадайте!** Що таке екосистеми?



### Знайомтеся!

«Ой, смереко, чарівна моя смереко...», – так починається приспів відомої української пісні Любомира Якима. Смерекою називають одне з найулюблених і найпоширеніших у Карпатах дерев. Видова назва рослини – **ялина європейська** (*Picea abies*). Смерека суттєво впливає на природні умови, оскільки утворює в цих горах близько 40 % усіх лісів. Що є середовищем існування для смереки? У чому полягає єдність ялини або будь-якого іншого виду із середовищем існування?



### ЗМІСТ

#### Як середовище існування впливає на організми?

**СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ** – це природні процеси й тіла, з якими організми різних видів під час свого життя перебувають у прямих або непрямих взаємовідносинах. Середовище існування є частиною природи, що безпосередньо оточує організми й утворене певними компонентами. Вони мають для живого корисне, нейтральне або навіть шкідливе значення і є причиною формування пристосувань. Окрім компонентів середовища існування – це екологічні чинники, що створюють умови існування організмів або є ресурсами середовища існування.

**Умови існування** – це компоненти середовища існування, що впливають на організми і визначають їхні життєві прояви. Ці умови можуть мати необхідний або достатній характер. Так, для проростання насіння ялини необхідними умовами є тепло, вологість й повітря, а, наприклад, світло, земне тяжіння, атмосферний тиск – достатніми. Для усіх організмів певного місцеіснування ці умови є однаковими й мають невичерпний характер. Основні умови існування середовища життя (світловий й температурний режими, хімічний склад, вологість) визначаються властивостями його основних ресурсів (води, повітря, ґрунту й біомаси).

**Ресурси середовища існування** – сукупність природних чинників, що використовуються в разі потреби для життєдіяльності організмів. Природні ресурси поділяють за походженням на **ресурси неживої природи** (сонце, повітря, мінеральні речовини, вода) і **ресурси живої природи** (біомаса рослин, тварин). Так, для фотосинтезу ялини потрібні світлова енергія, вуглекислий газ, вода, мінеральні речовини як джерело Магнію або Феруму, для поширення насіння – шиші-карі й білки, для мінералізації опалої хвої – бактерії й гриби. Є серед ресурсів і такі, яких на всіх не вистачає. Вони можуть обмежувати існування організмів, і тому їх називають **лімітуючими ресурсами**. Наприклад, вода в пустелях, тепло

в арктичних пустелях, їжа – в помірних широтах. На відміну від умов існування ресурси завжди мають вичерпний характер і кількісно зменшуються внаслідок життєдіяльності організмів.

За особливостями умов існування й визначальними властивостями ресурсів розрізняють чотири типи середовища мешкання: **наземно-повітряне, водне, ґрутове та гостальне**.

Отже, середовищем існування для будь-якого виду організмів є умови існування та природні ресурси як джерело речовин, енергії та інформації про довкілля.

### Як організми впливають на середовище існування?

У процесі життєдіяльності будь-який організм віддає в середовище свого існування трансформовані речовини, енергію й інформацію. Сумарні ефекти таких впливів настільки є значними, що науковці вказують на **середовищеутворювальну функцію** організмів. Сутність її полягає в тому, що живі організми за сприятливих умов існування перетворюють фізико-хімічні параметри середовища. Вплив організмів на середовища існування є результатом таких біогеохімічних функцій організмів у біосфері, як: **енергетична** (перетворення енергії у процесах фотосинтезу, хемосинтезу, терморегуляції), **концентраційна** (вибіркове накопичення в процесі життєдіяльності певних елементів і речовини), **деструкційна** (перетворення складніших речовин на простіші у процесах руйнування гірських порід, мінералізації органічних решток), **транспортна** (переміщення хімічних елементів і речовин проти сили тяжіння). Саме завдяки середовищеутворювальній функції організмів перетворений газовий склад наземно-повітряного, створено ґрутове, очищується водне та існує гостальне середовища існування.

Отже, в системі «середовище існування – організми» саме живі істоти є активними учасниками, які забезпечують існування цієї системи в часі.

### Якими є закономірності взаємодії між організмами та середовищем існування?

Середовище існування є джерелом усього необхідного для організмів, сприяє мінливості, зумовлює формування адаптацій, виникнення нових популяцій і видів. Водночас організми змінюють середовище існування, і роль їх у цьому надзвичайно велика. Ґрунтоутворення, біофільтрація, азотофіксація, утворення осадових порід, мінералізація решток – це лише незначний перелік тих процесів, які впливають на ресурси та умови середовища існування. Ця закономірність називається **законом єдності організмів і середовища їхнього мешкання**, що в різний час сформульований К. Ф. Рульє, І. М. Сеченовим та В. І. Вернадським: **між живими організмами та їх середовищем існування формуються тісні взаємовідносини та взаємозалежності**, що зумовлюють їх діалектичну єдність.

Живі організми – активний компонент екосистем, який перетворює речовину та енергію, збагачує середовище новою інформацією. Тиск організмів на середовище зростає доти, доки не буде обмежений зустрічним впливом чинників середовища (дефіцит ресурсів, уплив конкуруючих організмів). Звідси випливає **правило «максимального тиску життя»**: організми використовують весь наявний ресурс і розмножуються з такою інтенсивністю, що забезпечує максимально можливу їх кількість.

Отже, між організмом і середовищем його мешкання є постійні взаємозв'язки, що визначають їхню життєдіяльність у часі.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота на застосування знань.

### Вплив середовища існування на організми

Визначте видову належність зображеного організму та схарактеризуйте особливості його екологічної ніші (середовище існування, місцеіснування, живлення, добова активність). Назвіть основні умови існування та природні ресурси, необхідні для життєдіяльності цієї комахи. Сформулюйте висновок про вплив середовища мешкання на істоти.



### Біологія + Література. Ліщина та її середовище мешкання

«Трапилось так, що не знайшли чай, чи було лінъки шукати, то старий Сірко заварив мисливський – зломив гілочку ліщини з сухим брунатним листом і опустив в окріп. Чай і вийшов не гірший за китайський» (І. Багряний. Тигролови). Які функції **ліщини звичайної** (*Corylus avellana*) в лісовій екосистемі?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Екологія. Опеньок темний та екосистема

Найбільшим організмом на Землі є гриб **опеньок темний** (*Armillaria ostoyae*), який росте в лісовому заповіднику Малур американського штату Орегон. Його вегетативне тіло простягається під землею на площі в 8,4 км<sup>2</sup> і сягає маси 600 т. Вік цієї істоти – вже понад 2 000 років. Цей гриб-паразит розщеплює лігнін деревини і становить дуже серйозну загрозу для лісів. Обґрунтуйте судження про можливість загибелі екосистеми через цей гриб.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке середовище існування? 2. Назвіть основні складники середовища існування. 3. Назвіть функції організмів у середовищі мешкання. 4. Наведіть приклади змін середовища під дією організмів. 5. У чому полягає суть принципу єдності організмів та їх середовищ існування? 6. Як формулюється правило максимального тиску життя?
7 – 9	7. Як середовище існування впливає на організми? 8. У чому полягає суть середовищеутворювальної функції організмів? 9. Якими є закономірності взаємодії між організмами та середовищем існування?
10 – 12	10. Доведіть на конкретному прикладі єдність організмів і середовища існування.

Вода – колиска життя й джерело буття.  
І вічна тривога та вічне захоплення, а ще – вічна загадка.  
Енциклопедія води

## § 9. ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ

Основні поняття й ключові терміни: **ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ. Гідробіонти.**

**Пригадайте!** Що таке вода?



### Поміркуйте!

**Риби** – група хребетних тварин, що в процесі еволюції сформувалась у водному середовищі і живе тільки в ньому. У світовій фауні налічується близько 21 000 видів риб, поширеніх у морських та прісних водоймах, від глибоких океанічних западин до гірських струмків. Чому риби є найчисленнішою й найрізноманітнішою групою хребетних, хоча водне середовище найбільш однорідне й найстабільніше?



### ЗМІСТ

#### Які особливості водного середовища існування?

**ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ** – це абіотичне середовище існування, основним ресурсом якого є вода. Це те середовище, в якому, найбільш ймовірно, виникло й еволюціонувало життя. Умови існування в межах водного середовища визначаються властивостями води, а лімітуючими ресурсами є кисень, світло і мінеральні речовини.

Вода як середовище існування має **високу густину**, яка у морської води трохи вища (при 20 °C близько 1,03 г/см<sup>3</sup>), ніж у прісної води (близько 1 г/см<sup>3</sup>). Густина води залежить від температури, вмісту солей та змінюється з глибиною (зростає на 1 атм на кожні 10 м), що визначає істотні перепади тиску під час занурення. Найбільшою є густина води в океані на великих глибинах.

Висока теплоємність й низька тепlopровідність води визначають **стабільніший температурний режим**, але для різних водойм характерна різноманітність температурних умов. Так, у полярних водах середньорічна температура становить близько +2 °C, на глибинах +4 °C, в екваторіальних водах +26 °C, а в гарячих джерелах +100 °C і більше.

Водне середовище має відносно **низький вміст кисню** (близько 10 мл/л, що у 21 раз менше, ніж у атмосфері) через слабку розчинність цього газу. У прісній і особливо морській воді значно більшим є вміст CO<sub>2</sub> (майже в 150 разів більше, ніж у атмосфері), що позначається на фотосинтезі водоростей і формуванні захисних вапнякових утворів безхребетних.

У воді значно **менша кількість світла**, ніж у повітрі, що пояснюється відбиттям від поверхні водойм та сильним поглинанням світлових променів у водній товщі. Окрім того, прозорість води залежить від кількості завислих у ній часточок. Через те загальна освітленість водойм швидко зменшується з глибиною, і межа фотосинтезуючої зони є дуже різною у водоймах. Як правило, на глибинах понад 250 м фототрофи існувати вже не можуть.

Важливим чинником водного середовища є **сольовий режим**. Вміст мінеральних солей у природних водоймах змінюється досить сильно – від 0,01 г/л у водах льодовикових озер до 35 г/л в океані. Найсолоніша вода – у Мертвому морі (230 г/л). За солоністю усі природні води поділяються на прісні (до 1 г/л), солонуваті (1 – 30 г/л), морські (30 – 40 г/л) і пересолені (понад 40 г/л).

Отже, водне середовище має ряд специфічних особливостей, якими є висока густина, стабільніший температурний режим, низький вміст кисню, менша кількість світла та певний сольовий склад.

### За яким критерієм розрізняють екологічні групи гідробіонтів?

**Гідробіонти** – морські та прісноводні організми, які постійно живуть у водному середовищі. Найпоширенішими представниками середовища є водорості, одноклітинні твариноподібні, кишковопорожнинні, війчасті черви, ракоподібні, молюски, голкошкірі, риби. До гідробіонтів також належать амфібії, які живуть у воді частину свого життєвого циклу. Основними екологічними групами гідробіонтів є нейстон, планктон, нектон та бентос.

**Нейстон** – сукупність організмів, які живуть на межі водного та повітряного середовищ. Ці ділянки населяють твариноподібні організми, планарії, дрібні молюски, клопи-водомірки, жуки-вертячки, личинки риб, ряска мала, сальвінія плаваюча та ін. **Планктон** – сукупність організмів, які дрейфують у товщі води та не можуть активно протистояти течіям. Головними умовами існування організмів цієї групи є достатня кількість світла і наявність у воді мінеральних речовин – нітратів й особливо фосфатів. Найпоширеніші групи планктону – бактеріофаги, бактерії, археї, одноклітинні водорості, медузи, дрібні ракоподібні, молюски, личинки риб. **Нектон** – сукупність активно плаваючих організмів, які мешкають у водній товщі, можуть активно протидіяти течії та переміщуватись на значні відстані. Нектонними організмами є кальмарі, риби, морські змії, черепахи, пінгвіни, китоподібні, ластоногі та ін. **Бентос** – це рослинні та тваринні організми, що живуть на ґрунті та в ґрунті морських та прісних водойм. До бентосу належать червоні й бурі водорості, кишковопорожнинні (корали, актинії), голкошкірі (морські їжаки та зірки), молюски (устриці, мідії, гребінці), ракоподібні (лангусти, краби).

Отже, екологічні групи гідробіонтів розрізняють за просторовим розташуванням у водному середовищі та здатністю до переміщення.

### Як гідробіонти пристосовані до водного середовища?

У просторах водного середовища існування є ділянки з подібними умовами життя, до яких у гідробіонтів різних систематичних груп формуються подібні адаптації.

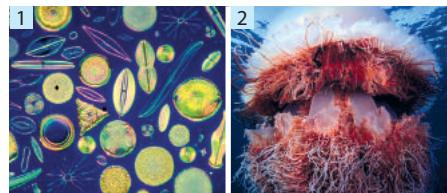
**Нейстонні організми** живуть над поверхневою плівкою, прикріплюються до неї знизу або живуть у воді на глибині до кількох сантиметрів. Прикладом організмів, які живуть над поверхневою плівкою,



Іл. 13. Нейстонні організми: 1 – водомірка ставкова (*Gerris lacustris*); 2 – главатлантичний («блакитний ангел») з черевного боку (*Glaucus atlanticus*)

є клопи-водомірки (ил. 13). Нижня частина тіла і кінчики кінцівок вкриті хітиновими волосками й воскоподібною речовоиною, завдяки чому водомірки не тонуть й ковзають по воді. До поверхневої плівки примикають жуки-водолюби, молюски, личинки комарів з дещо іншими адаптаціями. Так, у молюска блакитний ангел наявні довгі вирости ноги для збільшення плавучості та періодичного заковтування бульбашок повітря. Згодом він їх зберігає у шлунку та підтримує положення тіла, за якого спинний бік звернений униз, а нога прилягає до поверхні води.

**Планктонні організми** трапляються на будь-якій глибині, але найчисленніше є група фітопланктону, представники якої заселяють добре освітлені шари води. Щоб зависати у воді, фітопланктонні організми (наприклад, *діатомові водорості*) збільшують свою поверхню порівняно з масою (ил. 14). Їхнє тіло має дрібні розміри, численні вирости, жирові включення. Є у цих організмів й органи руху, але вони допомагають лише їхньому ширянню у воді. Деякі організми для переміщення мають утвори, що використовують силу вітру (наприклад, міхур у вигляді паруса у *фізалії португальської*). Прикладом адаптації великих планктонних організмів (*ціанея арктична*, *реброплав венерин пояс*) є відсутність важких скелетних утворів, підвищений (до 99 %) вміст води, напівпрозорість тіла.



Іл. 14. Планктонні організми:

- 1 – діатомові водорості;
- 2 – ціанея арктична (*Cyanaea capillata*)

**Нектонні організми** здатні до активного переміщення у воді, а деколи навіть переміщення у повітрі на десятки метрів (летючі риби). Постійними й типовими представниками нектону є риби, кальмарі, морські змії, китоподібні (ил. 15). До нектону належать також ті організми, які розмножуються на суходолі, але живляться у воді. Це водяні черепахи, пінгвіни, ластоногі, морські видри. Прикладами адаптації нектонних організмів є плавці, ласти, сильні м'язи для швидкого руху, обтічна форма тіла, слизовий шар та особлива будова покривів для зменшення опору води, розвинуті органи дихання для швидкого газообміну й тривалого занурення та ін.



Іл. 15. Нектонні організми: 1 – кальмар тихоокеанський (*Todarodes pacificus*); 2 – черепаха зелена (*Chelonia mydas*)

**Бентосні організми** можуть жити на поверхні (епібентос) або всередині (ендобентос) ґрунту, водойм, вони утворюють фітобентос й зообентос. У складі бентосу є прикріплени й неприкріплени види. Для утримання на поверхні ґрунту бентосні організми збільшили свою масу завдяки зовнішньому скелету (тридакни, устриці, мідії, беззубки) і розвинули різні органи прикріплення (ризоїди чи підошва водоростей, основа тіла губок (ил. 16).



Іл. 16. Бентосні організми:

- 1 – беззубка звичайна (*Anodontia cygnea*); 2 – ламінарія японська (*Laminaria japonica*)

У багатьох малорухливих донних мешканців сплощена форма тіла (камбала, скати), є додаткові органи дихання (покриви у в'юнів), розвинута біолюмінесценція (глибоководні вудильники).

Отже, в межах екологічних груп гідробіонтів існують свої стратегії формування адаптацій й життєві форми організмів.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з ілюстрацією. Адаптованість гідробіонтів до середовища існування

Визначте та назвіть окрім морфологічні, фізіологічні та етологічні адаптації **карася звичайного** (*Carassius carassius*) до середовища існування. Розпізнайте та вкажіть приналежність виду до певної екологічної групи гідробіонтів.



### Біологія + Екологія. Гідробіонти й біоіндикація

**Ряска мала** (*Lemna minor*) – один з найпоширеніших видів вищої водної рослинності прісноводних екосистем усіх континентів, крім Антарктиди. Рослина невибаглива до умов зростання, швидко розмножується як у забрудненій воді, так і в чистих водоймах із стоячою водою. Визначте екологічну групу та адаптації, що забезпечують високий ступінь адаптованості ряски малої до водного середовища існування.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Фізика. Гідробіонти й звук

Звуки використовуються гідробіонтами для полювання, передбачення штурму, організації у зграї, комунікації, приваблювання особин протилежної статі тощо. У гідробіонтів орієнтація на звук і звукове сприйняття розвинута краще, ніж на світло (ил. 17). На вашу думку, чому? Якими є адаптації гідробіонтів до звуку?



## РЕЗУЛЬТАТ

Ил. 17. Фотографія руху звуків в рідині (Л. Гледхіл)

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке водне середовище існування? 2. Наведіть приклади особливостей водного середовища. 3. Хто такі гідробіонти? 4. Назвіть екологічні групи гідробіонтів. 5. Наведіть приклади адаптацій гідробіонтів. 6. Наведіть приклади гідробіонтів різних екологічних груп.
7 – 9	7. Які особливості водного середовища існування? 8. За яким критерієм розрізняють екологічні групи гідробіонтів? 9. Як пристосовані гідробіонти до водного середовища?
10 – 12	10. Як розпізнати приналежність видів тварин чи рослин до певної життєвої форми?

*Ще неймовірніше, ніж море,  
Ще більш змістовніше – повітря.  
А. Вісенце*

## § 10. НАЗЕМНО-ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ

Основні поняття й ключові терміни: **НАЗЕМНО-ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ. Аеробіонти.**

**Пригадайте!** Що таке екологічні чинники?



### Вступна вправа

**Атмосферне повітря** – це життєво важливий компонент навколошнього середовища, що є природною сумішшю газів. У повітрі розрізняють **сталі** (кількість яких не змінюється) й **змінні** (кількість залежно від умов може значно змінюватись) складники. Це **азот, вуглекислий газ, водень, озон, кисень, інертні гази, метан, сірководень, водяна пара, амоніак, оксиди Сульфуру**. Визначте, які з цих газів є сталими, а які – змінними складниками повітря. Яке значення має повітря для живого?



### ЗМІСТ

#### Які особливості наземно-повітряного середовища існування?

**НАЗЕМНО-ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ** – це **абіотичне, найрізноманітніше за своїми умовами існування середовище, основним ресурсом якого є повітря**. Складність й різноманітність умов існування цього середовища пояснюється взаємодією трьох оболонок Землі: гідро-, літо- і атмосфери. У формуванні умов існування середовища і, насамперед газового складу повітря, першочергову роль відіграють організми. Живі істоти поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень в процесі фотосинтезу або поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ під час дихання, фіксують атмосферний азот, утворюють амоніак тощо. Провідна роль у середовищі належить таким чинникам, як газовий склад повітря, світло, температура й вологість. Лімітуючими чинниками найчастіше є нестача або надлишок тепла й вологи.

**Хімічний склад повітря** є досить однорідним: азот – близько 78 %; кисень – близько 21 %, інертні гази – 0,9 %; вуглекислий газ – 0,03 %. Однак різні домішки (метан, сірководень, амоніак, оксиди Сульфуру й Нітрогену, часточки пилу тощо) можуть мати суттєве екологічне значення. Низька густина повітря визначає його малу підйомну силу та незначну силу опору, а також зумовлює порівняно низький тиск на суходолі. У нормі він дорівнює 760 мм рт. ст. Зі збільшенням висоти над рівнем моря тиск зменшується і може обмежувати розповсюдження видів.

**Світловий режим** наземно-повітряного середовища характеризується великою інтенсивністю і кількістю світла. Світло – це єдиний чинник, зміни якого є ритмічними, і тому це основний сигнальний чинник, що зумовлює наявність в організмів сезонних і добових ритмів. Значення світла для різних організмів пов’язане з променями трьох ділянок спектра: ультрафіолетовими променями

(до 0,4 мкм; близько 10 % енергії променів, що досягають земної поверхні, видимим світлом (0,4–0,75 мкм; близько 45 % від загальної кількості) та інфрачервоними променями (більш ніж 0,75 мкм; близько 45 % від загальної кількості)).

**Температура** має велике значення в житті організмів, оскільки впливає на температуру тіла, що позначається на швидкості реакцій обміну речовин. Характеризуючи температуру як екологічний чинник, треба розрізняти температуру повітря, температуру ґрунту і різницю між ними. Особливістю температурного режиму наземно-повітряного середовища є велика амплітуда температурних коливань як упродовж доби, так і протягом року. Разом із дією світла це має важливе сигнальне значення, оскільки регулює періоди активності організмів і забезпечує їхні біоритми.

**Вологість повітря** є чинником, що характеризується вмістом водяної пари в атмосфері. Наявність вологи в повітрі різко змінює його тепlopровідність і теплоємність. Через те спеку і холод за умов високої вологості витримувати значно важче. Вологість у наземно-повітряному середовищі коливається в широких межах, а дефіцит вологи – це одна з його найістотніших особливостей.

Отже, в наземно-повітряному середовищі достатньо світла і повітря, проте вологість і температура повітря є досить мінливими чинниками.

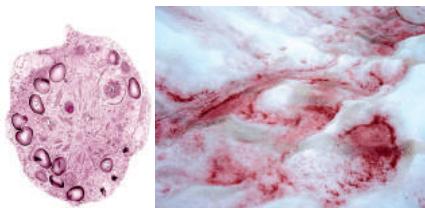
### Що є причиною різноманітності екологічних форм аеробіонтів?

**Аеробіонти** (від грец. *аерос* – повітря, *біонтос* – той, хто живе) – організми, які населяють наземно-повітряне середовище. В основу екологічних класифікацій мешканців наземного середовища покладено найрізноманітніші критерії: способи живлення, локомоції, відношення до вмісту кисню, температури, вологості, тиску тощо.

За відношенням до вмісту кисню організми поділяють на анаероби та аероби. **Анаероби** – організми, які здатні жити й розвиватися в безкисневому середовищі. Це анаеробні бактерії, дріжджеві гриби, внутрішні паразити, глибоководні організми. **Аероби** – організми, здатні існувати лише в кисневмісному середовищі. Представниками групи є більшість рослин, тварин і грибів.

За відношенням до температури аеробіонти поділяють на теплолюбні (термофіли) і холодолюбні (кріофіли). **Термофіли** – це екологічна група видів, які живуть в умовах постійно високих температур. Це ціанобактерії гарячих джерел, археї чорних курців, тварини пустель, тропічні птахи. **Кріофіли** – види, які спеціалізовані до життя в холодних умовах. Прикладом таких організмів є хламідомонада снігова, снігова муха, безкрилі зимові комарі, білий ведмідь (іл. 18).

За відношенням до вологості аеробіонти поділяють на гігрофіли й ксерофіли. **Гігрофіли** пристосовані до життя в умовах високої вологості (мокриці, дощові черв'яки, росянка), а **ксерофіли** пристосовані до місцеіснувань зі зниженою вологістю (саксаул, ковила, тушканчики, верблюди).



Іл. 18. Хламідомонада снігова (*Chlamydomonas nivalis*) – одноклітинна кріофільна зелена водорость, що спричиняє явище «червоного снігу»

Отже, різноманітність умов існування наземно-повітряного середовища зумовлює наявність багатьох екологічних класифікацій, що відображають подібність представників різних груп, для яких характерні подібні шляхи адаптації.

### **Чому повітря є екологічним чинником для наземних організмів?**

Наземно-повітряне середовище є набагато складнішим для життя, ніж водне. Живі організми постійно оточені **повітрям**, що є газуватим середовищем з малою густиною, високим вмістом азоту, кисню, малою кількістю вуглекислого газу та водяної пари.

Мала густина повітря зумовлює низьку опірність щодо переміщення, тому велика кількість видів наземних тварин (блíзько 75 %) у ході еволюції набула здатності літати. Це комахи, птахи, літаючі амфібії, рептилії, ссавці. Адаптаціями до польоту є крила, розвинуті «літальні» м'язи, полегшена маса тіла. Спеціальними пристосуваннями до пасивного польоту є збільшення площи тіла або частин тіла (вирости, велика відносна поверхня крил, використання павутини). У багатьох видів розвинута **анемохорія** – розселення за допомогою повітряних течій. Анемохорія характерна для спор, насіння, плодів, цист найпростіших, дрібних комах, павуків. Через незнанчу силу опору повітря усі мешканці повітряного середовища пов'язані з поверхнею землі, яка слугує їм для закріplення у ґрунті, відпочинку, розмноження. Ця властивість повітря зумовлює наявність у мешканців такої адаптації, як опорні структури. Так, у вищих рослин є механічні тканини, у комах – хітиновий екзоскелет, у птахів – кістковий ендоскелет.

Високий вміст кисню в повітрі сприяв підвищенню ефективності обміну речовин, і саме тому виникли гомойотермні організми, якими є птахи й ссавці. У цих організмів розвинуті фізіологічні механізми швидкої доставки кисню до клітин і біохімічні реакції його використання. Вміст вуглекислого газу в повітрі може змінюватися у досить значних межах. Через те в аеробіонтів наявні адаптації для регуляції надходження CO<sub>2</sub> в організм або його видалення з організму. Так, для надходження вуглекислого газу ґрутового походження в багатьох видів рослин продихи розташовані тільки на нижній поверхні листків або ж їх там набагато більше, ніж на верхній. Високий вміст азоту в повітрі сприяв формуванню у прокаріотів (цианобактерій, бульбочкових бактерій) здатності до азотофіксації, завдяки чому відбувається біологічний кругообіг Нітрогену.

Отже, повітря як абіотичний компонент наземного середовища існування є екологічним чинником, оскільки в організмів на його впливи існують різноманітні адаптації.



#### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота з таблицею. Порівняльна характеристика середовищ існування**

За допомогою таблиці порівняйте умови існування організмів водного й наземно-повітряного середовищ.

Умови існування	Середовище	
	водне	наземно-повітряне
Основний ресурс середовища		
Лімітуючі чинники		
Газовий склад		
Вологість		
Освітленість		
Температура		
Густота		
Екологічні групи		

### **Біологія + Міфологія. Адаптованість виду до умов існування**

Для назв організмів досить часто використовують імена персонажів грецької міфології. Назвіть імена богині пам'яті, бога світла й мудрості та відомого лікаря грецької армії під Троєю. Зіставте їх з відповідними зображеннями метеликів. Назвіть адаптації метеликів до наземно-повітряного середовища існування.



- A Мнемозина  
B Махаон  
В Аполлон



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Музика. Спів птахів і наземно-повітряне середовище**

Наприкінці ХХ ст. виник новий напрям науки – **зоомузикологія**, що досліджує співи тварин. Зіставте зображення найкращих лісових «вокалістів» з їхніми назвами і отримайте прізвище французького композитора, який є засновником зоомузикології. Чому саме спів є найважливішим засобом комунікації птахів у наземно-повітряному середовищі?



- A Дрізд чорний  
М Зяблик  
Ш Соловейко східний



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке наземно-повітряне середовище існування? 2. Що є основним ресурсом середовища? 3. Хто такі аеробіонти? 4. Назвіть основні екологічні групи аеробіонтів? 5. Що таке повітря? 6. Наведіть приклад властивостей повітря, що мають для живого найбільше екологічне значення.
7 – 9	7. Які особливості наземно-повітряного середовища існування? 8. Що є причиною різноманітності екологічних форм аеробіонтів? 9. Чому повітря є екологічним чинником для наземних організмів?
10 – 12	10. Чому саме спів є найважливішим засобом комунікації птахів у наземно-повітряному середовищі?

*Зміна температури дуже сильно позначається на багатьох фізіологічних процесах.*  
К. Шмідт-Ніельсон

## § 11. СПОСОБИ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ ОРГАНІЗМІВ

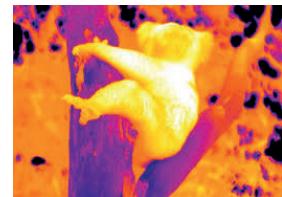
**Основні поняття й ключові терміни: ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ. Пойкілотермія. Гомойотермія.**

**Пригадайте!** Яке значення температури як екологічного чинника?



### Новини науки

За допомогою інфрачервоних теплових камер австралійські науковці виявили, що під час спеки сірі **коали** (*Phascolarctos cinereus*) спускалися по деревах нижче, де стовбури прохолодніші, й притискалися до них. У спеку, коли повітря прогрівалося до 39 °C, температура стовбурів була на 7 °C нижчою. Коали використовують стовбури як тепловий насос, що забирає надлишок тепла і є одним із механізмів фізичної терморегуляції. А якими є основні способи терморегуляції в організмів?



### ЗМІСТ

#### Як відбувається терморегуляція тіла організмів?

**ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ** (від грец. *термо* – тепло і лат. *regulo* – впорядковую) – сукупність фізіологічних процесів, що підтримують температуру тіла організму відмінною від температури навколошнього середовища. Організми мають різноманітні способи терморегуляції, що дають змогу в певних межах регулювати температуру тіла. Різниця між температурами тіла й середовища у рослин, твариноподібних організмів, більшості безхребетних є незначною, а терморегуляція здійснюється зазвичай через прояви поведінки або випаровування. Наслідком власної терморегуляції у рослин є те, що їхні листки тепліші, аніж повітря за низької температури, і холодніші – за високої. Найдосконалішим є механізми терморегуляції птахів і ссавців, у яких температура тіла підтримується на майже сталому рівні. Розрізняють три основні способи терморегуляції – етологічний, фізичний і хімічний.

**Етологічна (поведінкова) терморегуляція** забезпечує регуляцію температури тіла через прояви поведінки. Основними способами терморегуляції є зміна пози та активний пошук сприятливих місць. У найпростіших така поведінка виражена простими нерефлекторними термотаксисами, у вищих тварин – складними формами рефлекторної індивідуальної (наприклад, риття нір), групової (наприклад, утворення скупчень у люті морози у пінгвінів), соціальної (наприклад, регуляція температури всередині гнізда у бджіл) та умовно-рефлекторної поведінки. Більшість комах, рептилій та амфібій активно відшукують освітлені сонцем місця для нагрівання тіла. Наприклад, прудка ящірка на сонці за 20–25 хв підвищує температуру до 33–37 °C.

**Фізична терморегуляція** – це сукупність фізичних процесів, спрямованих на зміну рівня тепловіддачі. Основними процесами такої терморегуляції є кон-

векція, випаровування, теплообмін та випромінювання. Прикладами екологічно вигідної й економічної фізичної терморегуляції є транспірація в рослин, чудесна сітка (лат. *rete mirabile*) теплообмінників у зябрах деяких риб, рефлекторне розширення або звуження судин шкіри, потовиділення у ссавців, сезонні зміни теплоізолювальних властивостей пір'яного покриву птахів, товсті жирові прошарки у китів або тюленів та ін.

**Хімічна терморегуляція** – це сукупність хімічних процесів для активного збільшення теплоутворення у відповідь на зниження температури середовища. Основою є реакції біологічного окиснення та зміна рівня обміну речовин, що підвищує або знижує рівень утворення тепла в організмі. Хімічна терморегуляція вимагає значних затрат енергії. Проявами хімічної терморегуляції є виділення тепла під час м'язового тремтіння, теплоутворення в клітинах бурої жирової тканини.

Отже, основними способами регуляції температури тіла організмів є етологічна, фізична та хімічна терморегуляції.

## Як виживають організми в умовах змінних температур?

Залежно від джерела тепла та ступеня розвитку механізмів терморегуляції у живій природі виокремлюють дві стратегії виживання організмів – пойкіло- й гомойотермію.

**Пойкілотермія** (від грец. *пойкілос* – мінливий, *термо* – тепло) – це стратегія виживання організмів з несталою температурою тіла, що змінюється залежно від температури зовнішнього середовища і яка залежить від тепла, що надходить ззовні. Пойкілотермність властива всім мікроорганізмам, грибам, рослинам, безхребетним тваринам і значній частині хребетних (рибам, амфібіям, рептиліям) (іл. 19). Зовнішнє тепло ці організми отримують від сонячних променів, нагрітої води, повітря, навколоїшніх предметів. У них переважає поведінковий спосіб терморегуляції, що підтримує температуру тіла, яка зазвичай лише на 1–2 °C вища за температуру довкілля. Ряд пойкілотермних організмів має здатність до фізичної терморегуляції (наприклад, тепловіддача через слизові оболонки ротової порожнини у рептилій). Деякі види можуть утворювати внутрішнє тепло (наприклад, джмелі, метелики-брожники, пітони), але воно генерується внаслідок безпосередньої рухової активності. Загалом пойкілотермія не потребує додаткових енергетичних затрат і забезпечує активність організмів лише у вузькому діапазоні температур.

**Гомойотермія** (від грец. *гомойос* – однаковий, *термо* – тепло) – це стратегія виживання організмів зі сталою температурою тіла, яка не залежить від температури зовнішнього середовища, а залежить від тепла, що утворюється всередині. Гомойотермність властива птахам і ссавцям. Вони здатні підтримувати сталу оптимальну температуру тіла завдяки високому рівню окиснювальних процесів та еволюційному вдосконаленню кровоносної, дихальної та нервової систем. На відміну від пойкілотермних організмів для птахів й ссавців характерна хімічна терморегуляція, що є потужним джерелом внутрішнього тепла.



Іл. 19. Терморегуляторна поведінка плащоносної ящірки

У гомойотермних організмів наявні також різноманітні й досконаліші механізми фізичної та етологічної терморегуляції. Загалом гомойотермія забезпечує біологічну активність організмів у широкому діапазоні температур, але потребує значних енергетичних затрат на терморегуляцію.

**Отже, основними стратегіями виживання організмів у температурних умовах, що змінюються, є пойкілотермія й гомойотермія.**

### Яке біологічне підґрунтя правил Бергмана та Аллена?

Залежність розмірів і пропорцій тіла тварин у зв'язку із температурними умовами описують правила Бергмана та Аллена.

**Правило** німецького еколога **Карла Бергмана** (1814–1865) сформульоване ще у 1847 р. Й відображає адаптацію тварин для підтримання сталої температури тіла за різних кліматичних умов: якщо два близькі види гомойотермних тварин відрізняються розмірами, то більший мешкає в холоднішому, а дрібніший – у теплішому кліматі. Поясненням цього правила є те, що у тварин теплоутворення залежить від маси (об'єму) тіла, а тепловіддача – від площин поверхні тіла (іл. 20).

Американський зоолог **Джоель Аллен** (1838–1921) у 1877 р. помітив, що у багатьох ссавців і птахів Північної півкулі відносні розміри кінцівок та інших виступаючих частин тіла (хвостів, вух, дзьобів) збільшуються з поширенням на південний. Цю закономірність назвали **правилом Аллена**. Виступаючі частини тіла мають велику відносну поверхню, через яку відбувається посилене тепловіддача. Так, в арктичної лисиці морда, ноги, вуха, хвіст менші, аніж у звичайної лисиці, у якої, в свою чергу, розміри виступаючих частин менші, аніж у фенека (іл. 21).

Отже, біологічним підґрунтям правил Бергмана та Алена, що вказують на залежність розмірів гомойотермних тварин від температурних умов, є принцип взаємозв'язку між масою та поверхнею тіла.

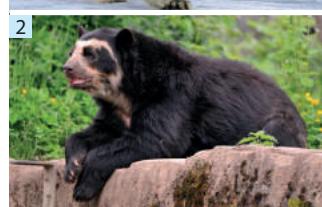


#### ДІЯЛЬНІСТЬ

##### Самостійна робота з таблицею.

##### Особливості терморегуляції різних груп організмів

За допомогою таблиці порівняйте стратегії виживання організмів у температурних умовах, що змінюються. Визначте особливості терморегуляції пойкіло- та гомойотермних організмів.



Іл. 20. Види ведмедів: 1 – білий (мешкає в арктичних широтах); 2 – очковий (живе у вологих гірських лісах Південної Америки)

Іл. 21. Види лисиць: 1 – полярна, або песець; 2 – звичайна; 3 – пустельна, або фенек

Ознака	Пойкілотермні організми	Гомойотермні організми
Джерело тепла		
Етологічна терморегуляція		
Фізична терморегуляція		
Хімічна терморегуляція		
Енергетичні затрати		
Діапазон активності		
Основні групи		

## Біологія + Екологія. Способи терморегуляції

Глибоководна риба **опах звичайний** (*Lampiris guttatus*), або **сонячна риба**, має унікальну здатність до терморегуляції, подібної до такої у ссавців і птахів. Його температура тіла в середньому на 5 °C вища за температуру середовища. Така особливість дає змогу цим рибам конкурувати з іншими хижими мешканцями глибин океанів. У чому таємниця терморегуляції опаха? Як відбувається терморегуляція в цих риб?



### СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Здоров'я. Загартовування й терморегуляція

Загартовування передбачає низку заходів, що підвищують стійкість організму до дій несприятливих чинників середовища, зокрема низьких або високих температур. Основні елементи загартовування – перебування на свіжому повітрі, водні процедури та сонячні ванни. Поясніть значення загартовування для ефективної терморегуляції в людини. Яким є ваше ставлення до підвищення адаптивного потенціалу шляхом загартовування?



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке терморегуляція? 2. Назвіть способи терморегуляції організмів. 3. Що таке пойкілотермія? 4. Що таке гомойотермія? 5. Як формулюється правило Бергмана? 6. У чому полягає суть правила Аллена?
7 – 9	7. Як відбувається терморегуляція тіла організмів? 8. Як виживають организми в умовах змінних температур? 9. Яке біологічне підґрунтя правил Бергмана та Аллена?
10 – 12	10. Поясніть значення загартовування для ефективної терморегуляції організму людини.

*Усе, що виростає із землі, притягує собі із неї силу більшу, аніж з чого народилося.*

*Гіппократ*

## § 12. ГРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ

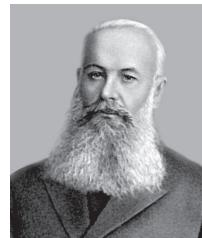
Основні поняття й ключові терміни: **ГРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ. Едафобіонти.**

**Пригадайте!** Що таке абиотичні чинники?



### Знайомтеся!

**Василь Васильович Докучаєв** (1846 – 1903) – видатний учений-природодослідник, автор першої у світі наукової класифікації ґрунтів, засновник ґрунтознавства. Вперше дав визначення ґрунту як верхнього родючого шару Землі, створеного сумісною взаємодією всіх компонентів природи. Довів, що ґрунт – не гірська порода, а цілком самостійне тіло природи.



### ЗМІСТ

#### Які особливості ґрунтового середовища існування?

**ГРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ** – це абиотично-біотичне середовище, умови існування якого визначаються верхнім родючим шаром суходолу. За В. І. Вернадським, який був учнем В. В. Докучаєва, ґрунт – це особливе біокосне тіло, що складається одночасно з біологічних (живих) і косних (неживих) тіл – мінералів, води, повітря, органічних решток. Екологічне значення ґрунтового середовища визначається фізичними (пористість, щільність, структурність, вологісміність, теплоєсміність), хімічними (хімічний склад, кислотність) та біологічними (ґрунтові мешканці та їхня життєдіяльність) властивостями ґрунтів.

Грунт як середовище існування характеризується такими особливостями: *вода і повітря містяться в порожнинах між часточками ґрунту, склад ґрунтового повітря відрізняється від атмосферного, немає впливу світла, його вологість завжди вища, ніж повітря, характерна незначна амплітуда добових і річних коливань температур та ін.*

**Хімічний склад** ґрунту подібний до складу літосфери. Проте порівняно з літосферою в ґрунті міститься в 20 разів більше Карбону (2,0 проти 0,1 %) і в 10 разів більше Нітрогену (0,1 проти 0,01 %). Нагромадження цих елементів у ґрунті пов’язане із життєдіяльністю організмів. У ґрунті концентруються елементи й речовин, що їх постачають відмерлі рештки живих організмів. Перетворення цих решток за участі бактерій, грибів, дощових черв’яків називається **гуміфікацією**, а органічна речовина, що містить гумусові кислоти, гумінові кислоти, гумін, – **гумусом**. Паралельно з цим процесом у ґрунті відбувається не менш важливий процес **мінералізації**, що полягає в аеробному розщепленні органічних решток з утворенням мінеральних речовин (біоелементів, мінеральних кислот, солей). Вміст деяких хімічних елементів у різних ґрунтах залежить від умов ґрунтоутворення і властивостей ґрунтів.

**Температурний режим.** З кожним сантиметром углиб ґрунту добові та сезонні температурні коливання стають все меншими і на глибині 1,0 – 1,5 м

практично вже не простежуються. У ґрунті згладжено температурні коливання порівняно з атмосферним повітрям.

**Вологість.** Ґрутові води й опади створюють запаси вологи в ґрунті та забезпечують режим вологості, проміжний між водним і наземним середовищами. Вологість ґрунту є одним із головних чинників його родючості. Вода в ґрунті перебуває в декількох формах (наприклад, у гравітаційній, гігроскопічній), але найбільше фізіологічне значення має капілярна вода. Вона заповнює усі дрібні пори, швидко переміщується під дією сил капілярного тиску, завдяки чому найкраще засвоюється рослинами.

**Газовий склад** ґрутового повітря відрізняється від атмосферного меншим вмістом кисню (блізько 11–20 %) і більшою концентрацією вуглеводневого газу (блізько 1 %, але може підвищуватися до 26 %). Це результат «ґрутового дихання», або точніше, дихання усіх організмів ґрунту. З глибиною в ньому значно зменшується вміст кисню й зростає концентрація вуглеводневого газу. Через наявність у ґрунті органічних речовин, що розкладаються, у ґрутовому повітрі може бути високою концентрація таких газів, як амоніак, сірководень, метан.

Отже, ґрутове середовище навіть за істотної неоднорідності екологічних умов є достатньо стабільним середовищем існування для організмів.

### Яка роль едафобіонтів у ґрутоутворенні?

**Едафобіонти** (від грец. *едафон* – ґрунт), або **геобіонти**, – мешканці ґрутового середовища існування. Неоднорідність ґрунтів створює велике різноманіття умов існування та виокремлення різних екологічних груп, що класифікуються за розмірами, характером зв'язків із ґрунтом упродовж життя, вимогами до родючості, кислотності, вмістом деяких біоелементів та ін.

За екологічними особливостями усіх мешканців ґрутового середовища можна поділити на мікро-, фіто-, міко- та зообіонтів.

Грутовими **мікробіонтами** є бактерії (актинобактерії, міксобактерії, ціанобактерії, хемотрофні бактерії), археї, нижчі гриби, одноклітинні зелені й діatomovі водорості, твариноподібні організми (ґрутові амеби, інфузорії), а також мікроорганізми, які населяють тканини живих рослин (наприклад, бульбочкові бактерії) (іл. 22). Частка цих організмів досягає 90 % від загальної біомаси, і саме завдяки їм відбуваються основні процеси гуміфікації, мінералізації, азотофіксації, біологічного вивітрювання, біоакумуляції та біологічного кругообігу хімічних елементів.

Найпоширенішими групами **мікообіонтів** є цвілеві гриби, слизовики, мікоризні гриби, ліхенізовані гриби. Ці організми розкладають органічні рештки та утворюють органічні кислоти, що підвищують кислотність ґрунтів (цвілеві гриби), виділяють кислоти й руйнують мінерали (ліхенізовані гриби), сприяють життєдіяльності вищих рослин (мікоризні гриби).

**Фітобіонтами** є водорості та вищі рослини. Відмерлі рештки рослин, перетворені мікроорганізмами і тваринами, – це основне джерело органічних



Іл. 22. Актинобактерії є однією з найпоширеніших груп бактерій у ґрунті

речовин для ґрунтоутворення. Окрім того, в процесі життєдіяльності рослини здійснюють біогенну міграцію хімічних елементів і речовин, акумулюють Нітроген у верхньому горизонті ґрунту, концентрують хімічні елементи в ґрунті.

Група **зообіонтів** поїднує безхребетних й хребетних тварин (іл. 23). Головною функцією цих організмів у ґрунтоутворенні є споживання й розщеплення органічних речовин і перетворення енергії. Особливо важливу роль у ґрунтоутворенні відіграють дошові черві'яки. «Навряд чи знайдуться інші тварини, які грали б настільки велику роль в історії світу, як дошові черві'яки», – так оцінював значення цих тварин Ч. Дарвін. Дошові черві'яки утворюють густу мережу ходів, що поліпшує пористість ґрунту, аерацію, вологоємність. Їхні продукти життедіяльності впливають на структуру ґрунту, знижують кислотність та збільшують вміст гумусу.

Залежно від розмірів та осередків життя ґрунтових зообіонтів поділяють на такі групи, як мікро-, мезо-, макро- та мегафауна. *Мікрофауна* – організми мікрокопічних розмірів (до 1 мм), для яких ґрунт є системою мікроводойм (твариноподібні організми). *Мезофауна* – організми дрібних розмірів (до 2–3 мм), які проживають у системі заповнених повітрям порожнин ґрунту. До цієї групи належать переважно нематоди й членистоногі (кліщі, ногохвістки, псевдоскорпіони, нематоди). *Макрофауна* – великі ґрунтові організми (із розмірами тіла 2–50 мм), для яких осередками життя є щільні шари землі. Це жужелиці, мокриці, багатоніжки, дошові черві'яки, ведмедки тощо. *Мегафауна* – організми, які мають найбільші розміри серед усіх едафобіонтів (сліпаки, цокори, кроти, сумчасті кроти, голі землекопи). Вони прокладають у ґрунті цілі системи ходів і нір. Прикладами адаптацій цих тварин є розвинутий нюх і слабкий зір, компактне, валькувате тіло з короткою шиєю, коротке густе хутро, сильні копальні кінцівки з міцними кігтями та ін.



Іл. 23. Різноманітність едафобіонтів: 1 – ківсяк сірий; 2 – красотіл паухий; 3 – кріт європейський; 4 – ведмедка звичайна; 5 – кліщі, псевдоскорпіони, ногохвістки; 6 – мокриця звичайна; 7 – личинка ковалика (дротянник); 8 – цвілеві гриби; 9 – ґрунтові інфузорії й амеби; 10 – дошовий черв'як звичайний; 11 – личинка хруща травневого; 12 – ґрунтові нематоди

Отже, едафобіонтами є різні за розмірами ґрунтові бактерії, водорості, вищі рослини, гриби, твариноподібні організми та справжні тварини, які здійснюють три групи ґрунтових біологічних процесів: 1) глибоке перетворення органічного та частково мінерального складу ґрунту; 2) кругообіг хімічних елементів; 3) вплив на фізичні та хімічні властивості ґрунту.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з ілюстрацією. Адаптованість едафобіонтів до середовища існування

Визначте та назвіть окрім морфологічні, фізіологічні та етологічні адаптації **дощового черв'яка звичайного** (*Lumbricus terrestris*) до середовища існування. Розпізнайте та вкажіть належність виду до певної екологічної групи.



### **Біологія + Екологія. Значення ґрунтів**

Згідно з дослідженнями нідерландських науковців, які вивчали проблему деградації ґрунтів, додавання тонкого шару ґрунту зі здорових природних екосистем до деградованих ґрунтів штучних екосистем значно пришвидшує процес відновлення. Але ще більш дивним є той факт, що подібне «щеплення» може визначити напрям розвитку штучної екосистеми. На вашу думку, чому? Як ґрунти впливають на екосистеми та їх біотичний компонент?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Поезія. Запах землі

Звідкіля дощу з'явився запах

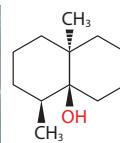
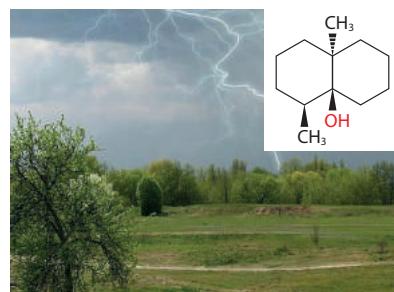
Такий густий і свіжий, і такий близький!

О. Радченко. Літній дощ

Там ласкаві випадуть дощі

І пахощами сповниться земля...

С. Тісдейл. Буде ласкавий дощ



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке ґрутове середовище існування? 2. Назвіть деякі властивості ґрунту. 3. Назвіть найхарактерніші особливості ґрутового середовища. 4. Хто такі едафобіонти? 5. Наведіть приклади ґрутових мешканців. 6. Наведіть приклади адаптацій едафобіонтів.
7 – 9	7. Які особливості ґрутового середовища існування? 8. Яка роль едафобіонтів у ґрутоутворенні? 9. Якими є екологічні групи едафобіонтів?
10 – 12	10. Як ґрунти впливають на екосистеми та їх біотичний компонент?

*Все існуюче в природі, тією чи іншою мірою, є симбіозом.*

О. Марков

## § 13. СИМБІОЗ ТА ЙОГО ФОРМИ

Основні поняття й ключові терміни: **СИМБІОЗ. Мутуалізм. Коменсалізм. Паразитизм.**

Пригадайте! Що таке біотичні зв'язки?



### Знайомтеся!

**Генріх Антон де Барі** (1831 – 1888) – німецький ботанік і мікробіолог, один із засновників мікології. Учений дослідив життєві цикли багатьох видів грибів, відкрив заплоднення у грибів, створив першу філогенетичну класифікацію грибів. Увів у науку в 1879 р. поняття «симбіоз» і «мутуалізм» (на прикладі лишайників). А. де Барі вказував, що «серед багатьох чинників взаємовпливи організмів різних видів мають особливе значення».



### ЗМІСТ

#### У чому суть сучасних наукових уявлень про симбіоз?

Згідно з усталеними уявленнями під симбіозом (від грец. *симбіозис* – співжиття) розуміють явище закономірного співжиття організмів різних систематичних груп. У сучасній екології поняття симбіозу поглибується й розширюється. Симбіотичними можуть бути відносини неклітинних форм життя з клітинними організмами, неспоріднених клітин у межах організму, між організмами одного виду, між організмами різних видів у межах екосистеми тощо. Симбіотичні взаємність і кооперація настільки поширені в живій природі, що розглядаються як один із законів життя. Через те в екології симбіоз вивчають не лише в екологічному аспекті, а й у біохімічному, популяційному, еволюційному та ін.

Прояви симбіозу можна відшукати на усіх рівнях життя, в усіх групах організмів. Так, під час утворення бактеріоризи у бульбочках бобових з'являється червоний ферумовмісний білок – леггемоглобін. Молекули цього глікопротеїну складаються з гему, що синтезується бактеріями, та глобіну, утвореного клітинами рослини. Класичним прикладом симбіозу на організмовому рівні є лишайники. Прояви симбіозу на біогеоценозному рівні пов'язують з екосистемами коралових рифів, які можуть існувати лише завдяки взаємогідному співіснуванню коралових поліпів з одноклітинними водоростями – зооксантелами. Основою екосистем чорних курців також є симбіотичні відносини вестиментиферів із хемотрофними бактеріями (ил. 24).



Іл. 24. Вестиментифери – симбіотичні організми гідротермальних екосистем

Симбіоз – це особлива стратегія адаптації живого до середовища існування, що досягається через об'єднання різних організмів для поліпшення живлення, дихання, розмноження, поширення, оселення, побудови гнізд чи схованок,

захисту від ворогів тощо. Адаптивна цінність симбіозу визначається тим, що співіснування біосистем підвищує загальну адаптованість до середовища існування завдяки використанню особливостей, що вже існували до цього. Окремий організм не володіє комплексом найкращих адаптацій до всіх екологічних чинників. Наприклад, квіткові рослини завдяки фотосинтезу забезпечують ефективне автотрофне живлення, але не здатні до локомоції, тому не можуть поширювати насіння на великий відстані.

Симбіоз розглядають як багатокомпонентну систему, в якій є один домінантний симбіонт і декілька асоціативних. Наприклад, лишайники окрім гриба та одноклітинних зелених водоростей містять ще ціанобактерії, які здійснюють азотофіксацію. А фотосимбіотична система «азола – анабена» містить водну папороть азолу папоротеподібну (*Azolla filiculoides*), ціанобактерії виду анабена папоротникового (*Anabaena azollae*) та бактерії роду артробактер.

Розвиваються уявлення й про те, що симбіоз є надорганізмовою системою, в якій можуть відбуватися переходи від однієї форми симбіозу до іншої. Наприклад, бульбочкові бактерії з мутуалістичних можуть перетворюватися на паразитичні. У деяких випадках організми, що традиційно належать до коменсалів, можуть стати патогенними. Прикладом є кишкова паличка (*Escherichia coli*), яка живе в кишечнику людини як коменсал, але за певних умов стає паразитом.

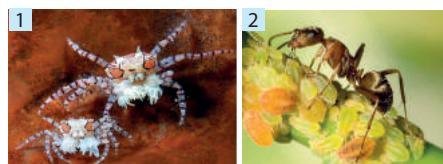
Симбіоз сприяє збільшенню біорізноманіття, оскільки внаслідок тісного взаємозв'язку може формуватися новий організм з новими властивостями (наприклад, ліхенізовані гриби). Інколи завдяки симбіотичним відносинам життя організмів стає можливим в умовах, що є непридатними для самостійного існування (наприклад, вестиментифери).

Отже, **СИМБІОЗ** у сучасному розумінні є не лише способом організації взаємовідносин, а й стратегією кооперативної адаптації неспоріднених біосистем у стабільну симбіотичну систему з наявними стійкими обов'язковими зв'язками.

## Які основні форми симбіозу?

Сучасні дослідження розкрили надзвичайно різноманітний характер симбіотичних відносин: мутуалістичні взаємовигідні й паразитичні зі шкідливим впливом, обов'язкові облігатні (виникає залежність між симбіонтами, поза якою самостійне існування неможливе) й необов'язкові факультативні (кожний із симбіонтів за відсутності іншого може жити самостійно), контактні й дистантні, внутрішні ендосимбіотичні (у клітинах або всередині організмів) і зовнішні ектосимбіотичні (на поверхні тіла організмів). За характером взаємодії розрізняють такі основні форми симбіозу, як мутуалізм, коменсалізм і паразитизм.

**Мутуалізм** – форма симбіозу, за якої співіснування є корисним та обов'язковим для обох симбіонтів. Класичним прикладом є відносини раків-самітників з актиніями (іл. 25). Рак перебуває під захистом жалких клітин актинії, а його активність допомагає актинії добувати їжу. Ілюстрацією мутуалізму також є бактеріориза між азотофіксуючими актино-бактеріями й коренями вільхи, мікориза орхідей з грибами, співіснування термітів, джгутикових і бактерій, квіткових



Іл. 25. Приклади мутуалізму:  
1 – краби-боксери з актиніями  
в кілешнях; 2 – мурахи й попелици

рослин з комахами-запилювачами, взаємозв'язок між саламандрою амбістомою плямистою і зеленою водорістю яйцеплюбою амбістомовою та ін.

**Коменсалізм** – форма симбіозу, за якої один із симбіонтів отримує користь від сумісного існування, не завдаючи шкоди іншому. Ця форма симбіозу об'єднує взаємодії, під час яких коменсал може отримувати від організму-хазяїна не тільки їжу (акули й рибки-лоцмани), а й захищати від ворогів (риби-клоуни й актинії), домівку (птахи-дуплогніздники й старі дерева), використовувати його як транспортний засіб (риби-прилипали й черепахи) або опору (епіфітні папороті й дерева) (іл. 26). Коменсалізм може проявлятися у формах квартиранства (наприклад, відкладання гірчаком ікри в черепашку беззубки річкової) або нахлібництва (наприклад, жуки, які живуть у мурашині і виманють їжу в мурашок) та ін.

**Паразитизм** – форма симбіозу, за якої один з симбіонтів отримує користь від сумісного існування і завдає шкоди іншому. Наприклад, фітофтора на картоплі, людська аскарида в тонкому кишечнику людини.

Отже, основними формами симбіозу є мутуалізм, коменсалізм і паразитизм.

### Яка роль симбіозу в еволюції?

Симбіоз – це не лише тип відносин між організмами і стратегія адаптацій, а й важливий магістральний шлях біологічної еволюції. Тривале співіснування простих клітин або організмів привело до виникнення складніших й адаптованіших біосистем. Так, завдяки ендосимбіозу первісних клітин з аеробними бактеріями й ціанобактеріями з'явилися еукаріотичні клітини. Завдяки первинному симбіозу ціанобактерій з еукаріотичними клітинами виникли глаукофітові й червоні водорості та зелені рослини, яких об'єднують у сучасній системі еукаріотів у групу Архепластиди. Вторинний симбіоз еукаріотичних клітин з одноклітинними зеленими воорощами привів до виникнення евгленозої. Вихід рослин на суходіл не зміг би відбутися, як стверджують науковці, без симбіозу рослин з грибами. Стрімке завоювання квітковими рослинами планети та їхнє надзвичайне розміття значною мірою зумовлено симбіозом з комахами. Приваблюючи комах нектаром і використовуючи їх як запилювачів, квіткові рослини різко збільшили ефективність запилення, а кооперація з квітковими сформувала в процесі коєволюції метеликів, бджіл, джмелів і т. д.

Отже, симбіоз є магістральним шляхом прогресивної еволюції органічного світу та збільшення біорізноманіття планети.

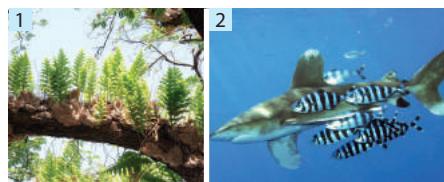


### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з таблицею. Форми симбіозу

Використайте умовні позначення («+» – користь для організмів, «–» – шкода для організмів; «0» – ні користі, ні шкоди) та визначте форму симбіозу в названих парах організмів:

А – мутуалізм: ...      Б – коменсалізм: ...      В – паразитизм: ...



Іл. 26. Приклади коменсалізму: 1 – папороті й дерева; 2 – акули й риби-лоцмани

Прояв симбіозу	Характер зв'язків
1. Інфузорії у шлунку жуйних	
2. Орхідеї на гілках дерев	
3. Джгутикові в кишечнику термітів	
4. Гострики в кишечнику людини	
5. Рак-самітник й актинії	
6. Вусоногі раки на китах	
7. Амеба кишкова в людини	
8. Сажкові гриби на кукурудзі	
9. Вірус сказу й лисиці	

### Біологія + Географія. Симбіоз рептилій з птахами

*Sphenodon punctatus* – реліктовий вид рептилій з ряду Дзьобоголові, мешкає лише на декількох скелястих островах біля берегів країни з поетичною назвою Земля Маорі. Ці організми часто поселяються в норах з гніздами *Puffinus griseus*. Удень, коли птахи зайняті пошуком їжі, плазуни відпочивають у норі, а з настанням сутінок – все навпаки. Визначте українські назви й географічне поширення названих видів і форму симбіозу між ними.



### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Медицина. Чайний гриб

Батьківчиною чайного гриба вважають Цейлон, звідки він потрапив до Індії, а потім до Китаю. В Китаї його називали еліксиром здоров'я та безсмертя. Про східне походження чайного гриба свідчить і інша його назва – комбуча. Сучасна медицина визнає корисні властивості чайного гриба і рекомендує вживання його настою для профілактики деяких захворювань. Які організми утворюють чайний гриб? Яке значення різних форм симбіозу для біорізноманіття?



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке симбіоз? 2. Наведіть приклади симбіотичних відносин. 3. Що таке мутоналізм? 4. Наведіть приклади мутоналізму. 5. Що таке коменсалізм? 6. Наведіть приклади коменсалізму.
7 – 9	7. У чому суть сучасних наукових уявлень про симбіоз? 8. Які основні форми симбіозу? 9. Яка роль симбіозу в еволюції?
10 – 12	10. Яке значення різних форм симбіозу для біорізноманіття планети?

*Що складніший організм, то різноманітніші умови існування для його співмешканців.*  
*З підручника екології*

## § 14. ОРГАНІЗМ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ МЕШКАННЯ

**Основні поняття й ключові терміни: ГОСТАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ. Онтобіонти.**

**Пригадайте!** Що таке симбіоз?



### Поміркуйте!

У Джонатана Свіфта (1667–1745), автора всесвітньо відомих творів про Гуллівера, є такі рядки:

*Під мікроскопом він відкрив, що на блося живе й її кусає блішка;  
На блищі ж тій існує блошеня – манюня,  
У блошеня ж встремляє зуб сердито блошиненя...  
I tak ad infinitum, тобто без кінця.*



Які ж особливості організмів як середовища життя для інших організмів?



### ЗМІСТ

#### Що вирізняє гостальне середовище існування?

**ГОСТАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ** (від англ. *host* – господар) – це біотичне середовище існування, пов’язане з ресурсами живого організму. Особливості організмів як середовища існування визначаються їхньою будовою, процесами життєдіяльності та поведінкою. І що складніше є організація організмів-хазяїв, то більш різноманітними є умови існування для співмешканців.

Організм як середовище існування має низку переваг перед іншими середовищами життя: стабільність водного режиму, сталість сольового складу, велика кількість їжі, захищеність мешканців, відсутність температурних перепадів. Водночас гостальне середовище життя має й певні недоліки для його мешканців: обмеженість життєвого простору, незначний вміст кисню, нестача світла, наявність захисних бар’єрів та ін.

Лімітуючими чинниками в гостальному середовищі є біотичні впливи з боку організму хазяїна. У випадку сумісного проживання співмешканців декількох чи багатьох видів обмежувальні впливи можуть мати ресурси середовища або антибіотичні відносини.

Отже, гостальне середовище є специфічним біотичним середовищем із своїми перевагами й недоліками для його мешканців.

**Як організовані відносини між мешканцями гостального середовища життя?**

**Онтобіонти** – мешканці гостального середовища життя. Віруси, одно- та багатоклітинні організми мають своїх численних внутрішніх або зовнішніх мешканців. Наприклад, організм людини є середовищем життя для вірусів, бактерій, архей, грибів й тварин, серед яких наявні мутуалісти, коменсали та паразити зі своїми складними симбіотичними й антибіотичними відносинами. Онтобіонти освоїли усі рівні організації живих істот від молекулярного до біосферного, від вірусів до ссавців. Їм стали доступними майже всі структурні елементи будови

живого організму – клітини, тканини й органи. Серед них наявні й внутрішньо-клітинні мешканці, частина яких може жити навіть в ядрі або мітохондріях.

Для онтобіонтів організм хазяїна є середовищем першого порядку, а зовнішнє середовище – вторинним. Усі впливи довкілля мають значення для онтобіонтів лише в тому разі, якщо відображаються на параметрах внутрішнього середовища. Наприклад, добові ритми позначаються на організмі онтобіонтів через зміни метаболізму хазяїна.

Різноманітність відносин спостерігається не лише між хазяями та їх мешканцями, а й між самими мешканцями хазяїна. Показовою в цьому аспекті є симбіотична система термітів (іл. 27). Ці комахи споживають деревину, якою живляться джгутикові, а перетравлюють її ферменти-целюлази бактерій, які мешкають всередині джгутиконосців. окрім того, бактерії-симбіонти ще фіксують азот.



Іл. 27. Терміти і джгутикові

Отже, гостальне середовище життя формується й розвивається як біотичне середовище на різних рівнях організації із різноманітними біотичними зв'язками.

### У чому своєрідність адаптації організмів гостального середовища існування?

Своєрідність умов гостального середовища пов'язана з визначальним впливом біотичних екологічних чинників та опосередкованим впливом абіотичних, що зумовило й своєрідність адаптації його мешканців. У чому ж полягає ця своєрідність?

Еволюція співмешканців відбувається разом з еволюцією їх хазяїв, тому прослідковується взаємозалежність адаптацій, що особливо чітко спостерігається в трофічних відносинах. Так, жуїні тварини, таргани, корабельні черв'яки споживають деревину, яку розщеплюють ферменти-целюлази симбіотичних бактерій або твариноподібних організмів; квіти мають нектарники для приваблювання бджіл; вестиментифери або молюски куфуси залежать від поживних речовин хемотрофних сіркобактерій.

Захист від несприятливих впливів, достатня кількість їжі, відносна сталість умов існування визначають і такий напрям еволюційних змін мешканців гостального середовища, як загальна дегенерація, що виявляється у спрощенні організації (втраті генів, органел, органів і навіть цілих систем органів). Наприклад, галові кліщі мають одну пару кінцівок замість чотирьох, як у всіх павукоподібних; у ціп'яків немає нервової системи й органів чуттів.

Незначний вміст кисню всередині організмів-хазяїв зумовлює у багатьох мешканців гостального середовища переважання анаеробного типу обміну. Необхідна енергія вивільняється завдяки гліколізу та різним видам бродіння.

У ектопаразитів або коменсалів для прикріplення до тіла хазяїна можуть бути спеціальні органи (присоски, гачки, кігтики), які розвиваються незалежним чином у різних груп. Так, присоски мають риби-прилипали, риб'ячі п'явки, печінковий сисун.

Отже, основними адаптаціями мешканців гостального середовища є взаємозалежне живлення, спрощення організації, анаеробне дихання, органи прикріплення тощо.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Практична робота 1

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

**Мета:** формування умінь порівнювати особливості та адаптації різних мешканців до певного середовища існування.

#### **Хід роботи**

1. Визначте видову назву та середовище існування запропонованих організмів.

1



2



3



4



2. Визначте особливості середовищ існування за планом: а) визначальні ресурси; б) лімітуючі чинники; в) світловий режим; г) дія температури; д) вологість; е) хімічний склад.
3. Укажіть екологічну групу та ознаки адаптованості організмів до середовища існування.

Ознака	Середовище			
	водне	наземно-повітряне	ґрутове	гостальне
Особливості середовища				
Екологічна група				
Ознаки адаптованості				



#### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Медицина. Мікробіом людини

Мікробіом людини є сукупністю мікроорганізмів, які населяють людське тіло. За результатами досліджень у межах проекту «Мікробіом людини» (*«Human Microbiome Project»*) було встановлено, що в людині мешкає понад 10 тисяч видів мікроорганізмів, які є мутуалістами, коменсалами та паразитами. Обґрунтуйте значення різних форм симбіозу для підвищення адаптивного потенціалу організму людини.



#### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке гостальне середовище існування? 2. Наведіть приклади переваг і недоліків гостального середовища мешкання. 3. Хто такі онтобіонти? 4. Наведіть приклади онтобіонтів. 5. Що визначає своєрідність адаптації онтобіонтів? 6. Наведіть приклад адаптації онтобіонтів.
7 – 9	7. Що вирізняє гостальне середовище існування? 8. Як організовані відносини між мешканцями гостального середовища життя? 9. У чому полягає своєрідність адаптації організмів гостального середовища існування?
10 – 12	10. Яке значення різних форм симбіозу організму людини зі своїми організмами-співмешканцями для підвищення адаптивного потенціалу?

*Люди просто не здогадуються про те, наскільки складним і химерним є світ паразитів.*  
К. Ціммер

## § 15. ПАРАЗИТИЗМ ТА ЙОГО ПОШИРЕННЯ

Основні поняття й ключові терміни: **ПАРАЗИТИЗМ**.

**Пригадайте!** Що таке симбіоз?



### У світі цікавого

Це хто? Прибулець із іншого світу? Та ні! Перед вами **коропоїд** (*Argulus foliaceus*) із присосками й сисним ротовим апаратом. Ця істота паразитує на рибах і належить до ракоподібних. Цікаво, а яка група організмів має найбільшу кількість паразитичних видів? Чи є групи, в яких паразитів взагалі немає?

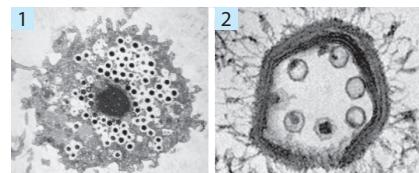


### ЗМІСТ

#### Чим відрізняється паразитизм неклітинних форм життя?

**ПАРАЗИТИЗМ** – це форма симбіотичних відносин, за якої паразит використовує організм хазяїна як джерело живлення і місце постійного або тимчасового проживання та покладає на нього завдання регуляції своїх взаємовідносин із зовнішнім середовищем. Паразитизм є універсальним екологічним явищем живої природи, що характерне для всіх неклітинних форм життя та багатьох груп клітинних організмів.

**Неклітинним формам життя** (пріонам, віроїдам, вірусам) властивий обов'язковий (облігатний) внутрішньоклітинний паразитизм. Станом на сьогодні пріони виявлено в клітинах бактерій, дріжджів і ссавців. Їм потрібно, щоб клітина синтезувала нормальні пріонні білки, а пріон уже сам перетворює їх в аномальну форму. Віроїди є найдрібнішими із відомих збудників захворювань у рослин. Їхнє відтворення шляхом реплікації здійснюється за участі ферментів клітини-хазяїна. РНК-і ДНК-вмісні віруси паразитують у клітинах бактерій, рослин, грибів, тварин. Що цікаво, самі віруси також є об'єктами паразитування. Так, у клітинах паразитичної акантамеби всеїдної (*Acanthamoeba polyphaga*) науковці відкрили велетенські мімівіруси, що, в свою чергу, можуть мати вірофаг *Супутник 2* (вірус, що «пожирає» інші віруси) (ил. 28). Але й це ще не все. Вірофаги містять фрагменти ДНК, які назвали *трансповіронами*. Вони нагадують стрибаючі гени – транспозони, але на відміну від них можуть самостійно існувати в цитоплазмі. Паразитування певних паразитів на або в тілі інших паразитів називають **надпаразитизмом (гіперпаразитизмом)**. Специфічність паразитування неклітинних форм життя полягає в тому, що вони не використовують клітини хазяїв як джерело живлення або проживання. Їхній паразитизм відрізняється спрямованістю на відтворення собі подібних завдяки ресурсам клітин.



ил. 28. Надпаразитична асоціація:

- 1 – акантамеба з мімівірусами;
- 2 – мімівірус з вірофагами

Отже, особливостями паразитизму неклітинних форм життя є облігатність, внутрішньоклітинний ендопаразитизм і спрямованість на репродукцію з використанням можливостей клітин-хазяїв.

### Які особливості проявів паразитизму серед прокаріотів?

Домен **Археї**, незважаючи на значну кількість симбіонтів, містить лише деякі види паразитів, які належать до типу Наноархеоти. Це відомі на сьогодні *наноархея* (*Nanoarchaeum equitans*), *нанопусілус* (*Nanopussillus acidilobi*) та *нанобісіданус* (*Nanobsidianus stetteri*), які утворюють паразитичні асоціації з іншими археями (ил. 29).

Домен **Бактерії** порівняно з археями містить набагато численніші й різноманітніші прояви паразитизму. Бактерії, які формують паразитичну асоціацію з іншими організмами, класифікують як хвороботворні бактерії. Ці організми спричиняють інфекційні захворювання (бактеріози) у людини (правець, тиф, дифтерію, сифіліс, холеру, чуму, туберкульоз), тварин (сібірську виразку, мастит, сальмонельоз), рослин (бактеріальний рак винограду, кільцеву гниль картоплі, побуріння плодів абрикоса).

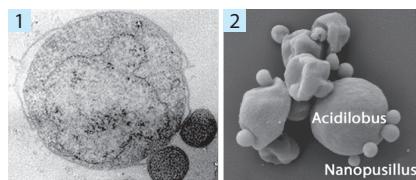
Хвороботворні бактерії паразитують всередині клітин (ендопаразитичні рікетсії висипного тифу, хламідія пневмонії) і на їхній поверхні (екзопаразитичні карієсний стрептокок, правцевий клостридій). Серед них є облігатні (туберкульозна паличка) та факультативні (золотистий стафілокок), аеробні (виразковий хелікобактер пілорі) та анаеробні (холерний вібріон) організми. Є серед бактерій такі, що паразитують на інших бактеріях. Прикладом таких ектопаразитів можуть бути бактерії бделовібріони, що здатні закріплюватися на клітинах грамнегативних бактерій і «висмоктувати» вміст їхніх клітин. За цю особливість їх ще називають вібріоп'явками.

Отже, серед прокаріотичних організмів паразитизм поширений у хвороботворних бактерій, які можуть бути факультативними й облігатними, аеробними й анаеробними, екто- й ендопаразитами.

### Яке поширення паразитів серед еукаріотів?

Основними групами домену Еукаріоти є рослини, гриби й тварини, серед яких також є паразити.

**Рослини-паразити** повністю (справжній паразитизм) або частково (напівпаразитизм) втратили здатність до фотосинтезу. Серед водоростей паразитизм є рідкісним явищем і характерний здебільшого для червоних водоростей. Так, *родохімтріум* паразитує на айстрових, *гарвієла дивна* – на інших багрянках. Серед мохів, плаунів, хвоців і папоротей паразитів немає. У межах групи Хвойні рослини описано єдиний вид *паразитаксус обпалений* (*Parasitaxus ustus*), ендемік о. Нова Кaledонія. А ось серед квіткових рослин відомо



Іл. 29. Паразитичні асоціації археїв:  
1 – наноархея на клітині ігніокуса;  
2 – нанопусілус на клітині аціділобуса



блізько 4 100 паразитичних видів, які належать аж до 19 родин. Найвідомішими справжніми рослинами-паразитами є *повитиця*, *вовчок*, *рафлезія*, *петрів хрест* (іл. 30). А такі рослини, як *омела*, *перестріч*, *дзвінець*, *очанка* – це напівпаразити.

**Гриби-паразити** пристосовані жити на поверхні, а інші, яких серед грибів більшість, – у тілі свого хазяїна. Паразитичні гриби мають різні шляхи зараження, здатні дуже швидко розмножуватися, утворюють величезну кількість спор, що поширюються різними способами. Живуть гриби-паразити переважно на рослинах (майже 10 000 видів), рідше на тваринах і людині (блізько 1000 видів). Є водяні гриби, які спричиняють хвороби риб, амфібій (наприклад, сапролегнія риб). Найвідомішими паразитичними грибами є *фітофтора*, *трутовики*, *сажкові іржасті*, *ріжкові*, *борошинасторосяні гриби* (іл. 31). Ряд грибів є збудниками грибкових захворювань людини. Гриб *ахоріон*, оселяючись на волосистій частині голови, спричиняє паршу, *трихофітон* уражує волосся, нігті й шкіру і є збудником стригучого лишаю. Дріжджовий гриб *сідіум* спричиняє захворювання ротової порожнини – пліснявку.



Іл. 31. Гриби-паразити: 1 – ріжки пурпурові; 2 – трутовик лускатий

**Тварини-паразити** є поширеним явищем серед одноклітинних твариноподібних (дизентерійна амеба, трипаносоми, лейшманії, лямблії, грегарини, споровики). Паразитичні види часто трапляються серед таких безхребетних тварин, як жалкі (*поліподій*, який паразитує в ікрі осетрових риб), плоскі черви (сисуни, *цип'яки*, *стъожаки*, *ехінококи*), круглі черви (аскариди, *гострики*), кільчасті черви (*п'явки*), ракоподібні (коропоїди, язикові мокриці, *сакуліна*), павукоподібні (кліщі), комахи (брохи, воші, галици) й молюски (личинки беззубок, *перлівниць*, *трихотропісі*) (іл. 32). Серед хребетних тварин паразитів дуже мало (наприклад, *міксини* й *міноги*).



Іл. 32. Тварини-паразити:  
1 – личинка-глохідій молюска беззубки; 2 – язикова мокриця в роті рожевого люціана

Залежно від тривалості зв'язку з організмом хазяїна розрізняють *тимчасовий* (кліщі, *п'явки*, коропоїди нападають лише для живлення) і *стаціонарний* (постійний контакт з хазяїном у гельмінтів) *паразитизм*. Серед тваринних паразитів також розрізняють *екто-* (воші, брохи) й *ендопаразитів* (гострики, сисуни). Особливою формою паразитичних взаємовідносин хребетних тварин є *гніздовий паразитизм* птахів (наприклад, у зозуль).

Отже, найбільшою є кількість паразитичних видів серед одноклітинних твариноподібних, грибів й членистоногих, найменшою – серед водоростей, а вищі спорові й хвойні їх взагалі не мають.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

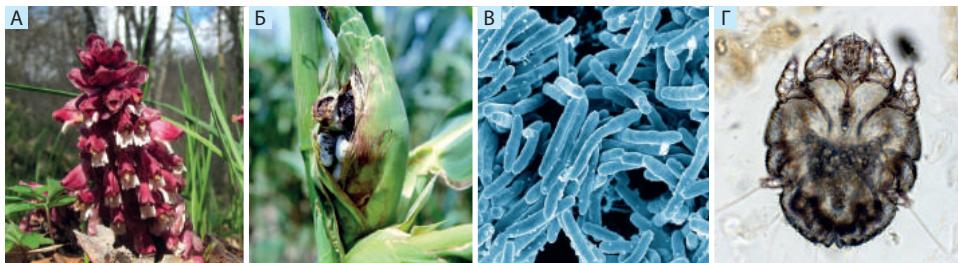
**Самостійна робота з ілюстраціями.**

**Характеристика окремих паразитів**

Зіставте назви наведених паразитичних видів з ілюстраціями. Визначте систематичну належність та особливості їхнього способу життя: 1 – паличка Коха

(*Mycobacterium tuberculosis*); 2 – петрів хрест лускатий (*Lathraea squamaria*); 3 – пухирчаста сажка (*Ustilago zeae*); 4 – коростяний свербун (*Sarcoptes scabiei*).

Заповніть таблицю.



Вид	Систематична належність	Особливості паразитування

### **Біологія + Історія. Чума й людство**

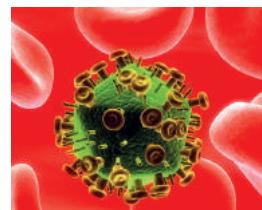
Людству відомі три великі пандемії чуми. Перша пандемія чуми «Юстиніанська» в VI ст. збрала життя близько 100 млн людей. Друга пандемія («чорна смерть») пронеслася над Європою в XIV ст. і знищила близько 25 млн – майже половину населення Європи. Третя пандемія («портова чума») до 1930 р. охопила усі континенти і збрала життя 12 млн осіб. Збудником цих страшних захворювань є чумна паличка (*Yersinia pestis*), яку відкрив швейцарський лікар А. Ерсен (1863–1943). Які особливості поширення цієї бактерії? Чому чума не зникала після спустошливих епідемій у давнину і продовжує турбувати людство і сьогодні?



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Медицина. Паразитизм й еволюція**

Основною еволюційною стратегією паразитів є формування адаптацій, що дають змогу експлуатувати хазяїна і зберігати його чисельність. Найнебезпечніші паразити – ті, які перейшли до нового виду хазяїв і не мають пристосувань для збереження його життя. Застосуйте свої знання й спробуйте пояснити, чому вірус імунодефіциту людини (ВІЛ) із часом втрачає силу і стає менш небезпечним і заразним.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке паразитизм? 2. Назвіть неклітинні форми життя. 3. Наведіть приклади паразитизму серед археї. 4. Назвіть бактерій-паразитів. 5. Наведіть приклади паразитів серед рослин і грибів. 6. Назвіть групи тварин з найбільшою кількістю паразитичних видів.
7 – 9	7. Чим відрізняється паразитизм неклітинних? 8. Які особливості проявів паразитизму серед прокаріотів? 9. Яке поширення паразитів серед еукаріотів?
10 – 12	10. Чому паразитизм як антагоністичні відносини не зникає в процесі еволюції?

*Бути паразитом – це вельми популярне еволюційне рішення.*

*K. Найт*

## § 16. ФОРМИ ТА РОЛЬ ПАРАЗИТИЗМУ В ПРИРОДІ

Основні поняття й ключові терміни: **ПАРАЗИТИЗМ**.

Пригадайте! Хто такі паразити?



### У світі цікавого

Напевне, усі знають, що зозуля звичайна відкладає яйця у гнізда інших птахів. Але не всім відомо, що гніздовий паразитизм характерний і для інших видів зозуль, американських вивільг, медовказчиків, африканських ткачиків та ін. Ця форма паразитизму є ще в комах (джмелі-зозулі, бджоли-зозулі, чорний шершень), деяких видів риб (соми-зозулі). Чому цей «феномен зозулі» такий поширенний серед тварин? А які ще форми паразитизму є в природі?



### ЗМІСТ

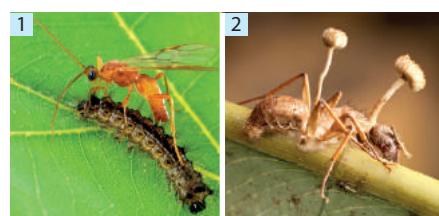
#### Як класифікують паразитизм?

У природі існує неймовірно велика різноманітність форм паразитизму. Якщо один організм обов'язково розвивається тільки на якомусь одному хазяїні, то це **обов'язковий (облігатний) паразитизм**. Якщо паразит лише інколи заражає якогось хазяїна (а хазяїв може бути декілька), то це **необов'язковий (факультативний) паразитизм**. За місцем паразитування в організмі хазяїна розрізняють екто- й ендопаразитизм. **Ектопаразити** – види, що оселяються на поверхні тіла хазяїна або в його порожнінах, пов'язаних із зовнішнім середовищем (наприклад, п'явки, коропоїди, кліщі, блохи, воші). **Ендопаразити** населяють клітини, тканини, внутрішні органи та порожнини тіла хазяїна. Так, внутрішньоклітинними паразитами є малярійний плазмодій, токсоплазма, тканинними паразитами – кров'яний сисун, трипаносома, в органах паразитують печінковий сисун, аскариди. Є навіть такі паразити, що заміщають цілий орган організму (язикова мокриця).

За часом перебування паразитів у тілі або на тілі господаря розрізняють тимчасових та стаціонарних паразитів. **Тимчасові паразити** вступають у контакт з хазяїном тільки під час живлення (наприклад, види-кровососи). **Стаціонарні паразити** характеризується тривалим або постійним перебуванням паразита на хазяїні й наявністю багатьох взаємних пристосувань (наприклад, ціп'яки).

Серед паразитичних форм відносин є й такі, за яких обов'язково є загибель хазяїна. Ця форма паразитизму поширенна серед перетинчастокрилих, двокрилих, деяких грибів. Вони відкладають свої яйця в личинки комах або проникають в їхнє тіло, після чого ці організми гинуть, не досягнувши зрілого стану. Цю групу називають **паразитоїдами** (іл. 33).

Існують також різні форми **соціального паразитизму**. Так, мурахи-ама-



Іл. 33. Паразитоїдні види:

1 – їздець (*Aleiodes indiscretus*) заражає гусеницю непарного шовкопряда;  
2 – гриб-кордицепс на мурасі

зонки викрадають лялечки інших мурах і виховують потомство як робочу силу, оскільки своїх робочих особин у них немає. окремими його проявами є клептопаразитизм і гніздовий паразитизм. Клептопаразитизм полягає в тому, що одна тварина віднімає здобич у іншої. Наприклад, леопарди відбирають здобич у гепардів, гієни – у левів, фрегати відбирають рибу в бакланів або олуш, деякі види павуків живляться жертвами павуків-колопрядів.

Формою паразитизму є **надпаразитизм** (гіперпаразитизм), що характеризується паразитуванням одного паразита в іншому. У цьому випадку надпаразит називається паразитом другого порядку, а його хазяїн – паразитом першого порядку. В деяких випадках на вторинному паразитує третинний паразит. Прикладами надпаразитизму є системи акантамеби – віруси – вірофаги, песь – кліщ лісовий – піроплазма, дуб – паразитична оса (*Belonosnetea treatae*) – рослина-паразит касіта ниткоподібна (*Cassytha filiformis*) (іл. 34).

Отже, у природі явище паразитизму має велику кількість проявів, що уможливлює успішне «співіснування» різноманітних живих організмів.

### Яка роль паразитизму в природі?

За останні десятиріччя уявлення про паразитизм значно розширилися завдяки успіхам молекулярної біології, генетики, популяційної екології, біохімії, імунології та ін. Зміцнилися уявлення про те, що суть паразитизму полягає не лише в специфічних симбіотичних взаємовідносинах. Наукові дослідження розкривають його сильний вплив на геном організмів, їхню поведінку й формування захисних механізмів, існування й розвиток екосистем та еволюцію багатьох груп організмів. У чому ж полягає роль паразитизму й паразитів у природі?

**Чинник стабільності біологічних угруповань.** Ставлення до паразитизму як біологічного явища не має бути лише негативним. Так, паразити беруть участь у регуляції чисельності в популяціях хазяїна, не допускають вторгнення в екосистеми нових видів, чим сприяють стійкості угруповань у часі.

**Ланка ланцюгів живлення.** Паразити в екосистемах є консументами II і III порядків, через це відіграють важливу роль у біологічному кругообігу речовин та енергії у біосфері

**Паразитизм як чинник біорізноманіття.** На основі паразитизму формується складні надорганізмові асоціації. Класичним прикладом таких асоціацій є лишайники, які утворені мікобіонтом (гриби) і фотобіонтом (зелені водорості, ціанобактерії), що виникли на основі паразитизму ймовірно наприкінці мезозою.

**Паразити як чинник еволюції.** Так, за допомогою паразитів відбуваються горизонтальне перенесення генів, формування генів, відповідальних за імунні реакції, вплив на статевий добір, коеволюційні адаптації у системі «паразит – хазяїн» та ін.

**Хвороботворний чинник.** Паразитичні форми життя і організми спричиняють інфекційні та інвазійні захворювання, беруть участь у формуванні імунітету.



Іл. 34. Двоступеневий паразитизм рослин (рослина-паразит касіта паразитує в галах оси)

Отже, паразитизм є одним із найдавніших й найпоширеніших явищ, що відіграє важливу роль в існуванні й розвитку біосфери.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з ілюстрацією. Адаптації паразитів

Перед вами на ілюстрації паразит, латинська назва якого *Hirudo medicinalis*. Визначте систематичну належність та форми паразитизму цієї тварини за ступенем адаптацій до паразитичного способу життя, просторовими відносинами, взаєминами в часі. Назвіть основні адаптації до паразитизму.



### Біологія + Фітотерапія. Малярія

Частину Нобелівської премії у галузі фізіології і медицини (2015 р.) отримала лікарка-фітотерапевт Юю Ту (Китай) за відкриття ліків для боротьби з малярією. Вона виділила з **полину однорічного** (*Artemisia annua*) речовину артемізин, який, до речі, може впливати і на ріст ракових клітин такою мірою, що через 1 год вони повністю перестають функціонувати. Що таке малярія як інвазійне захворювання?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Нобелівська премія. Паразитарні захворювання

Нобелівську премію в галузі фізіології і медицини за 2015 р. розділили троє вчених – В. Кембелл (Ірландія), С. Омура (Японія) і Юю Ту (Китай). Кемпбелл і Омура отримали половину премії за відкриття нових ліків для боротьби з паразитичними червами на основі аверmektinів – продуктів життєдіяльності грибів *Streptomyces avermitilis*. Що таке паразитарні захворювання і які з них є найпоширенішими в Україні?



1 – Вільям Кембелл; 2 – Сатосі Омура;  
3 – Юю Ту



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Назвіть основні форми паразитизму. 2. Наведіть приклади обов'язкових і необов'язкових паразитів. 3. Чим ектопаразити відрізняються від ендопаразитів? 4. Хто такі паразитоїди? 5. Для яких організмів характерний соціальний паразитизм? 6. Що таке надпаразитизм?
7 – 9	7. Як класифікують паразитизм? 8. Яка роль паразитизму в природі? 9. Яка роль паразитизму для людини?
10 – 12	10. Оцініть позитивне й негативне значення паразитизму в природі й для людини.

*З того часу, як один організм став паразитом іншого,  
й починається їхній взаємний вплив один на одного.  
З підручника «Основи екологічної паразитології»*

## § 17. АДАПТАЦІЇ ПАРАЗИТІВ ТА ЇХ ХАЗЯЇВ

Основні поняття й ключові терміни: **ПАРАЗИТ. ХАЗЯЇН.**

**Пригадайте!** Що таке паразитизм?



### У світі цікавого

Слово «паразит» походить від грецького «parasites» – дармоїд, нахлібник. У Стародавній Греції, за часів Перикла (V ст. до н. е.), існував закон, згідно з яким відомі державні діячі в похилому віці перебували на утриманні держави. Для таких людей будували спеціальні пансіони, які називалися параситаріями, а самих мешканців називали параситами. А яке значення цього поняття в сучасному розумінні?

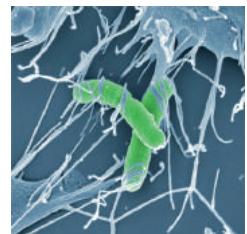


### ЗМІСТ

#### Які адаптації паразитів до існування в організмі хазяїна?

**ПАРАЗИТ** – це організм, який живе на поверхні або в органах і тканинах інших видів організмів і використовує їх як джерело поживних речовин та місце проживання. Адаптації паразитів роблять їх однією з найуспішніших екологічних груп живих організмів.

Загальними адаптаціями **бактерій-паразитів** є здатність утворювати токсини для пригнічення життєдіяльності хазяїна, швидке розмноження, наявність плазмід з генами стійкості до антибіотиків, утворення цист для існування за несприятливих умов. Ще однією цікавою особливістю бактерій-паразитів є здатність деяких видів маніпулювати собі на користь. Наприклад, *шігела (Shigella flexneri)*, яка є збудником дизентерії, здатна впливати на гени епітеліальних клітин слизової оболонки кишечнику й стимулювати утворення актинових ниток-філоподій та спрощувати процес проникнення в ці клітини (іл. 35).



Іл. 35. Шігела  
та філоподії  
епітеліоцитів

**Гриби-паразити** пристосовані жити на поверхні або в тілі свого хазяїна. Ці істоти утворюють величезну кількість спор і мають різні способи їхнього поширення. Є гриби-паразити, які вистрілюють свої спори на мух (наприклад, пілоболуси, які випускають спори зі швидкістю 25 м/с). А зооспори водних паразитичних грибів (наприклад, сапролегній) мають джгутики й можуть плавати. Гриби можуть виділяти отруйні речовини і вбивати клітини, а потім уже живитися їхнім вмістом (наприклад, опеньок темний). Для живлення у багатьох паразитичних грибів (фітофтори, борошнистосяні гриби) утворюються *гаусторії*. Це видозмінені нитки міцелію, що проникають у клітини й поглинають поживні речовини. Для існування за несприятливих умов і поширення гриби утворюють склероциї (наприклад, ріжкові гриби) у вигляді сплетення ниток міцелію.

**Рослини-паразити** також поділяють на ект- й ендопаразитів. Ектопаразити (омела, повитиця, вовчок) проникають в організм хазяїна за допомогою видозмі-

нених коренів-гаусторіїв і висмоктують поживні речовини. За походженням цих видозмін розрізняють такі групи, як кореневі (вовчок, петрів хрест) і стеблові (повитиця, омела) паразити. Ендопаразити переважно або повністю ростуть в організмі рослини-хазяїна, а залишають тіло господаря лише для здійснення розмноження (наприклад, рафлезії) (іл. 36).

**Тварини-паразити** мають найрізноманітніші адаптації, які полегшують існування в специфічних умовах гостального середовища. «Ніде у тваринному світі не проявляються з такою силою пристосувальні реакції організмів, як у паразитів», – так писав один з відомих паразитологів В. О. Догель (1882–1955). Серед **морфологічних адаптацій** тварин виокремлюють: розвиток органів прикріплення (присоски у сисунів, гачки у стъожаків, кігтики у воші), зменшення розмірів тіла для внутрішньоклітинного або тканинного паразитування (лейшманії, споровики), антиферментні покриви (наприклад, тегумент у плоских червів, кутикула аскариди), втрату органів або навіть систем органів (втрата травної й нервової систем у стъожаків). Прикладами **фізіологічних адаптацій** є анаеробне дихання у гельмінтів, антисіdalні властивості слизу п'явок. Особливе значення для тварин-паразитів мають **репродуктивні адаптації**, якими є гермафрідитизм, розвинута статева система й підвищена плодючість, наявність основного й одного або декількох проміжних хазяїв, партеногенез на стадії личинок та ін.

Отже, загальні адаптації паразитів спрямовані на отримання поживних речовин, перебування в організмі хазяїна та його зараження, пригнічення захисних можливостей, тимчасове перебування в зовнішньому середовищі тощо.

### Якими є впливи паразитів на організм хазяїна?

Серед найзагальніших ознак паразитизму виокремлюють зв'язок з організмом хазяїна, залежність від його поживних речовин та певний ступінь небезпеки для хазяїна (патогенність). У чому полягає сутність впливу паразитів?

**Механічні впливи** виявляються у пошкодженні клітин, тканин й органів під час прикріплення, живлення, розвитку або міграції паразита. Ці впливи призводять до порушення структури та функцій органів. Так, печінковий сисун може спричиняти закупорення кишечнику або жовчних шляхів, личинки аскариди, проникаючи в кров, руйнують стінки кишечнику, трутовик спричиняє трухлявіння дерев. **Токсичний вплив** здійснюють отруйні речовини (токсини) паразитів, що є продуктами їхньої життєдіяльності. Наприклад, токсини малярійного плазмодія, потрапляючи з еритроцитів у кров, провокують напади малярії. **Трофічний вплив** пов'язаний з використанням паразитами поживних речовин цитоплазми, рідин внутрішнього середовища, перетравленої їжі травного каналу, що веде до виснаження організму хазяїна. **Алергічний вплив** виявляється через виділення паразитами речовин-алергенів, що супроводжується алергічними реакціями. **Сприяючий вплив** паразити чинять на хвороботворні віруси та мікроорганізми, які за їхньою допомогою поширяються організмом або потрапляють в організм.



Іл. 36. Квітка ендопаразита рафлезії Арнольда

Так, повитиця й попелиці переносять віруси рослин, москіти й комарі – твариноподібних паразитів. **Етологічний вплив** пов’язаний з маніпуляціями поведінки хазяїв, що здійснюється за допомогою хімічних речовин. Так, одноклітинний паразит токсоплазма примушує мишей шукати кішок, які бажають їх з’їсти, круглі черви-нематоморфи змушують цвіркунів кидатися у воду, щоб черв’як міг отримати доступ до води, плоский черв’як лейкохлоридій парадоксальний у щупальцях равликів нагадує гусеницию, чим привертає увагу птахів, які його проковтують (іл. 37). **Репродуктивний вплив** паразитів полягає в їхньому впливові на розмноження. Так, краби під дією речовин вусоногого рака сакуліни втрачають здатність до розмноження і навіть змінюють стать (див. іл. 37).

Зазначимо, що вплив паразита на організм хазяїна може бути й позитивним. Наприклад, той самий краб, уражений паразитом сакуліною, довго живе, люди, уражені паразитами, рідше страждають на алергічні хвороби, зокрема ядуху (астму), розсіяний склероз.

Отже, впливи паразитів на організм хазяїна відбуваються в різні способи, але зазвичай не викликають (окрім паразитоїдів) його загибелі. У процесі коеволюції у системі «паразит – хазяїн» утворилися взаємні адаптації, що забезпечують стійкість цієї системи.

### Як організм хазяїна відповідає на оселення паразитів?

**Хазяїн** – організм, який є середовищем існування для інших організмів. Організм хазяїна може забезпечувати паразитів їжею (трофічні зв’язки), простором для проживання (топічні зв’язки), притулком (фабричні зв’язки) та здійснювати поширення або переміщення їх самих або їхніх стадій розвитку (форичні зв’язки). З хазяїном може бути пов’язане усе їхнє життя або якесь частина онтогенезу.

Вплив хазяїна на паразита після зараження відбувається на усіх рівнях організації й спрямований на пригнічення життєдіяльності паразита або його знищенння.

- **Молекулярні** реакції пов’язані із підвищеннем вмісту вільних радикалів, синтезом захисних ферментів, зміною активності системи антиоксидантів.
- **Клітинні** відповіді проявляються у збільшенні розмірів клітин, в яких локалізуються паразити (наприклад, кокцидій або грегарин), у новоутвореннях органел (формування вакуоль після проникнення мікроспоридій або для розвитку токсоплазм), у апоптозі заражених клітин.
- **Тканинні** реакції у вигляді формування навколо паразита або його личинок сполучнотканинної капсули у тварин й людини, галів у рослин, яка ізоляє паразита від тканин хазяїна, росту здорових тканин після враження рослин попелицями.
- **Організмові** реакції є імунологічними й спрямовані на утворення в організмі хазяїна антитіл у відповідь на антигени паразита й формування вродженого або набутого імунітету.
- На **популяційно-видовому** рівні відбувається зменшення щільності популяцій, що знижує ризик зараження хазяїв.



Іл. 37. Паразити-маніпулятори: 1 – лейкохлоридій парадоксальний у тілі равлика; 2 – сакуліна на черевці краба

Отже, вплив хазяїна на паразита відбувається на всіх рівнях організації й спрямований на запобігання зараженню, зменшення шкідливого впливу паразита або його знищення.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з ілюстрацією

Перед вами на ілюстрації рослина, латинська назва якої *Melampyrum nemorosum*. Для цього виду рослин існує багато народних назв: брат-і-сестра, дідики-й-бабки, день-і-ніч, іван-та-марія, яким-та-ганна. В основу цих назв покладено контраст у суцвітті фіолетових квіток із жовто-гарячими. Визначте українську наукову назву, систематичну належність, форми паразитизму та адаптації до способу життя.



### Біологія + Медицина. Паразити в медицині

**Кордицепс китайський** (*Ophiocordyceps sinensis*) живе в Тибеті й Гімалаях і паразитує в гусеницях метеликів. Зрілий гриб подібний до гілочки, що виростає з тіла муміфікованої ним гусені. Цей гриб здавна застосовують у тибетській медицині. Він цінується втрічі дорожче за золото. Це найдорожчий паразит у світі. А які адаптації цього гриба-паразитоїда до паразитичного способу життя? Чим зумовлений цілющий ефект кордицепсу?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Психологія. Маніпуляція серед організмів

Маніпуляція в психології – це приховане управління поведінкою людини. Паразитичні бактерії з роду Вольбахія, якими інфіковано близько 20 % усіх видів комах, павуків, кліщів, нематод та інших безхребетних, також «навчилися» регулювати життєві функції й поведінку своїх хазяїв. Через те їх називають мікробами-маніпуляторами. Які типи маніпуляцій може здійснювати вольбахія з хазяями? Як організми-хазяї відповідають на дію цих бактерій?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Хто такі паразити? 2. Наведіть приклади паразитів різних груп організмів. 3. Назвіть основні види впливів паразита на хазяїна. 4. Наведіть приклади різних видів впливу паразита на організм хазяїна. 5. Хто такий хазяїн? 6. Наведіть приклади організмів у системі «паразит – хазяїн».
7 – 9	7. Які адаптації паразитів до існування в організмі хазяїна? 8. Якими є впливи паразитів на організм хазяїна? 9. Як організм хазяїна відповідає на оселення паразитів?
10 – 12	10. Схарактеризуйте на конкретному прикладі взаємоадаптації паразита й організму-хазяїна.

## § 18. АДАПТИВНІ БІОЛОГІЧНІ РИТМИ

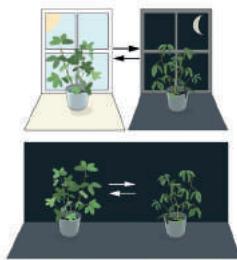
Основні поняття й ключові терміни: **АДАПТИВНІ БІОЛОГІЧНІ РИТМИ. ФОТОПЕРІОДИЗМ. Біологічний годинник.**

**Пригадайте!** Що таке біологічні ритми?



### Поміркуйте!

У 1729 р. французький фізик й астроном **Жан-Жак Дорту де Меран** (1678–1771) зацікавився властивістю **мімози соромливої** (*Mimosa pudica*) розкривати свої листки вранці й закривати їх уночі. Він провів експеримент, в якому рослину утримували цілодобово в темряві, але все одно вона продовжувала раз на добу закривати й розкривати листки, незважаючи на відсутність світла. Що ж було причиною таких періодичних змін?



### ЗМІСТ

#### Які причини адаптивних біологічних ритмів?

За функціональним значенням біологічні ритми поділяють на адаптивні (екологічні) та функціональні (фізіологічні).

**АДАПТИВНІ БІОЛОГІЧНІ РИТМИ** – це регулярні зміни життєдіяльності біологічних систем, що збігаються за періодом із зовнішніми геофізичними циклами. Адаптивні біоритми виникли як адаптації живого до регулярних змін основних екологічних чинників і збігаються за тривалістю з ритмами зовнішнього середовища. Це є іньюю загальною відмінністю від функціональних ритмів, що підтримують регулярний перебіг процесів життєдіяльності, сталість параметрів внутрішнього середовища. Їхні періоди становлять від часток секунди до декількох хвилин. Адаптивні біоритми властиві для усіх біосистем й відбуваються на усіх рівнях життя. Так, на молекулярному рівні добова періодичність характерна для репарації й реплікації ДНК, на клітинному рівні – для поділу епітеліальних стовбурових клітин, на популяційно-видовому рівні сезонна або річна періодичність властива «хвильам життя» та ін.

Адаптивні біологічні ритми пов’язані з обертанням Землі навколо Сонця, Землі навколо своєї осі й Місяця навколо Землі. Під впливом цього обертання багато екологічних чинників, особливо світловий режим, температура, тиск й вологість повітря, океанічні припливи й відпливи, закономірно змінюються. На екологічну ритмічність живої природи впливають і космічні ритми (періодичні зміни сонячної активності) та електромагнітні поля. Крім циклічності абіотичних чинників для ритміки біосистем суттєве значення мають і періодичні зміни біотичних чинників (наприклад, добова активність у системі «хижак – жертва»).

Чинники, що визначають ритмічність процесів живого, називають синхронізаторами («датчиками часу»). Біоритми, що формуються під дією зовнішніх синхронізаторів (світло, температура, атмосферний тиск, їжа, а для людини – ще й різні соціальні чинники), називаються **зовнішніми** (екзогенними). Ритми, що

виникають всередині біосистеми під дією внутрішніх синхронізаторів і відносно не залежать від зовнішніх чинників, називаються **внутрішнimi** (ендогенними). Роль центрального водія ритму в плаузунів й птахів виконує епіфіз, у ссавців – супрахіазматичні ядра гіпоталамусу.

За сучасними уявленнями, основою адаптивних ритмів є внутрішня (ендогенна) програма. За це відкриття лауреатами Нобелівської премії з фізіології і медицини у 2017 р. стали Д. Холл, М. Росбаш і М. Янг (усі – США). Виявилось, що добові ритми мають молекулярно-генетичну природу, і за їхню періодичність відповідають гени, які назвали часовими.



Джеффрі  
Холл

Майкл  
Росбаш

Майкл  
Янг

Отже, будь-який адаптивний біологічний ритм має внутрішню спадкову програму і генетичну регуляцію, на які впливає складний комплекс зовнішніх та внутрішніх чинників-синхронізаторів.

### Які типи й значення адаптивних біоритмів?

Адаптивні ритми класифікують за різними критеріями: за родом процесів, що породжують ритми, власними характеристиками (наприклад, періодом), функціональним значенням, рівнями організації життя.

За тривалістю періоду ритмічних змін адаптивні біоритми поділяють на добові, місячні, припливно-відпливні, сезонні (річні) та багаторічні.

**Добові біоритми** виникають унаслідок обертання Землі навколо своєї осі й характеризуються періодом  $24 \pm 4$  год. Так, добову періодичність мають процеси мітозу, світлової й темнової фаз фотосинтезу, періодичні рухи листків або квіток, періоди спокою – байдарості у тварин, кровообігу або секреції гормонів у людини.

**Припливно-відпливні біоритми** синхронізовано обертанням Землі відносно Місяця. Упродовж місячної доби (24 год 50 хв) відбуваються по два припливи і два відпливи, що спонукає організми пристосуватися до таких періодичних змін умов існування. Найбільш чітко вони виражені в мешканців припливно-відпливної зони. Під час припливу риба *атеріна* відкладає ікру, а під час відпливу закривають свої чепрепашки молюски, ховаються у ґрунт кільчасті черви, змінюю забарвлення *ваблячий краб* тощо (ил. 38).



Ил. 38. Ваблячий краб залежно від припливу або відпливу змінює своє забарвлення

**Місячні біоритми** зумовлені обертанням Місяця навколо Землі (з періодом 29,5 діб). Прикладами таких ритмів є розмноження палоло тихоокеансько-го, японської морської лілії.

**Сезонні (річні) біоритми** пов'язані з обертанням Землі навколо Сонця; їх період – 1 рік  $\pm 2$  місяці. З певними сезонами в організмів пов'язані періоди розмноження, розвитку, стану зимового спокою, у тварин – це також періоди линяння, міграцій, сплячки тощо, у листопадних рослин – періоди листопаду.

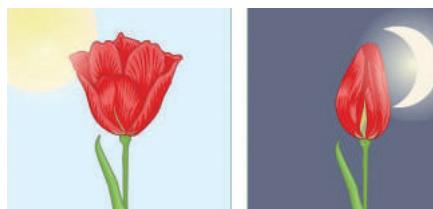
**Багаторічні біоритми** пов'язані зі зміною сонячної активності протягом кількох років (наприклад, масові розмноження перелітної сарани та деяких інших тварин). Звичайно періоди сонячної активності настають приблизно кожні 11 років.

Завдяки адаптивним біоритмам найважливіші функціональні прояви життя біосистем різного рівня організації збігаються з найбільш сприятливими періодами довкілля. Так, нічний спосіб життя дає змогу видам пустельних тварин уникати негативного впливу денної спеки й зберігати воду в організмі. Види організмів, які в процесі еволюції виробили різні форми добової активності, змогли повніше освоїти природні місця існування і позбутися конкуренції за ресурси. Наприклад, яструби і сови можуть полювати на тому самому полі на один і той самий вид гризунів, не вступаючи в конфлікт.

Отже, різні типи біологічних ритмів є важливою пристосувальною ознакою організмів до змін у навколошньому середовищі.

### У чому полягає адаптивне значення фотoperіодизму?

**ФОТОПЕРІОДИЗМ** – реакція організмів на співвідношення тривалості дня і ночі, що проявляється в періодичній зміні процесів життєдіяльності. Тривалість світлового дня є найстабільнішим з екологічних чинників, оскільки завжди однакова в певному місці в даний час, тоді як інші чинники змінюються в значних межах. Фотоперіодизм як сукупність спадкових реакцій організмів проявляється лише за певного поєднання тривалості світлового дня з іншими екологічними чинниками, передусім з температурою (термоперіодизм). Фотоперіодичні реакції регулюються у живих організмів нервовою системою, гормонами (статеві гормони, мелатонін, тропні гормони), фітогормонами, рослинними фіторецепторами (фітохроми, кріптохроми, фототропіни). Фотоперіодизм тісно пов’язаний з явищем біологічного годинника. **БІОЛОГІЧНИЙ ГОДИННИК** – здатність організмів реагувати на плин часу. Основою цієї здатності є чітка періодичність фізичних і хімічних процесів у клітинах. І що особливо цікаво, ця періодичність не залежить від температури довкілля (іл. 39).



Іл. 39. Фотоперіодична реакція квіток тюльпана

Фотоперіодизм властивий для всіх систематичних груп, але не для всіх видів організмів. Світло не має провідного сигнального значення для екваторіальних видів, рослин-ефемерів, ендопаразитів, мешканців глибин морів, печер та ін.

Адаптивне значення фотоперіодизму полягає в світловій регуляції біологічних ритмів і можливості заздалегідь пристосовуватися до періодичних змін умов існування. Завдяки фотоперіодизму відбуваються: настання цвітіння, перехід до зимового спокою, листопад, ростові процеси, настання шлюбного періоду, перехід до сплячки, міграції, добова активність, линяння (іл. 40).



Іл. 40. Линяння зайця-біляка – сезонна фотоперіодична реакція

Отже, в еволюції більшості організмів основне сигнальне значення для ритмічних змін життєдіяльності закріпилося за фотоперіодичною регуляцією.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота на зіставлення. Різноманітність адаптивних ритмів

Зіставте типи адаптивних біоритмів з наведеними проявами життєдіяльності. Визначте належність цих проявів до певного типу адаптивних біоритмів.

<b>A Добові</b>	<b>1</b> Розмноження палоло
<b>Б Припливно-відпливні</b>	<b>2</b> Полювання сови вухатої
<b>В Місячні</b>	<b>3</b> Линяння вивірки звичайної
<b>Г Річні</b>	<b>4</b> Осіннє опадання листя дуба
<b>Д Багаторічні</b>	<b>5</b> Розмноження перелітної сарани
	<b>6</b> Популяційні хвилі миші польової
	<b>7</b> Зимова сплячка бурого ведмедя
	<b>8</b> Закривання квіток латаття на ніч
	<b>9</b> Відкладання ікри атеріною
	<b>10</b> Зміна забарвлення ваблячого краба

### Біологія + Селенологія. Місяць і біологічні ритми

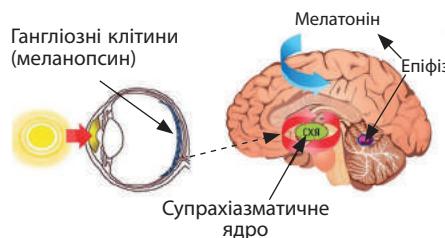
Місяць – єдиний природний супутник планети Земля, другий за яскравістю об'єкт на земному небосхилі після Сонця і п'ятий за величиною супутник планет Сонячної системи. Що вивчає селенологія? Які геофізичні сили Місяця є синхронізаторами багатьох біоритмів живої природи?



## ЗІСТАВЛЕННЯ

### Біологія + Спелеологія. Регуляція ритмів у людини

Один із спелеологів, а саме французький учений **Мішель Сіфр** (нар. 1939) здобув широку популярність завдяки серії експериментів «Поза часом», у ході яких 64 дні перебував на самоті в печері на глибині 135 м без можливості визначення часу та дати. У результаті досліджень виявив, що організм людини самостійно пристосовується до 24- або 48-годинного циклу. Розгляньте схему та поясніть механізм регуляції таких ритмів у людини.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке адаптивні біоритми? 2. Наведіть приклади адаптивних біоритмів. 3. Назвіть критерії для класифікації біоритмів. 4. На які групи класифікують біоритми за тривалістю періоду? 5. Що таке фотoperіодизм? 6. Наведіть приклади фотоперіодичних реакцій.
7 – 9	7. Які причини адаптивних біологічних ритмів? 8. Які типи й значення адаптивних біоритмів? 9. У чому полягає адаптивне значення фотоперіодизму?
10 – 12	10. Як відбувається регуляція біоритмів у людини?

*Здатність до адаптацій – одна з основних  
властивостей життя взагалі.  
З підручника екології*

## Узагальнення теми 5. АДАПТАЦІЇ

**АДАПТАЦІЯ** (від лат. *adaptatio* – пристосування) в біології – загальна властивість усіх біосистем до формування й розвитку нових біологічних ознак відповідно до змін умов навколошнього середовища.

КЛАСИФІКАЦІЯ АДАПТАЦІЙ	
<b>A. За типом біосистеми</b>	
• Клітинні	
• Організмові:	
– морфологічні;	
– фізіологічні;	
– етологічні	
• Популяційні	
• Видові	
• Екосистемні	
<b>B. За походженням</b>	
1. Преадаптивні	
2. Комбінативні	
3. Постадаптивні	
<b>C. За виникненням</b>	
• Онтогенетичні:	
– короткочасні;	
– ритмічні;	
– постійні	
• Філогенетичні	
<b>Властивості адаптацій</b>	
• Індивідуальність	
• Відносна доцільність	
• Непостійність	
ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ	
Закономірності формування адаптацій	
• Правило адаптивності	
• Правило екологічної індивідуальності	
• Правило відносної незалежності	
• Правило двох рівнів адаптації	
• Правило адаптивної радіації	
• Правило конкурентного виключення	
• Правило обов'язкового заповнення екологічних ніш	
Способи формування адаптацій	
1. Преадаптивний	
2. Комбінативний	
3. Постадаптивний	
Стратегії формування адаптацій	
A. За тривалістю формування адаптацій:	
• стратегія еволюційних адаптацій;	
• стратегія акліматизації;	
• стратегія негайної адаптації	
B. За характером формування адаптивних механізмів:	
• стратегія за принципом резистентності;	
• стратегія за принципом толерантності;	
• стратегія уникнення несприятливих впливів	
Прояви адаптивності живого	
• Екологічна пластичність	
• Екологічні ніші	
• Адаптивна радіація	
• Коадаптація	
• Життєві форми	
• Форми симбіозу	
• Адаптивні ритми	

### ЗНАЧЕННЯ АДАПТАЦІЇ

**АДАПТАЦІЯ** – загальна властивість усіх біосистем підтримувати гомеостаз і динамічну рівновагу за певних умов існування та за їх змін у процесі індивідуального та історичного розвитку.



# Тема 6. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

*Життя не в тому, щоб жити, а в тому, щоб бути здоровим.*

*Марціал*

## § 19. НАУКИ, ЩО ВИВЧАЮТЬ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

**Основні поняття й ключові терміни: ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ.**

**Пригадайте!** У чому сутність біосоціальної природи людини?



### Поміркуйте!

Людство здавна усвідомило ціну здоров'я. Багато висловлювань дійшло до нас від давньогрецьких лікарів і філософів, в яких стверджується верховенство здоров'я над усіма іншими цінностями життя. Наприклад: «Коли немає здоров'я – мудрість мовчить і не до мистецтва, сила спить, багатство марне і розум безсилий» (Герофіл), «Перша сходинка до щастя – здоров'я» (Сократ), «Найбільший скарб кожної людини – це її здоров'я» (Гіппократ). Що таке здоров'я?



### ЗМІСТ

#### Яким є сучасне розуміння здоров'я людини?

У сучасному розумінні сутності здоров'я домінуючим є **холістичний** (від греч. *холос* – цілий, цілісний) підхід. За цим підходом здоров'я розглядається не лише як відсутність захворювань, а як стан загального благополуччя, що інтегрує три складники: фізичне, психічне, соціальне (суспільне) здоров'я (іл. 41). Усі ці галузі є невід'ємними одна від одної, взаємопов'язаними і саме в сукупності визначають загальний здоровий стан людини.

**Фізичне (соматичне) здоров'я** – це стан благополуччя, що визначається впорядкованістю будови й функцій організму людини та ступенем біологічної адаптації до умов довкілля. Біологічною основою фізичного здоров'я є спадкова програма індивідуального розвитку, тип конституції тіла, індивідуальні особливості

→ <b>ЗДОРОВ'Я</b>	Фізичне → 1. Структурно-функціональна упорядкованість 2. Біологічна адаптованість 3. Стан імунної системи
→ Психічне	1. Інтелектуальне благополуччя 2. Емоційне благополуччя 3. Духовне благополуччя
→ Соціальне	1. Моральність 2. Соціальна адаптованість 3. Статева культура

Іл. 41. Складники здоров'я людини згідно з холістичною моделлю

вості життєвих функцій людини. Основними компонентами фізичного здоров'я є структурно-функціональна упорядкованість, біологічна адаптованість і стан імунної системи.

**Психічне здоров'я** – це стан благополуччя, що визначається впорядкованістю поведінки організму людини та психічною адаптованістю до середовища існування. Психічно здорова людина може реалізувати свій власний потенціал, впоратися із життєвими стресами, продуктивно працювати й брати активну участь у житті своєї спільноти. Основними компонентами психічного здоров'я є інтелектуальне, емоційне й духовне благополуччя. Біологічними основами психічного здоров'я є особливості будови й функціонування регуляторних систем (нервової, ендокринної та імунної) та аналізаторів, певний тип вищої нервової діяльності, функціональна спеціалізація півкуль, психофізіологічні процеси кори й підкірки (насамперед абстрактне мислення й свідомість).

**Соціальне здоров'я** – стан благополуччя, що визначає ефективність взаємодії людини із соціальним середовищем. Це ставлення до норм і правил, прийнятих у суспільстві, соціальні зв'язки з людьми, прагнення до підвищення свого соціального статусу, що формуються під впливом батьків, друзів, однокласників тощо. Компонентами соціального здоров'я є моральність людини (визначає її поведінку в суспільстві) та соціальна адаптованість (активне й пасивне пристосування індивіда до соціальних умов). Біологічними основами соціального здоров'я є набуті форми поведінки й форми наукіння, соціальні потреби, вищі емоції, особливості характеру, що формувалися в процесі еволюції й проявляються в житті людини завдяки праці, мові й суспільному способу життя.

Отже, **ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ** – це стан фізичного, психічного та соціального благополуччя, що зумовлює здатність організму людини адаптуватись до мінливих умов середовища.

### Чому здоров'я людини вивчають різні науки?

Здоров'я людини є складним явищем, його можна розглядати як філософську, соціальну, економічну, біологічну, медичну категорію, як об'єкт споживання та залучення фінансів. Така багатоаспектність стану здоров'я потребує дослідження з погляду різних теоретичних й прикладних наукових галузей.

Для розуміння **фізичного здоров'я**, що відображає функціональний стан організму людини, велике значення мають передусім знання *природничих наук*: біології (анатомії, фізіології, біохімії, біофізики, генетики, молекулярної біології, антропології, ембріології, імунології), фізики, хімії, географії, астрономії. Лікування й профілактика захворювань неможливи без *медичних* (ендокринологія, кардіологія, стоматологія) і *фармацевтичних* (фармакологія, токсикологія, фармакогнозія) наук.

Для зміцнення й збереження **психічного здоров'я** необхідні знання *психологічних наук* (нейропсихологія, психіатрія, психоекологія, психогенетика), *біологічних* (нейрофізіологія, етологія), *медичних* (ендокринологія) та *філософських* (логіка, релігієзнавство, естетика, етика) наук.

Для вивчення компонентів **соціального здоров'я** необхідні знання *соціологічних* (соціологія, соціальна психологія) та *історичних* (етнологія, археологія) наук. Okрім наукових знань про соціальні явища для розв'язування соціальних

проблем важливими є й такі галузі діяльності, як освіта (педагогічні науки), сільське господарство (сільськогосподарські науки), правосуддя (юридичні науки), транспорт (технічні науки), фінанси й капіталовкладення (економічні науки) та ін.

Отже, залучення відомостей з різних галузей знань допомагає комплексно розглядати проблеми здоров'я, набути його багатовимірного і разом з тим цілісного розуміння.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Біологічні основи здоров'я людини

Заповніть таблицю та зробіть висновок про необхідність холістичного підходу щодо розуміння здоров'я людини

Ознака	Фізичне здоров'я	Психічне здоров'я	Соціальне здоров'я
Біологічні основи			
Науки, що вивчають			

### Біологія + Психологія. Здоров'я й психологія

В одній із паризьких лікарень обов'язком хворих було тричі на день вголос або подумки повторювати по 10 разів фразу: «З кожним днем я почиваюся краще й краще». Причому повторювати не механічно, а з позитивним емоційним забарвленням. Дивно, але факт: хворі одужували протягом місяця, у деяких із них навіть зникла необхідність у хірургічному втручанні. Застосуйте знання про складники здоров'я й поясніть цей факт. Що вивчає психологія здоров'я?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Міжнародне співробітництво. ВООЗ

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ, англ. *World Health Organization*, WHO) – спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй, головною метою якої є збереження здоров'я населення всіх країн світу. Чому охорона здоров'я сучасної людини є проблемою глобального рівня?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке здоров'я? 2. Назвіть компоненти здоров'я людини. 3. Що таке фізичне здоров'я? 4. Що таке психічне здоров'я? 5. Що таке соціальне здоров'я? 6. Назвіть науки, що вивчають здоров'я людини.
7 – 9	7. Яким є сучасне розуміння здоров'я людини? 8. У чому полягає сутність складників здоров'я? 9. Чому здоров'я людини вивчають різні науки?
10 – 12	10. Чому охорона здоров'я сучасної людини є проблемою глобального рівня?

*Гімнастика, фізичні вправи, ходьба мають міцно увійти до повсякденного побуту кожного, хто хоче зберегти працездатність, здоров'я, повноцінне і радісне життя.*  
*З трактату Гіппократа «Про здоровий спосіб життя»*

## **§ 20. ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ, ПРИНЦИПИ Й СКЛАДОВІ**

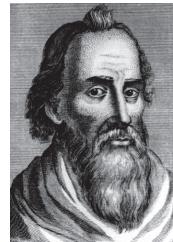
**Основні поняття й ключові терміни: ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ. Принципи здорового способу життя.**

**Пригадайте!** Що таке здоров'я?



### **Поміркуйте!**

**Mens sana in corpore sano** (у здоровому тілі – здоровий дух) – відомий латинський крилатий вираз. Він взятий з вірша римського поета-сатирика Ювенала (бл. 60 – бл. 127) і став популярним після того, як його повторили англійський філософ Дж. Локк і французький письменник Ж. Ж. Руссо. Автори виходили з розуміння, що наявність здорового тіла аж ніяк не гарантує наявності здорового духу. Навпаки, вони говорили про те, що потрібно прагнути до цієї гармонії, оскільки вона в реальності трапляється зрідка. Цікаво, а чому?



### **ЗМІСТ**

#### **Які біологічні основи принципів здорового способу життя?**

За твердженням фахівців ВООЗ, здоров'я на 50 % залежить від способу життя людини, на 20 % – від спадковості, на 20 % – від стану навколошнього середовища і на 10 % – від медичних послуг. Ось чому в організації здорового способу життя треба обов'язково зважати на усі ці впливи. І ще дуже важливим складником є особисті переконання й налаштованість на те, щоб бути здоровим.

**ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ** – це спосіб життєдіяльності людини, що відповідає її генетичним особливостям, конкретним умовам життя й спрямований на формування, збереження і зміцнення здоров'я. У визначенні здорового способу життя дляожної людини треба брати до уваги її типологічні особливості (тип ВНД, домінуючий тип вегетативної нервової регуляції тощо), вік і стать, соціальну ситуацію (сімейний стан, професію, умови праці та ін.).

Організація здорового способу життя передбачає також розуміння певних вихідних теоретичних засад. Такі вихідні основоположні здоров'язбережувальні твердження називаються **принципами здорового способу життя**. Вони акцентують увагу на біологічних основах здорового способу життя, на тих важливих біологічних процесах, що визначають здоров'я.

**Принцип єдності (цілісності)** для людини як біосоціальної істоти стверджує взаємозв'язок і взаємозалежність фізичної, психологічної й соціальної складових здоров'я людини.

**Принцип активності** вказує на необхідність рухливого способу життя, активне формування вольових якостей, що зменшують шкідливі впливи негативних емоцій, вибір активної життєвої позиції тощо.

<b>Основні принципи здорового способу життя</b>
1. Едність складових здоров'я
2. Активність
3. Ритмічність
4. Адаптивність
5. Відповідність
6. Самоорганізованість
7. Індивідуальність

**Принцип ритмічності** передбачає вимоги щодо режиму харчування, навантажень, відпочинку, праці відповідно до внутрішніх й зовнішніх біологічних ритмів.

**Принцип адаптивності** акцентує увагу на значенні адаптивних механізмів для підвищення власного адаптивного потенціалу, зміцнення імунітету, психолого-гірчичної стійкості, пізнавального наукіння й мотивації в адаптованості людини.

**Принцип відповідності** підкреслює важливу роль співвіднесення обміну речовин, енергії та інформації з потребами організму, вимог помірності й самообмеження, пов'язаних з режимом харчування, фізичним навантаженням, віковими особливостями росту й розвитку та ін.

**Принцип самоорганізації** є важливим для організації фізичного розвитку та зміцнення адаптивних можливостей організму, професійної самодисципліни, повноцінної самореалізації своїх обдарувань і здібностей, оскільки основою здорового способу життя є саме індивідуальна система поведінки й звичок кожної окремої людини. Активним носієм здорового способу життя є конкретна людина з її особливостями й соціальним статусом.

**Принцип індивідуальності** вказує на необхідність розуміння біологічної неповторностіожної людини, індивідуальних проявів вищої нервової діяльності для усвідомлення свого «Я», особливостей характеру тощо.

Отже, сукупність принципів організації здорового способу життя створює основу біологічного й соціального розвитку організму та його взаємодію із середовищем життя.

### У чому є біологічна роль складників здорового способу життя?

Здоровий спосіб життя у медико-біологічному сенсі – це такий стиль життя, за якого спостерігаються оптимальний рівень життєдіяльності організму, підвищення адаптивного потенціалу і резервних можливостей організму, зберігається активність організму до самої старості. Найважливішими складниками здорового способу життя є *раціональне харчування, рухова активність, особиста гігієна, режим праці й відпочинку, загартовування, відмова від шкідливих звичок, культура здоров'я*.

**Раціональне харчування** є основоположним складником здорового способу життя. Це фізіологічно повноцінне харчування людини із урахуванням її віку, статі, стану, виду діяльності. Завдяки принципам збалансованості, різноманітності, ритмічності, індивідуальності кожна людина отримує усі необхідні речовини, що виконують харчову, енергетичну, регуляторну, захисну та інформативну функції.

**Рухова активність** людини визначається станом м'язової системи і є основною умовою життєдіяльності організму. «Життя вимагає руху», – стверджував Арістотель. М'язові рухи впливають на фізіологічну діяльність усіх інших систем, зміцнюють імунітет, сприяють психічній діяльності, забезпечують соціальну активність.

Складники здорового способу життя
1. Раціональне харчування
2. Рухова активність
3. Особиста гігієна
4. Розумне чергування праці й відпочинку
5. Загартовування
6. Відмова від шкідливих звичок
7. Культура здоров'я

**Особиста гігієна** передбачає догляд за тілом, гігієну одягу та взуття, що сприяє зміцненню здоров'я, поліпшенню обміну речовин, кровообігу, травлення, дихання, розвитку фізичних і розумових здібностей людини.

**Розумне чергування праці та відпочинку** – важливий компонент здорового способу життя. Сприяння ритмічному перебігу фізіологічних процесів – це основний принцип цієї складової. Біоритми окремих органів і систем взаємодіють між собою й утворюють упорядковану систему ритмів, що сприяють оптимальній діяльності організму.

**Загартовування** – це передусім уміле вдосконалення фізіологічних механізмів захисту й адаптації організму. Переїдання на свіжому повітрі, водні процедури та сонячні ванни дають змогу використовувати приховані можливості організму, мобілізувати в потрібний момент захисні сили, запобігти впливові небезпечних і шкідливих чинників середовища (іл. 42). Під час загартовування слід дотримуватись таких принципів, як *систематичність* використання всіх процедур, *поступовість* збільшення їхньої подразнювальної дії, *послідовність* їхнього проведення, *відповідність* стану здоров'я, *комплексність* дії природних чинників.



Іл. 42. Водні процедури – один із чинників загартовування

**Відмова від шкідливих звичок**, якими є зволікання (звична або навмисна затримка початку чи завершення завдання, незважаючи на негативні наслідки цього), надмірні витрати коштів, ігроманія, обкусування нігтів, надмірне витрачання часу на перегляд телевізійних передач, роботу з комп'ютером і гаджетами, постійне смоктання великого пальця та ін. Особливо шкідливими є наркоманія, зловживання алкоголем, токсикоманія та куріння. Кожна зі шкідливих звичок спричиняє залежність або поведінкові розлади людини, що можуть стати причиною захворювань.

**Культура здоров'я** включає знання (пізнавальний компонент), уміння й навички (практично дійовий компонент) та уявлення й переконання (ціннісно-емоційний компонент) людини з питань формування, збереження та зміцнення власного здоров'я і здоров'я оточуючих. Високий рівень культури здоров'я людини передбачає її гармонійне спілкування з природою й тими, хто її оточує. Серед найважливіших складових культури здоров'я виокремлюють культуру харчування, культуру рухової активності, статеву культуру. Варто пам'ятати, що організація здорового способу життя вимагає організованості й зусиль. Нова парадигма здоров'я чітко сформульована академіком М. М. Амосовим: «Щоб стати здоровим, потрібні власні зусилля, постійні й значні. Замінити їх чимось іншим неможливо».

Отже, здоровий спосіб життя забезпечує формування, збереження і зміцнення фізичного, психологічного й соціального здоров'я, здатність до продовження роду і досягнення активного довголіття.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею

Схарактеризуйте принципи здорового способу життя. Заповніть таблицю й сформулюйте визначення поняття «Біологічні основи здорового способу життя».

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИНЦІПІВ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ**

Принцип	Процеси життєдіяльності й властивості живого, що є біологічною основою здорового способу життя
1.	
2.	
3.	

### **Біологія + Суспільство. Цілі сталого розвитку й здоровий спосіб життя**

У вересні 2015 р. 193 країни світу затвердили Глобальні цілі сталого розвитку до 2030 р. Так більшість держав на планеті вирішили об'єднати зусилля для подолання проблем людства. Однією з 17 глобальних цілей є Ціль 3. «Міцне здоров'я і благополуччя. Забезпечення здорового способу життя та добробуту людей будь-якого віку». Чому міцне здоров'я і благополуччя людей є міжнародною глобальною проблемою?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Стародавня Греція. Біг і здоров'я

Стародавні греки особливу увагу приділяли збереженню здоров'я за допомогою бігу. На стіні Форуму в Елладі було викарбувано: «Якщо хочеш бути сильним, бігай! Якщо хочеш бути красивим, бігай! Якщо хочеш бути розумним, бігай!», «Якщо не бігаєш, поки здоровий, доведеться побігати, коли захворіш!» (Гораций), «Ніщо так сильно не руйнує людину, як тривала фізична бездіяльність» (Аристотель). Оцініть вплив бігу на фізичне, психічне та соціальне здоров'я людини.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке здоровий спосіб життя? 2. Що таке принципи здорового способу життя? 3. Назвіть основні принципи здорового способу життя. 4. Що таке біологічні основи здорового способу життя? 5. Назвіть основні складники здорового способу життя. 6. Що таке культура здоров'я?
7 – 9	7. У чому полягає єдність складових здоров'я людини? 8. Які біологічні основи принципів здорового способу життя? 9. Оцініть біологічну роль складників здорового способу життя.
10 – 12	10. Оцініть вплив регулярних тренувань і рухової активності на здоров'я людини.

*Ti, хто осягне її значення, зможуть наситити свою природу  
й продовжити своє життя; ті, хто упустить її справжню суть,  
завдашуть собі шкоди й помрутимуть передчасно.  
З китайського трактату про сексуальність*

## § 21. СТАТЕВА КУЛЬТУРА Й БЕЗПЕКА ЖИТТЯ ЛЮДИНИ

**Основні поняття й ключові терміни:** Статева культура. Сексуальне здоров'я. Репродуктивне здоров'я.

**Пригадайте!** Що таке культура здоров'я?



### Поміркуйте!

Слово «культура» (*culture*) – латинського походження, що буквально означало обробіток, догляд, поліпшення. У класичній давнині воно вперше було зафіксоване в праці **Марка Порція Катона Старшого** (*Marcus Porcius Cato Major*) «*De agri cultura*», присвяченій турботам землевласника, який обробляв землю. А що передбачає статева культура?



### ЗМІСТ

#### Якими є компоненти й значення статевої культури?

**Статева культура** – це сукупність знань, умінь, навичок, цінностей, норм поведінки, що визначають формування статі та визначають взаємовідносини між індивідами чоловічої та жіночої статей (іл. 43). Найважливішими проявами статевої культури є: стать, статева диференціація, статеві ролі, гендерна ідентифікація, сексуальна орієнтація, еротика, інтимна наслода, біологічна репродукція. Це одна із найважливіших складових загальної людської культури та здорового способу життя, від якої залежать сексуальне та репродуктивне здоров'я, безпека життя, продовження роду *Homo sapiens*. Формується статева освіченість на рівні суспільства, соціальних груп та особистості. Основними чинниками її формування є Інтернет і телебачення, друзі й ровесники, сім'я, освітні заклади й викладачі, спеціальна література. Статева культура залежить від взаємодії біологічних, психологічних, соціологічних, економічних, етичних, правових, історичних, релігійних, політичних чинників і є важливим компонентом життя людини.

Найважливішими структурними компонентами статевої культури суспільства є: соціальні інститути (наприклад, шлюбу, родини), течії мистецтва (наприклад, еротичне мистецтво, жанр ню), права, нормативні вимоги й заборони (наприклад, репродуктивні права, заборона споріднених шлюбів), традиції й звичаї (наприклад, шлюбні обряди, обряд ініціації), культурні знаки, символи й словесні позначення (наприклад, трикутник вершиною вниз чи вверх, інь та янъ, хрест й коло) та ін. У статевій культурі особистості виокремлюють пізнавальний, практично дійовий та ціннісно-емоційний компоненти.



Іл.43. Гендерні символи чоловічої та жіночої статей

**Таблиця 1. СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ СТАТЕВОЇ КУЛЬТУРИ  
ОСОБИСТОСТІ ТА ЇХ СКЛАДНИКИ**

Компонент	Складники
Пізнавальний	Наукові достовірні <b>знання</b> про анатомію й фізіологію статевої системи, статеве розмноження (запліднення, розвиток зародка, пологи), статеві відносини, сексуальність, біологічні особливості жіночої й чоловічої статей, контрацепція, планування сім'ї та ін.
Практично-дійовий	<b>Уміння й навички</b> особистої гігієни статевих органів, спілкування з протилежною статтю, відмінності між еротикою та порнографією, між сексуальністю та репродукцією, критичне осмислення реальних ситуацій, чітке формулювання своєї позиції, самовдосконалення, прийняття рішень й особиста відповідальність та ін.
Ціннісно-емоційний	<b>Ціннісні орієнтації (ставлення)</b> та <b>установки</b> , а також <b>переконання, вищі емоції та почуття</b> , якими є: моральні (самоповага й повага до протилежної статі, ставлення до обов'язків), інтелектуальні (пізнавальні інтереси, уподобання, новий досвід), естетичні (почуття краси тіла, стосунків, сімейна гармонія обов'язків), практичні (сексуальне задоволення чи незадоволення від статевої ролі)

Статева культура є важливою складовою здорового способу життя, необхідною передумовою формування сексуального й репродуктивного здоров'я; забезпечує зв'язок поколінь і розвиток людського суспільства, упорядковує й адаптує життя людей до соціальних умов мешкання, захищає від різних захворювань та ін. Значення статевої культури в житті людини виражається через її функції: інформативну, розвивальну, виховну, етичну (нормативну), адаптивну, функцію безпеки життя та ін.

Отже, статева культура є багатогранною й важливою складовою людського буття.

### У чому полягає небезпека погіршення стану сексуального та репродуктивного здоров'я в Україні?

**Репродуктивне здоров'я** – стан повного фізичного, розумового і соціального благополуччя, що характеризує здатність людей до відтворення собі подібних. Цей стан передбачає також можливість сексуальних відносин без загрози захворювань, гарантію безпеки вагітності, пологів, виживання і здоров'я дитини, благополуччя матері, можливість планування наступних вагітностей і попередження небажаної вагітності. Турбота про збереження репродуктивного здоров'я – це також і **сексуальне здоров'я**, метою якого є поліпшення статевого життя та міжособистісних статевих відносин, а не тільки консультації та лікування, пов'язані з репродукцією та інфекціями.

Загальними чинниками, що негативно впливають на стан репродуктивного й статевого здоров'я населення України та показники народжуваності, є: кризове соціально-економічне становище, військово-політична нестабільність, демографічне неблагополуччя, падіння рівня життя, зростаючі стресові навантаження, недостатня соціальна і правова захищеність у сфері праці, погіршення якості харчування, зростання загальної захворюваності населення. До чинників, що вплинули на погіршення статевої культури в країні, належать недостатня увага до ролі інституту родини і втрата історичних українських сімейних традицій.

Нині основними проблемами щодо репродуктивного й сексуального здоров'я в Україні, зокрема, є: висока материнська смертність і смертність немовлят, високий рівень абортів, переривання й ускладнення вагітності та пологів, підліткова вагітність, жіноче та чоловіче безпліддя, поширення *інфекцій*, що передаються статевим шляхом (ІПСШ), онкологічна захворюваність органів статевої системи.

Отже, в Україні виникла ситуація, що створює небезпеку для відтворення населення й загрозу для розвитку суспільства.

### **Які основні шляхи й способи підвищення рівня статевої культури?**

Визнаючи стратегічне значення репродуктивного здоров'я для забезпечення сталого розвитку суспільства, Україна як держава-член Організації Об'єднаних Насій, у 2015 р. схвалила План сталого розвитку на 2016–2030 роки та пов'язані з ним Цілі сталого розвитку. Оптимальним шляхом розв'язування проблем репродуктивного та статевого здоров'я є розробка та реалізація Загальнодержавної програми «Репродуктивне та статеве здоров'я нації на період до 2021 року». Метою програми є збереження репродуктивного та статевого здоров'я з дотриманням репродуктивних прав для досягнення благополуччяожної людини, відтворення населення і сталого розвитку України.

Для реалізації цієї мети й підвищення рівня статевої культури суспільства необхідні:

- рівний доступ населення до науково достовірної інформації та **статевої просвіти**;
- **пропаганда здорового способу життя**, відповідального батьківства, культури сімейних цінностей, створення сім'ї, планування народження здоровової дитини; ефективним може стати впровадження т. зв. ABC-стратегії (*Abstinence* – утримання, тобто свідомий початок статевого життя в старшому віці, *Be faithful* – вірність у стосунках, *use a Condoms* – використання презервативів), що поширюється в суспільстві;
- ефективне **статеве виховання** дітей, підлітків та молоді з питань профілактики ІПСШ/ВІЛ, запобігання підлітковій вагітності, попередження насильства; статеве виховання представників таких вразливих груп, як люди з інвалідністю, ВІЛ-інфіковані, особи, що перебувають у складних життєвих обставинах;
- **удосконалення правової бази** у сфері репродуктивного та статевого здоров'я;
- **організація медико-соціальних послуг** для підлітків та молоді в «Клініках, дружніх до молоді» на принципах добровільності, доброзичливості, доступності, конфіденційності, анонімності та неосудливого ставлення до відвідувача;
- **доступність контрацепції** для зниження рівня абортів, запобігання ІПСШ/ВІЛ;
- забезпечення умов для проведення безпечного переривання вагітності;
- **організація скринінгових програм** з профілактики та ранньої діагностики онкологічної патології репродуктивних органів у жінок та чоловіків;
- поліпшення матеріально-технічного та кадрового забезпечення закладів репродуктивного й статевого здоров'я;
- надання послуг з планування сім'ї, репродуктивного та статевого здоров'я зважаючи на гендерну рівність.

Отже, підвищення рівня статевої культури та збереження репродуктивного й статевого здоров'я стає національним пріоритетом для відтворення людського потенціалу України.



## **ДІЯЛЬНІСТЬ**

### **Самостійна робота з таблицею**

Визначте сутність основних функцій статевої культури в житті людини та заповніть у робочому зошиті таблицю. Поясніть взаємозалежність між безпекою й статевою культурою.

<b>Назва функції</b>	<b>Сутність</b>
Інформаційна	
Розвивальна	
Виховна	
Етична	
Адаптивна	
Функція безпеки	

### **Біологія + Психологія. Сексуальність й репродукція**

Теорія ієрархії потреб допускає, що в основі мотивації людини лежить комплекс потреб. Потреба в безпеці та фізіологічні потреби є первинними в цій піраміді. Висловіть свою думку стосовно доцільності такої ієрархії у «піраміді потреб» американського психолога А. Маслоу (1908–1970). Чому сексуальні відносини є фізіологічною потребою статевозрілого організму? Чим сексуальність відрізняється від біологічної репродукції?



## **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Етнографія. Статева культура й українські обряди**

У давніх українських сім'ях обрядове закріплення статі дитини засвідчувалось загортанням хлопчика в сорочку батька, а дівчинки – в материну. Ця сорочка мала бути старою, оскільки старі, ношені речі втілювали передачу цінностей від одного покоління до іншого. Своєрідністю відзначалось і перше, обрядове за суттю, купання дитини. Зазвичай у купіль дівчинки клали ромашку («щоб рум'яна була»), калину («щоб гарна була»), материнку («аби хвороб не знала»). У купіль хлопчикам додавали гілочку дуба («щоб був міцний»), листя любистку («щоб любили»). Висловіть свої судження щодо впливу народних обрядів на формування статевої культури людини.



## **РЕЗУЛЬТАТ**

<b>Оцінка</b>	<b>Завдання для самоконтролю</b>
1 – 6	1. Що таке статева культура? 2. Назвіть основні чинники формування статевої культури. 3. Що таке сексуальне здоров'я? 4. Що таке репродуктивне здоров'я? 5. Яка мета державної програми «Репродуктивне та статеве здоров'я нації на період до 2021 року»? 6. Назвіть основні шляхи підвищення рівня статевої культури.
7 – 9	7. Якими є компоненти й значення статевої культури? 8. У чому полягає небезпека погіршення стану сексуального та репродуктивного здоров'я в Україні? 9. Які основні шляхи й способи підвищення рівня статевої культури?
10 – 12	10. Поясніть взаємозалежність між безпекою й статевою культурою.

Убити – це випити вина, відчути в голові  
наймовірну карусель щастя та радощів.  
Юрій Винничук. Сни

## § 22. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ АЛКОГОЛЮ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Основні поняття й ключові терміни: **Алкоголь.**

Пригадайте! Що таке здоров'я?



### Біологія + Хімія

**Алкоголь** (лат. *Spiritus aethylicus*, алхімічна назва *aqua vitae*, наукова назва *етанол*, *спирт винний, метилкарбінол*) – органічна речовина з групи одноатомних спиртів. Хімічна формула  $C_2H_5OH$ , молярна маса 46,068 г/моль, густина 0,7893 г/см<sup>3</sup> (20 °C). Це безбарвна, прозора, летка, легкозаймиста рідина, має характерний запах і пекучий смак. Добре змішується з водою, є гарним розчинником для багатьох органічних речовин (наприклад, жирів, алкалоїдів, хлорофілів, глікозидів, ефірних олій). Яке біологічне значення цієї хімічної сполуки?



### ЗМІСТ

#### Яка біологічна роль етанолу для організму людини?

Етанол для організму людини не є повною мірою ксенобіотиком – чужорідною речовиною. *Ендогенний етанол* утворюється в клітинах під час обміну вуглеводів або в травному каналі завдяки процесам бродіння. Так, за добу в кишечнику людини синтезується близько 1,0 – 1,5 г ендогенного етанолу. Етиловий спирт – це розчинник для багатьох органічних речовин; добре розчиняється у воді й жирах, тому є незамінним чинником метаболізму. Цей спирт бере участь у регуляції проникності клітинних мембрани, енергетичному обміну (під час розкладу 1 г сполуки вивільняється близько 29 кДж енергії), у синтезі нейромедіаторів (дофамін, серотонін, норадреналін) та нейромодуляторів (ендорфіни). Вміст внутрішнього етанолу підтримується багатьма механізмами на певному рівні. У нормі у організмі людини міститься близько 0,001 – 0,015 г спирту на 1 л крові.

*Екзогенний етанол* в організмі людини надходить здебільшого з алкогольними напоями, що поділяють на міцні (горілка, коньяк, віскі), середньоміцні (шампанське, вино, медовуха) та слабоалкогольні (пиво, квас, кумис, сидр). Підвищений понад природну норму вміст етанолу порушує природні механізми утворення й регуляції алкоголю в самому організмі та спричиняє різноманітні розлади внутрішньоклітинного обміну. Найважливішими з них є такі: ушкодження мембрани, порушення гормональної та імунної систем організму, перебігу окисно-відновних процесів, процесів енергоутворення та синтезу білків і ліпідів, обміну нейромедіаторів, денатурація білків.

Отже, ендогенний етанол є чинником метаболізму людини, а екзогенний етанол призводить до негативних змін його загального обміну речовин та енергії.

## Який шлях етанолу в організмі людини?

Потрапляючи до організму людини через травну систему, етанол швидко всмоктується. Вже у шлунку поглинається 20 % етанолу, а у тонкому кишечнику – 80 %. Далі крізь стінки травного каналу молекули спирту потрапляють у кров і надходять до печінки. У клітинах цього органа відбувається окиснення етанолу. З печінки в кров може надходити етанол або продукти його повного (вода й вуглекислий газ) чи часткового (ацетальдегід) розкладу.

Переважна частина спирту концентрується в головному мозку, менша частина – в легенях, селезінці, нирках. Високі концентрації етанолу спостерігаються також у секреті передміхурової залози та яєчках, чинячи токсичний вплив на статеві клітини. Молекули етилового спирту мають малі розміри, тому легко проникають крізь плаценту й потрапляють у кров плоду.

Найбільша частина екзогенного алкоголю, що поглинається (а це 90–98 %), бере участь в обміні речовин, і лише незначна його частина (2–10 %) виділяється із організму в незмінному вигляді із сечею, повітрям, потом, слиною, фекаліями.

Мабуть, всі люди знають, що алкоголь шкідливий, але мало хто розуміє, як відбувається метаболізм алкоголю в організмі й унаслідок чого саме виявляється негативний вплив спирту. Перетворення етанолу – це складна біохімічна сукупність процесів, що відбуваються в декілька етапів під дією різних ферментів (ил. 44).

*I етап.* Окиснення алкоголю в ацетальдегід (етаналь, оцтовий альдегід). Це хімічно дуже активний та функціонально важливий метаболіт, водночас токсична речовина з вираженим канцерогенным впливом. Ацетальдегід у десятки разів токсичніший за етанол. Розщеплення надлишку оцтового альдегіду здійснюється трьома шляхами:

- за допомогою ферментів алкогольдегідрогеназ, що відбувається в мітохондріях клітин печінки (окиснення близько 80 % етанолу); активність усіх ферментів залежить від віку, статі, генетичної скільності, расової належності, регулярності вживання алкоголю;
- за участі алкогольоксидази (цитохром Р450), або мікросомальної етанол-окиснювальної системи, локалізованої в незернистій ЕПС (до 15 % етанолу);
- за участі каталази в пероксисомах (до 5 % етанолу).

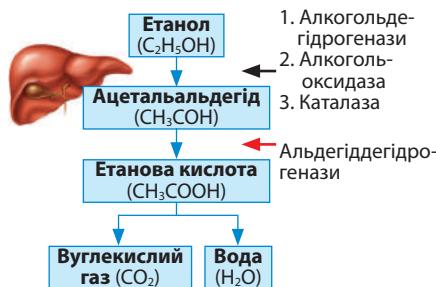
*II етап.* Окиснення ацетальдегіду до ацетату за участі ферментів ацетальдегідрогеназ.

*III етап.* Окиснення ацетату до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Незначна частина ацетату включається в цикл Кребса або використовується для синтезу жирних кислот, холестеролу та ін.

Отже, перетворення етанолу відбувається переважно в печінці за схемою: алкоголь → ацетальдегід → ацетат → вода й вуглекислий газ.

## У чому виявляється негативний вплив алкоголю на здоров'я людини?

Медицина вже 300 років визначає алкоголь як отруту, що чинить дію на нервову систему і всі органи організму людини, руйнуючи їх структуру на



Іл. 44. Схема метаболічного розкладу етанолу в клітинах печінки

клітинному й молекулярному рівнях. За ступенем впливу на організм людини належить до четвертого класу небезпечних речовин (разом з амоніаком, нафта-ліном, скіпидаром, ацетоном), що за відповідних умов спричиняють гостре порушення здоров'я або загибель організму.

**Токсичний вплив.** Етанол належить до групи загальнотоксичних отрут, що виявляє різnobічний вплив на всі органи, особливо на центральну нервову систему (ЦНС), печінку та серцевий м'яз. Етанол та оцтовий альдегід спричиняють алкогольні ураження підшлункової залози, нирок, легень, системи кровотворення, сприяють розвитку ферумодефіцитної анемії.

**Наркотичний вплив.** Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) ще у 1975 р. спеціальним рішенням затвердила висновок про те, що етанол – це наркотик, що руйнує здоров'я населення. Алкоголь є психоактивною речовиною, що впливає на ЦНС і спричиняє звикання й залежність. Приємні відчуття після вживання алкоголю пояснюються виробленням ендорфінів (нейромодулятори, що впливають на емоційний стан), дофаміну (нейромедіатор, що активує центри задоволення) та гамма-аміномасляної кислоти (основний гальмівний нейромедіатор ЦНС) у мозку. За регулярного вживання природний синтез цих речовин у внутрішнього етанолу пригнічується, через це потреба організму в алкоголі постійно зростає.

**Канцерогенний вплив.** Міжнародна агенція з вивчення раку (англ. International Agency for Research on Cancer ) віднесла етанол у складі алкогольних напоїв до категорії 1. До цієї групи належать речовини, щодо яких існують достовірні відомості про канцерогенність дії на організм людини. Потужну канцерогенну дію чинить не тільки основний компонент спиртного етанол, а й ацетальдегід – продукт, що утворюється внаслідок його метаболічного розщеплення. Етанол й ацетальдегід збільшують ризик розвитку рака травного каналу, підшлункової залози, печінки. У жінок ацетальдегід чинить канцерогенну дію на органи статевої системи й молочні залози.

**Мутагенний вплив** характерний не для етанолу, а для ацетальдегіду. Його молекули приєднуються до ДНК, порушуючи таким чином транскрипцію генів. Дослідження виявили, що вплив алкоголю ушкоджує хромосоми у стовбурових клітинах крові.

**Тератогенний вплив.** Алкоголь вважається тератогеном тому, що може спричиняти вади розвитку плоду, пошкоджувати ембріони і впливати на його генетичний матеріал. У важких випадках сприяє розвитку фетального алкогольного синдрому (англ. Fetal Alcohol Syndrome, FAS), що характеризується аномаліями обличчя, відставанням у розвитку, вадами серця, сечовидільній й статевої систем тощо.

Отже, етанол – це органічна речовина зі шкідливим токсичним, наркотичним, канцерогенним, мутагенним й тератогенним впливом на здоров'я людини.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з таблицею. Алкоголь та міфи про його користь

Застосуйте знання й спростуйте найпоширеніші міфи про користь алкоголю.

Зміст	Спростування
Міф 1. Алкоголь допомагає в разі застуди	
Міф 2. Алкоголь поліпшує настрій, знімає втому й стрес	
Міф 3. Помірні дози спиртного не шкодять здоров'ю	
Міф 4. Алкоголь знижує ризик серцево-судинних захворювань	
Міф 5. Алкоголь зігриває	

### Біологія + Література. Алкоголь та залежність

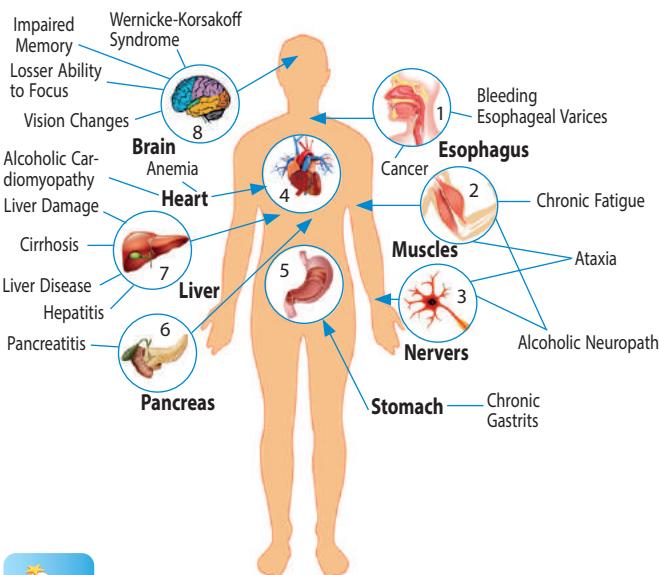
Американський письменник **Джек Лондон** (1876 – 1916) писав: «Хмільне завжди простягає нам руки, коли нас спімкала невдача, коли ми втомлені, і вказує надзвичайно легкий вихід з такого становища. Але обіцянки ці фальшиві: обманливе душевне піднесення, фізична сила, яку вона обіцяє, примарні. Під впливом хмільного ми втрачаемо справжні уявлення про цінність речей». Чому алкоголь визначають як психоактивну речовину?



### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Англійська мова. Негативний вплив етанолу

Розгляньте ілюстрацію, зробіть переклад і заповніть таблицю. Обґрунтуйте судження про негативний вплив вживання алкоголю на організм людини.



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке алкоголь? 2. Яке походження етанолу в організмі людини? 3. Як етанол поширюється в організмі людини? 4. Де в організмі людини відбувається основне окиснення етанолу? 5. Чому етанол є отрутою? 6. Чому етанол є наркотиком?
7 – 9	7. Яка роль етанолу для організму людини? 8. Який шлях етанолу в організмі людини? 9. У чому виявляється негативний вплив алкоголю на здоров'я людини?
10 – 12	10. Обґрунтуйте судження про негативний вплив вживання алкоголю на організм людини.

Щось безтілесне, нечисте, ідке й смердюче стало  
для людей задоволенням і навіть необхідністю життя.  
Х. В. Гуфеланд, німецький лікар

## § 23. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ КУРІННЯ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

**Основні поняття й ключові терміни: Нікотинова залежність. Нікотин. Тютюнокуріння.**

**Пригадайте!** Що таке алкалоїди?



### Поміркуйте!

**Тютюн справжній** (*Nicotiana tabacum*) – однорічна рослина родини Пасльонові, з якої добувають сировину для тютюнових виробів. Батьківщиною тютюну вважають Болівію та Перу, а до Європи його завезли експедиції Х. Колумба. Основним складником тютюну є отруйний алкалоїд нікотин, названий на честь французького посла Ж. Ніко, який у 1560 р. надіслав насіння тютюну з Бразилії до Парижа. З того часу й почалося поширення тютюнокуріння, від якого нині в світі щорічно вмирає близько 6 млн людей. Україна від куріння втрачає 100–120 тисяч осіб, що становить 13 % усіх смертей. Із них 10 тисяч – від пасивного куріння. Чому ж люди добровільно себе отруюють й стають залежними від нікотину?



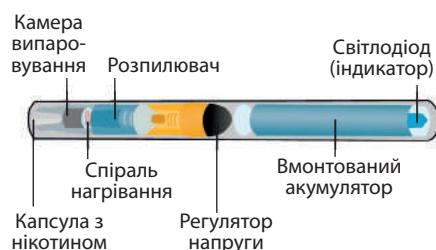
### ЗМІСТ

#### Як виникає тютюнова залежність?

Згідно з міжнародною класифікацією захворювань тютюнову залежність включено до розділу «Психічні й поведінкові розлади внаслідок вживання психоактивних речовин». Цей вид залежності класифікують як розлад психіки та поведінки внаслідок вживання тютюну, що містить нікотин.

Найпоширенішим способом вживання тютюну й нікотину є **тютюнокуріння**. Є ще куріння кальяну, жувальний і нюхальний тютюн. В останні роки поширюється такий спосіб, як **вейпінг** (від англ. *to vape* – вдихати та видихати пару). Це добування нікотину в процесі парування ароматизованої рідини електронних сигарет (іл. 45). Починаючи «курити» електронні сигарети, діти та молодь масово стають залежними від нікотину. Крім того, вейпінг привчає до тютюнокуріння і є своєрідним містком для переходу до звичайних цигарок.

Нікотин – це алкалоїд, який спричиняє залежність і є психоактивною речовиною. Звикання зумовлене тим, що нікотин сприяє вивільненню дофамінів, які збуджують центри задоволення в мозку, і пригнічує дію ферменту (моноаміноксидази), який їх руйнує. Людина відчуває насолоду і відчуття задоволення від куріння. Саме це й призводить до



Іл. 45. Будова електронних сигарет першого покоління

звикання. Для підтримування відчуття задоволення потрібне збільшення дози й частоти надходження нікотину.

Нікотинова залежність є складною комбінацією біохімічних реакцій в організмі, а також генетичних чинників (ген CYP2A6, що розташований у 19-й парі хромосом й відповідає за синтез ферменту цитохром P-450), набутих форм поведінки та соціальних впливів. Основними психологічними й соціальними причинами куріння є: психологія натовпу, стрес, нудьга, цікавість, наслідування дорослим, неповага до себе, слабка воля, невміння знімати стрес, бажання подобатися й відповідність іміджу та ін.

Отже, **нікотинова залежність** – це психічний і поведінковий розлад унаслідок вживання виробів, що містять нікотин.

### Які загальні особливості дії нікотину на організм людини?

**Нікотин** – органічна нітрогеновмісна речовина, що належить до алкалоїдів. За фізичними властивостями нікотин – це масляниста пекуча рідина з гірким присмаком і неприємним запахом, добре розчиняється у воді й органічних розчинниках. За хімічною природою є нітратною основою, що реагує з кислотами з утворенням солей. Хімічна формула нікотину  $C_{10}H_{14}N_2$ .

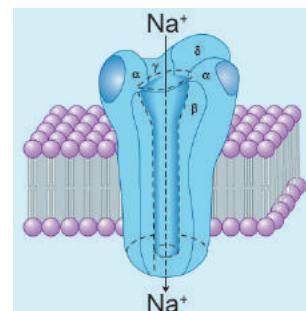
Завдяки своїм властивостям нікотин добре всмоктується слизовою оболонкою ротової порожнини, дихальних шляхів, шлунково-кишкового каналу та шкірними покривами. Далі надходить у кровоносне русло й швидко переноситься кров'ю. Вже через 10–20 с після вдихання тютюнового диму нікотин досягає ЦНС. На відміну від багатьох інших токсинів цей алкалоїд проникає крізь гемато-енцефалічний бар'єр на межі між кров'ю судин і нервовою тканиною ЦНС.

Дія нікотину на організм є дозозалежною. Малі дози нікотину мають психостимулювальну дію на кору головного мозку, сприяють секреції адреналіну, підвищують рівень глюкози в крові. Це пояснюється активацією **ацетилхолінових рецепторів**, що забезпечують передачу нервових імпульсів через синапси (іл. 46). Великі дози нікотину діють подібно до відомої отрути кураре, що паралізує м'язову систему. За високої концентрації молекули нікотину блокують ацетилхолінові рецептори, що є причиною його токсичності.

Систематичне вивчення дії нікотину на живий організм дало підставу вченим припустити двофазність реакцій організму на його вживання. Спочатку виявляється підвищена подразливість і збудливість систем і органів, а потім цей стан змінюється пригніченням.

Більша частина нікотину (блізько 90 %), що потрапив в організм, зазнає біотрансформації у печінці, менша – метаболізується в нирках й легенях. Період розкладу нікотину в організмі людини становить близько 2 год.

Отже, нікотин – речовина, для дії якої характерні дозозалежність, двофазність реакцій.



Іл. 46. Нікотиновий ацетилхоліновий receptor, що формує іонний канал

## У чому полягає негативний вплив тютюнокуріння на організм людини?

**Тютюнокуріння** – вдихання диму тліючого висушеного листя тютюну. Уся шкода куріння пов'язана насамперед з процесом спалювання тютюну й утворенням диму, що вдихається. З тютюновим димом в організм людини потрапляють сотні хімічних речовин, більшість з яких чинять шкідливу дію на організм людини. Це нікотин, чадний газ, синильна кислота, радіоактивні елементи (Полоній, Радон), сполуки важких металів (Плюмбуму, Кадмію), ефірні масла, спирти (метанол, бутанол), альдегіди (формальдегід, ацетальдегід) та ін. Понад 40 речовин чинять канцерогенну дію, тобто стимулюють утворення і розвиток злойкісних (ракових) пухлин. Нікотин не вписаний до офіційного переліку канцерогенних речовин. Наукова література свідчить, що нікотин не сприяє розвитку раку в здорових тканинах і не має мутагенних властивостей, але прискорює ріст і міграцію наявних ракових клітин, а також сприяє перетворенню деяких передракових клітин на ракові.

Тютюновий дим упливає передусім на **дихальну систему**. Починається з того, що тютюновий дим контактє зі слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів, знижуючи їх опірність до інфекцій. Прямим наслідком куріння тютюну є часті риніти, трахеїти, бронхіти, хронічні пневмонії. Найбільш поширеним наслідком тютюнокуріння є рак легень.

Куріння надзвичайно шкідливо впливає на стан **кровоносної системи**. Чезр звуження судин під дією нікотину може порушитися живлення серцевого м'яза. Кров, що циркулює в організмі людини, яка курить, збіднена на кисень, тому що близько 10 % гемоглобіну зв'язуються з молекулами чадного газу з утворенням карбоксигемоглобіну. Дефіцит кисню зумовлює зростання рівня ліпідів і холестерину у крові, що в подальшому спричиняє серцеву недостатність та атеросклеротичне ураження судин. У людей, які курять на відміну від людей, які не курять, в 2–3 рази частіше розвиваються інфаркт, стенокардія.

Під час тютюнокуріння виникають запальні процеси органів травної системи і, як наслідок, хронічні гастрити, ентерити, виразки шлунка й дванадцяталапої кишki.

Складові тютюну згубно діють на **нервову систему**, спричиняючи в ній різного роду розлади. У людини, яка курить, спостерігається знижена розумова працездатність, послаблюються пам'ять і вольові якості. Крім того, вона відчуває підвищенну дратівливість, у неї порушений процес засинання, вона часто відчуває головний біль. Під впливом систематичної дії нікотину на судинну систему головного мозку розвивається склероз мозкових судин.

Тривале отруєння організму тютюновим димом може бути однією з причин порушення функцій **ендокринної системи**. Від куріння надмірно посилюється функція щитоподібної залози, порушуються діяльність статевих залоз, вироблення тропних гормонів та ін.

Звуження судин органів **статевої системи** під впливом куріння негативно позначається на розмноженні та дозріванні статевих клітин як у чоловіків, так і у жінок, а у вагітних спричиняє кисневе голодування плода і зумовлює ускладнення й вади внутрішньоутробного розвитку.

Отже, дихальна, кровоносна, нервова, ендокринна, травна, статева системи – це перелік систем організму, які найчастіше вражаються під час тютюнокуріння.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

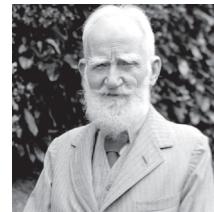
### Самостійна робота з таблицею. Негативний вплив тютюнокуріння на організм людини

Визначте захворювання систем органів людини, що виникають внаслідок негативного впливу тютюнокуріння. Заповніть таблицю та обґрунтуйте судження про негативний вплив тютюнокуріння на організм людини.

Система	Захворювання
Нервова	
Дихальна	
Травна	
Кровоносна	
Ендокринна	
Статева	

### Біологія + Англійська мова

**Джордж Бернард Шоу** (1856 – 1950) – видатний англійський драматург ірландського походження, лауреат Нобелівської премії з літератури (1925), уславився як людина надзвичайно гострого розуму і мови, схожої на лезо бритви. У нього є вираз: «*A cigarette is a fuck cable, at one end of which there is a light, and at the other – a FOOL!*». Запропонуйте переклад виразу й своє пояснення.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Психологія. Психологія натовпу

Одним із прикладів нерозумної поведінки є «ефект натовпу», що був досліджений французьким соціологом **Гюставом Ле Боном** (1841 – 1931). Учений довів, що люди, групуючись, стають одним цілим і починають поводитися протилежно до того, як вони діяли б наодинці. Скупий у натовпі стає щедрим, а щедрий – скучим, боягуз – сміливим і навпаки, людина, яка не курить, – починає курити. Як навчитися не піддаватися шкідливим впливам оточення?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке нікотинова залежність? 2. Наведіть приклади причин тютюнокуріння. 3. Що таке нікотин? 4. Назвіть особливості впливу нікотину на організм людини. 5. Що таке тютюнокуріння? 6. Назвіть шкідливі речовини тютюнового диму.
7 – 9	7. Як виникає тютюнова залежність? 8. Які загальні особливості дії нікотину на організм людини? 9. У чому полягає негативний вплив тютюнокуріння на організм людини?
10 – 12	10. Обґрунтуйте судження про негативний вплив тютюнокуріння на організм людини.

*Nіщо в житті не коштує так дорого, як хвороба і – дурість.*  
Зигмунд Фройд

## § 24. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ НАРКОТИКІВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

**Основні поняття й ключові терміни:** **Психоактивні речовини. Залежність від психоактивних речовин. Наркотичні речовини. Наркоманія.**

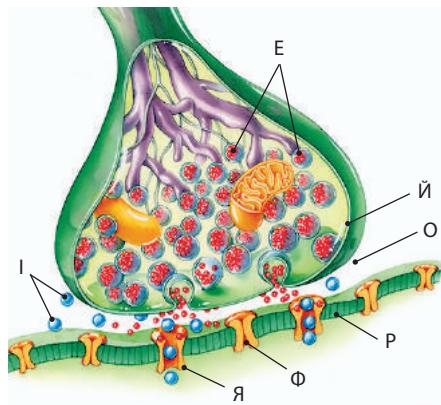
**Пригадайте!** Який механізм впливу нікотину й етанолу на організм людини?



### Вступна вправа

Зіставте позначені елементи будови синапсу з їхніми назвами, заповніть табличку й отримайте назву хворобливо підвищеного настрою, що є одним із симптомів наркотичного синдрому: 1 – синаптичні міхурці; 2 – передсинаптична мембрана; 3 – іонні канали; 4 – синаптична щілина; 5 – післясинаптична мембрана; 6 – молекули нейромедіаторів; 7 – молекули рецепторів.

1	2	3	4	5	6	7



### ЗМІСТ

#### Який механізм впливу психоактивних речовин?

**Психоактивні речовини (ПАР)** – речовини, що викликають звикання та (або) залежність за умов систематичного вживання їх людиною, внаслідок чого змінюється її поведінка. Ця група речовин об'єднує такі категорії, як наркотичні речовини (психоактивні речовини, заборонені законодавством), психотропні речовини (психоактивні речовини, що є лікарськими препаратами) та прекурсори (сполуки, що використовуються під час виробництва психоактивних речовин).

Всі психоактивні речовини характеризуються впливом на діяльність ЦНС людини. Ці сполуки призводять до пригнічення чи збудження нервової діяльності, виникнення галюцинацій. Практично усі ПАР прямо чи опосередковано **впливають на «систему винагород»** (англ. Reward System) – особливу структуру головного мозку, відповідальну за стимулювання бажань і потягів, задоволення та їхнє позитивне підкріplення.

Основою стимулювальних або пригнічувальних ефектів дії психоактивних речовин є їхня **подібність до природних нейромедіаторів та вплив на синапси**. Ці речовини діють на передачу нервових імпульсів через синапси різними способами: активація або блокування рецепторів, збільшення або зменшення кількості нейромедіаторів (речовин, що передають нервові сигнали від одного нейрона до іншого через синаптичні щілини), пришвидшення або сповільнення надходження нейромедіаторів у синаптичну щілину, вплив на їх ферментативне руйнування або зворотне поглинання передсинаптичною мембрanoю. На-

приклад, нікотин впливає на ацетилхолінові рецептори, сприяє вивільненню дофамінів, пригнічує дію ферменту (моноамінооксидази), що їх руйнує.

Вживання психоактивних речовин веде до таких негативних проявів поведінки людини, як тютюнокуріння, алкоголь, токсикоманія, наркотизм, наркоманія. Загальною особливістю цих явищ є звикання та формування фізичної та (або) психічної залежності. **Залежність від психоактивних речовин** – це комплекс фізіологічних і психічних явищ, за яких вживання речовини починає посідати більш важливе значення в системі цінностей людини, аніж інші форми поведінки, що були раніше важливішими для неї. Основною описовою характеристикою залежності є бажання вживати психоактивні речовини. Згідно з міжнародним класифікатором хвороб МКХ-10 всі види залежності від психоактивних речовин класифікують як «Психічні та поведінкові розлади внаслідок вживання психоактивних речовин».

Отже, психоактивні речовини діють на організм через «систему вина-город», змінюючи нервову діяльність дією на проходження імпульсів через синапси, що призводить до звикання й виникнення залежності.

### Як формується залежність від наркотичних речовин?

**Наркотичні речовини** – це психоактивні сполуки, що: а) спрямлюють специфічну дію на ЦНС (заспокійливу, стимулювальну, галюциногенну); б) здатні спричиняти залежність і становлять серйозну небезпеку для здоров'я; в) їх законодавчо внесено до списку наркотиків. За характером впливу на ЦНС ці речовини поділяють на декілька груп: 1) заспокійливі (депресанти) – це опіати й опіоїди, метадон, барбітурати та ін.; 2) стимулювальні – це кокаїн, похідні ефедріну, амфетаміни та ін.; 3) галюциногенні (фантасики, психоделіки) – канабіс (з коноплі), мескалін (з кактуса лооффора), ЛСД, псилоцібін (з грибів Псілоцібе) тощо. За оцінками ВООЗ, станом на 2016 р. найпоширенішими наркотичними речовинами є канабіс, амфетаміни, кокаїн, опіоїди й психотропні речовини, що не призначенні лікарем.

Основними шляхами вживання наркотичних речовин є: а) куріння (конопля, гашиш, опій); б) внутрішньовенне введення (героїн, кокаїн, ефедрон); в) ковтання (канабіс, кодеїн, ЛСД); г) вдихання (кокаїн, героїн).

Серед наркотичних речовин найбільшу небезпеку становлять опіати (алкалоїди маку) та опіоїди (аналоги і синтетичні похідні опіатів). Це морфін, кодеїн, героїн, фентаніл. В англійській мові словом *«narcotic»* позначають лише ці речовини. **Наркотики** – хімічні речовини рослинного або синтетичного походження, що спричиняють зміну психічного стану людини, систематичне вживання яких формує залежність від них. Назва «наркотики» походить від грецької назви електричних скатів роду Нарки. Вважають, що термін «наркотик» (гр. *наркотікос* – те, що призводить до заціпеніння) вперше застосував Гіппократ для опису речовин, що викликають втрату чутливості або параліч.

За сучасними уявленнями, дія опіатів відбувається через стимуляцію ендорфінів (опіатної системи головного мозку), які повністю або частково блокують синапси, що передають інформацію від болювих рецепторів. За наркотичної залежності внутрішні процеси обміну речовин стають залежними від речовин, що надходять ззовні, існувати без них організм вже не може. Як наслідок вини-

кає синдром відміни (абстинентний синдром): людина, яка припинила вживання наркотику, відчуває комплекс неприємних, а іноді й болісних відчуттів, що із часом спричиняють смерть. Подібна залежність тягне за собою також синдром толерантності: щоб викликати бажаний психотропний ефект, щоразу потрібно дедалі більше речовини.

**Отже, основовою залежності від наркотиків є виникнення синдромів відміни й толерантності та формування фізичної й психічної залежності.**

### **У чому полягає негативний вплив наркотиків на здоров'я людини?**

**Наркоманія** – захворювання, що характеризується непереборним потягом до наркотиків, що викликає в малих дозах ейфорію, у великих – оглушення, наркотичний сон. Іншими словами – це стан отруєння наркотиком, що характеризується психічною і фізичною залежністю від дії цієї речовини. У малих дозах наркотики викликають т.зв. ейфорію – помилкове відчуття веселощів, настрою, приемного заспокоєння. У великих кількостях вони викликають стан вираженого наркотичного сп'яніння, наркотичний сон і навіть гострі отруєння зі смертельним кінцем. Деякі наркотичні речовини можуть викликати ілюзії і галюцинації.

Абсолютно всі наркотики за своєю природою є отрутами, що вражають усі органи, але особливо страждають головний мозок, печінка, серце, легені, нирки й статеві залози. Відбуваються незворотні зміни в будові головного мозку, які спричиняють різні психічні порушення (амнезія, параноя, депресія), призводять до шизофренії і деградації особистості. Наркозалежні страждають через абсцеси і шкірні захворювання (екзема, псоріаз), захворювання вен (тромбофлебіт), руйнування зубів, кісток. У людей, які вживають наркотичні речовини, знижується бальовий поріг, і вони не відчувають ознак захворювання, що розвивається. Онкологічні хвороби, туберкульоз, пневмонія, інфаркти, інсульти, ниркова недостатність, цироз печінки, захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ), – це далеко не повний перелік захворювань, що супроводжують наркоманію. Наркотики страшні зараженням крові й такими серйозними недугами, як СНІД та гепатит В і С. До того ж підвищується вразливість до різних вірусів і інфекцій, що дуже поширені в навколишньому середовищі наркозалежного. У жінок, котрі вживають наркотики під час вагітності, можуть народитися мертві діти або ж діти з дуже серйозними вадами: клишоногістю, відсутністю кінцівок, розщепленим піднебінням, «заячою губою», дефектами внутрішніх органів.

Важливо наголосити і на тих змінах, що відбуваються з особистістю наркозалежного. Проблеми в сім'ї і на роботі, нездатність до розумової діяльності, порушення емоційно-чуттєвої складової психіки, повна байдужість до всього, до життя свого і оточуючих, до їжі, задоволень, небажання що-небудь робити, вчитися, працювати. Страждають пам'ять і зір. Виникають проблеми із законом, адже дози ростуть, а здібностей і бажання працювати немає, люди з наркоманією крадуть, обманюють, йдуть на все заради однієї дози.

Термін життя людини, яка вживає наркотичні речовини, медики оцінюють в 10 – 12 років, проте все частіше в лікувальній практиці спостерігаються випадки, коли від першої проби до смерті минає 6 – 8 місяців.

**Отже, наркоманія – це захворювання, що позначається на усіх складових здоров'я і веде до смерті.**



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Причини залежності від психоактивних речовин

У медицині прийнято говорити про наявність вродженої склонності до залежності й фізіологічних механізмах взаємодії психоактивних речовин з нейромедіаторами. Психологія розглядає психічні причини виникнення залежності, що пов'язані з особливостями особистості. Соціологія робить акцент на соціальних умовах життя. Заповніть таблицю й сформулюйте висновок про причини виникнення залежності від психоактивних речовин.

Група	Приклади чинників
Фізичні	
Психологічні	
Соціальні	

### Біологія + Історія. Опіум й війни

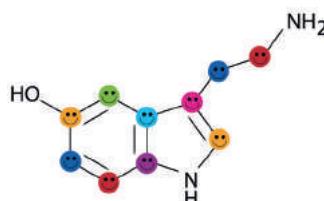
Людство узело про психоактивні речовини дуже давно. Майже в усіх відомих цивілізаціях можна знайти згадки про вживання наркотичних речовин. Однак з проблемою наркотичної залежності люди зіткнулися лише у першій половині XVIII ст. Тоді ця проблема перетворилася на першу та другу опіумні війни. Що таке опіум? Чому ці війни назвали опіумними?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Хімія. Запобігання наркоманії

Ендорфіни людина отримує природним шляхом від споживання певних продуктів (перець чилі, горкий шоколад), прослуховування музики, зокрема класичної, сміху, від зайняття такими видами спорту, що пов'язані з тривалим навантаженням (тенніс, біг, плавання), під час зосередження на приемних думках, емоціях, улюблених видах діяльності тощо. Що таке ендорфіни з погляду хімії? Застосуйте ці знання й створіть пам'ятку «Про формування життєвих навичок, що запобігають наркоманії».



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке психоактивні речовини? 2. Що таке залежність від психоактивних речовин? 3. Що таке наркотичні речовини? 4. Назвіть основні групи наркотичних речовин. 5. Що таке наркоманія? 6. Наведіть приклади захворювань, що супроводжують наркоманію.
7 – 9	7. Який механізм впливу психоактивних речовин? 8. Як формується залежність від наркотичних речовин? 9. У чому полягає негативний вплив наркотиків на здоров'я людини?
10 – 12	10. Яке значення життєвих навичок у запобіганні наркоманії?

## § 25. ВПЛИВ СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

**Основні поняття й ключові терміни: СТРЕСОВІ ЧИННИКИ. Стрес-система. Загальний адаптаційний синдром.**

**Пригадайте!** Що таке гомеостаз, адаптація?



### Поміркуйте!

Ми звикли вважати, що стрес – реакція організму на дію неприємного або шкідливого чинника. Але фізичні навантаження й заняття спортом – це чинники, що мають корисне значення для людини. Чому і за яких умов ці чинники можуть стати стресовими?



### ЗМІСТ

#### За яких умов чинники називають стресовими?

Для людини стресорами можуть бути тривале голодування з метою схуднення, надмірна кількість їжі і пиття, постійна самотність або присутність інших людей, впливи конфлікту або довгоочікуване народження дитини. Будь-які зміни в житті людини, що змушують організм напружуватися, готуватися до дій у нових умовах, будуть стресорами. Проте головною ознакою, що визначає статус стресора, є порушення відносної сталості складу й властивостей внутрішнього середовища – гомеостазу.

За природою впливу чинники стресу людини поділяють на групи: **фізичні** (спека, холод, вітер), **хімічні** (впливи вуглекислого газу, токсинів, солей), **біологічні** (інфекційні захворювання, нестача або надлишок їжі, вплив паразитів) та **соціальні** (страх, небезпека, конфлікти). За вихідним джерелом впливу стресори можуть бути **зовнішніми (екзогенними)** (наприклад, травми) й **внутрішніми (ендогенними)** (наприклад, біль).

Вплив стресорів залежить від їхньої інтенсивності й тривалості дії, а також від фізичного й психологічного стану організму. Так, позитивні емоції можуть зменшити негативний тривалий вплив тривоги й переживань, а негативні емоції – посилити дію спеки на організм. Однак не кожен вплив викликає стрес. Слабкі впливи не приводять до стресу, він виникає лише тоді, коли вплив стресора (незвичного для людини об'єкта, явища або яких-небудь інших чинників зовнішнього середовища) перевершує звичайні пристосувальні можливості організму.

Отже, **СТРЕСОВІ ЧИННИКИ**, або **стресори**, – це будь-які достатньо сильні впливи подразників середовища, що можуть спричинити порушення гомеостазу.

#### Який механізм впливу стресових чинників?

Дія стресорів починається з порушення гомеостазу, що є сигналом для активації вищих регуляторних центрів, які, в свою чергу, активують регуляторну **стрес-систему**. Вона складається з центральної та периферичної ланок, які

включають компоненти нервової, ендокринної та імунної систем. Центральними відділами є кора півкуль, гіпоталамус, гіпофіз, епіфіз, лімбічна система, ретикулярна формация, тимус, а периферична ланка представлена наднирниками та нервовими шляхами й рецепторами. Стрес-система забезпечує неспецифічну адаптивну відповідь. Основним результатом активації стрес-системи є збільшення секреції глюкокортикоїдів і катехоламінів (адреналін і норадреналін) – головних стрес-гормонів, що сприяють мобілізації адаптивних функцій органів і забезпечують збільшення їх енергозабезпечення. Одночасно спостерігається й збільшення секреції соматотропіну, що активує анabolічні процеси в тканинах.

Окрім того, стрес-система мобілізує функціональні системи, відповідальні за специфічну адаптацію в змінених умовах, і координує адаптаційні процеси всього організму (схема).

#### **Схема. Вплив стресорів на організм людини**



За сучасними уявленнями, одночасно запускається й **функціональна система**, що поєднує органи різних фізіологічних систем та відповідає за **специфічну адаптивну відповідь** на дію конкретного стресора. Стресовий стан охоплює функціональні системи, що забезпечують своєю саморегулювальною діяльністю різні показники гомеостазу й поведінки.

Отже, **стрес-система** – це сукупність центральних і периферичних структур, що забезпечують адаптивну відповідь організму на порушення гомеостазу.

#### **Яке біологічне значення стрес-реакцій?**

У відповідь на дію стресорів в організмі виникають стрес-реакції, що є складовою загального адаптаційного синдрому.

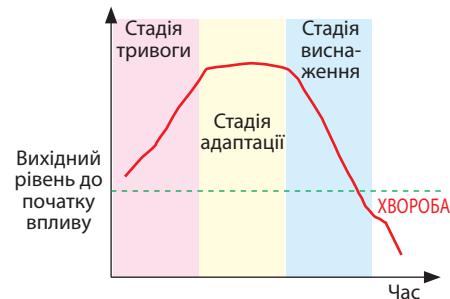
**Загальний адаптаційний синдром** – сукупність адаптивних реакцій, що виникають в організмі людини під дією стресорів і спрямовані на підтримання гомеостазу. Для розуміння ролі цього синдрому в адаптації організму треба звернути увагу на п'ять адаптивних ефектів: 1) збільшення концентрації в цитоплазмі універсального мобілізатора функцій – Кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  та активації клю-

чових регуляторних ферментів – протеїнкіназ; 2) активація мембраних білків завдяки збільшенню активності ліпаз і фосфоліпаз; 3) мобілізація енергетичних і структурних ресурсів організму, що виражається в збільшенні в крові концентрації глюкози, жирних кислот, амінокислот; 4) спрямована передача енергетичних і структурних ресурсів у функціональну систему, що здійснює дану адаптаційну реакцію; 5) активація синтезу нуклеїнових кислот і білків у різних органах.

Адаптаційний синдром відбувається в три стадії. **Стадія тривоги** (аларм-реакція, короткосважна адаптація) за- безпечує негайну мобілізацію захисних сил організму. Так, під дією гормонів у людини збільшуються частота і сила скорочень серця, підвищуються артеріальний тиск, рівень глюкози в крові, розширяються бронхи, звужуються кро- воносні судини тощо. **Стадія опірності** (довгострокова адаптація) характеризу- ється відновленням порушеного гомеостазу і підвищеннем стійкості не лише до дії вихідного стресора, а й до інших стресових чинників (перехресна стійкість). Синтезуються білки м'язів, утворюються еритроцити для забезпечення додатко- вих потреб у кисні, збільшується кількість ферментів для синтезу білків у робочих органах, зростає кількість антитіл, що підвищує імунітет тощо. **Стадія виснажен- ня** призводить до вичерпання резервних можливостей організму. На цій стадії стрес із мобілізуючого корисного еустресу перетворюється на шкідливий виснажувальний дистрес. Дистреси супроводжуються типовими змінами в ор- ганізмі, які називають тріадою Сельє: 1) розростання кори надниркових залоз; 2) зменшення тимусу; 3) появу крововиливів у слизовій оболонці травного каналу (іл. 47). Як стверджував Ганс Сельє, «...лише декілька ознак дійсно харак- теризують будь-яку конкретну хворобу, більшість же симптомів є загальними для багатьох різних хвороб».

Унаслідок взаємодії стрес-системи й функціональної системи відбувається відновлення гомеостазу. Це реалізується тільки у випадку, якщо сила й тривалість дії стресора є помірними. Надмірний і тривалий вплив стресорів викликає пере- творення адаптивних ефектів на шкідливі, що призводить до порушення функ- цій і пошкоджень органів і тканин. Пошкоджувальними ефектами стрес-реакції можуть бути: перевантаження клітин  $\text{Ca}^{2+}$  і жирними кислотами, що призводить до пошкодження клітинних мембрани, виснаження енергетичних і структурних ресурсів організму, нерегульованого клітинного росту та ін.

Отже, позитивна роль стрес-реакцій полягає в активізації пристосувальних захисних механізмів і підвищенні опірності організму щодо впливу стресорів, а негативна є основою для розвитку захворювань за умови сильного й тривалого впливу стресорів.



Іл. 47. Стадії стресу за Г. Сельє



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з ілюстрацією

Розгляніть ілюстрацію, зробіть переклад та поясніть загальний механізм формування адаптивної відповіді на дію стресових чинників.

### Біологія + Література. Стрес і страх

Одними із проявів стресового стану людини є тривога і страх, що виконують захисну функцію для організму й пов'язані з потребою самозбереження. Ще В. Шекспір у своєму творі «Гамлет, принц данський» писав:

*I по росі, ще на весні життя,  
Найбільше слід хвороби стерегтися.  
Обачна будь; найліпший сторож – страх;  
Бо ж навіть як напасть її не б'є,  
Сама на себе юність повстає.*

Що таке страх? Застосуйте знання про стадії стресу й поясніть, чому страх є найліпшим сторожем організму? У якому випадку страх матиме негативне значення?



## СТАВЛЕННЯ

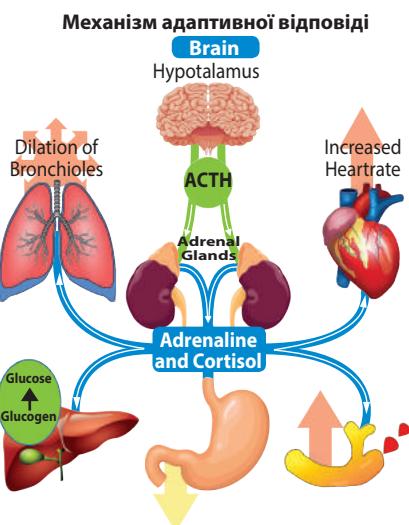
### Біологія + Психологія. Значення знань про стрес

**Келлі Макгонігал** (1977) – відома американська психологиня та письменниця, викладачка Стенфордського університету, одна із співзасновниць галузі «наукової допомоги». В своїй книжці «*The Upside of Stress: Why Stress Is Good for You, and How to Get Good at It*» (2015) вона пише: «Стресова універсальна реакція “боротись чи втікати”, що визначає дві стратегії виживання: боротьби й втечі в дійсності ніяк не відповідає сучасному життю людини. Виявляється, що насправді людські стресові реакції набагато складніші. Вони еволюціонували разом з людиною і з часом адаптувалися до мінливого світу». Цікаво, а якими можуть бути інші стратегії виживання (окрім стратегій боротьби й втечі)? На конкретних прикладах із власного життєвого досвіду доведіть, що знання про стрес можуть бути корисними для людини.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке стресори? 2. Назвіть основні групи стресорів. 3. Що таке стрес-система? 4. Що таке функціональна система? 5. Що таке загальний адаптаційний синдром? 6. Що таке еустрес й дистрес?
7 – 9	7. За яких умов чинники називають стресовими? 8. Який механізм впливу стресових чинників? 9. Яке біологічне значення стрес-реакцій?
10 – 12	10. На конкретних прикладах із власного життєвого досвіду доведіть, що знання про стрес можуть бути корисними для людини.



## § 26. ВПЛИВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Основні поняття й ключові терміни: **НАВКОЛИШНЕ СЕРЕДОВИЩЕ. Абіотичне середовище. Біотичне середовище. Антропічне середовище.**

**Пригадайте!** Що таке середовище життя? Що таке здоров'я людини?



### Поміркуйте!

За твердженням фахівців ВООЗ, здоров'я на 50 % залежить від способу життя людини, на 20 % – від спадковості, на 10 % – від медичних послуг і на 20 % – від стану навколошнього середовища. А якими є чинники цього середовища?



### ЗМІСТ

**Які абіотичні чинники навколошнього середовища впливають на здоров'я людини?**

**НАВКОЛИШНЕ СЕРЕДОВИЩЕ** – це сукупність *абіотичного, біотичного й антропічного середовищ*, які в сукупності впливають на людину та її діяльність. Це усі природні тіла, сили і явища природи, її речовина, енергія й простір, що перебувають в безпосередньому контакті з організмами.

**Абіотичне середовище** – сукупність природних об'єктів і процесів неживої природи, що справляють на організм людини прямий або опосередкований вплив. Компонентами цього середовища є земля, ґрунт, поверхневі й підземні води, атмосферне повітря і космічний простір, що забезпечують умови існування життя на Землі.

**Космічні чинники** – це чинники, джерелами яких є процеси, що відбуваються в космічному просторі (сонячна радіація, місячне світло, космічні промені та ін.). Так, вплив *сонячної радіації*, що пов'язаний передусім з 11-річним циклом сонячної активності, є причиною багаторічних біоритмів; спричинені нею збурення магніто- та йоносфери Землі порушують діяльність серцево-судинної та нервової систем. Іншим чинником є *ультрафіолетове випромінювання*, що у великих дозах корисне, а в значних – небезпечне.

**Геофізичні чинники** визначаються процесами, що відбуваються на Землі (магнітне поле, земне тяжіння, сейсмічність, вулканічна діяльність). Так, магнітне поле Землі організм людини не відчуває, але реагує на його впливи передусім функціональними змінами нервової, кровоносної систем та мозкової діяльності.

**Кліматичні чинники** пов'язані з особливостями багаторічного режиму погоди. Основними елементами клімату, що впливають на благополуччя людини, є світло, газовий склад, температура й вологість повітря, атмосферний тиск, атмосферні опади. Так, зміни атмосферного тиску позначаються на стані здоров'я людей, хворих на артрити й артрози. Перебування в малоосвітленому середовищі може призвести до виникнення сезонної депресії, оскільки світло впливає на синтез серотоніну, що є нейромедіатором гарного самопочуття.



**Едафічні чинники** зумовлені хімічними і фізичними властивостями ґрунту (надлишок або нестача біоелементів, pH, вологість, вміст природних радіонуклідів). Так, дефіцит Йоду в рослинних харчових продуктах спричиняє ендемічний зоб. Ґрунт може загрожувати здоров'ю людини через консервацію патогенних мікроорганізмів (наприклад, правцевого клостридію, легіонели) й акумуляцію токсичних речовин (наприклад, сполук важких металів).

**Гідрологічні чинники** пов'язані з хімічними і фізичними властивостями води (сольовий склад, вміст кисню). Так, надлишок Флуору у воді призводить до ураження зубів – флюорозу.

Отже, людина є частиною природи, і впливи абіотичних чинників навколошнього середовища є життєво важливою умовою її існування.

### Які особливості впливу біотичного середовища?

Компонентами біотичного середовища є усі види біорізноманіття та природні об'єкти, складниками яких є живі організми. Вплив біотичного середовища визначається життєдіяльністю організмів і виявляється у формі взаємозв'язків між організмами одного та різних видів. Розрізняють **внутрішньовидові** (психічні й соціальні взаємовідносини між людьми) та **міжвидові** (симбіотичні, антагоністичні та нейтральні взаємозв'язки між організмом людини та організмами інших видів) **чинники**. За походженням біотичні чинники поділяють на *вірусогенні, мікробіогенні, фітогенні, мікогенні* та *зоогенні*. Вплив живих організмів на здоров'я людини може бути позитивним та негативним, прямим та опосередкованим.

До найважливіших біотичних чинників, що чинять прямий вплив на здоров'я людини, належать віруси, мікроорганізми й хвороби, що визначають епідеміологічну ситуацію. Це передусім соціально-значущі захворювання, які мають не лише медичне, а й соціальне значення (туберкульоз, грип, кір, гепатит В і С, СНІД). Прикладом непрямого впливу біотичного середовища є *вплив харчових продуктів*. Їжа є одним з найважливіших чинників довкілля, що впливає на стан здоров'я, працездатність, розумовий і фізичний розвиток, а також на тривалість життя людини. Серйозні наслідки для здоров'я людини може мати й таке явище, як *вселення й поширення нових видів* у нових для них умовах існування. Прикладом небезпечних для здоров'я людини інвазійних видів є амброзія полинолиста, борщівник Сосновського, африканські бджоли.

Отже, **біотичне середовище** – сукупність ресурсів й умов існування живої природи, що справляють на нього прямий або опосередкований вплив.

### Якими є склад і вплив антропічного середовища на здоров'я людини?

**Антропічне середовище** – сукупність природних, природно-антропогенних й антропогенних чинників впливу діяльності людини на організм людини. Природними об'єктами антропогенного середовища є природні екосистеми, природні ландшафти та їхні складники, що впливають на здоров'я людини. Ще в далекому минулому лікарі звернули увагу на те, що спілкування людини з природою позбавляє депресії, страхів і тривоги. Нині ці погляди відображені в

екотерапії, що віддає перевагу використанню природних чинників і соціального середовища для зміцнення здоров'я людини. окремими видами екотерапії є дельфіно-, гіпо-, апі-, ландшафто-, гарден-, лісотерапія. Так, в Японії прогулянки лісом («сірін-йоку» – лісові ванни) стали частиною національної програми охорони здоров'я. Доведено, що такі впливи знижують частоту серцевих скорочень та артеріальний тиск, зменшують рівень вироблення гормонів стресу, змінюють імунну систему.

*Природно-антропогенні об'єкти* – це природні об'єкти, що їх змінено внаслідок діяльності людини, а також ті об'єкти, що створено людиною та мають властивості природних об'єктів. Такими об'єктами є національні природні парки, в яких дозволено вільний доступ туристів (рекреаційний вплив).

*Антрапогенні об'єкти* – це об'єкти, що їх створено людиною для забезпечення його соціальних потреб і які не мають властивостей природних об'єктів. Так, на сільськогосподарських угіддях вирощують культурні рослини (аграрний вплив), у містах й навколо міст закладають зелені зони, для занять спортом створюють штучні поля, з пізnavальною метою організовують шекспірівські сади, дендропарки.

Негативне значення для здоров'я людини мають промисловий вплив великих підприємств, радіоактивний вплив атомних електростанцій, транспортний вплив автомобільних шляхів і залізниць, мілітарний вплив складів з боєприпасами, військових полігонів для випробування видів зброї та ін. До складників антропогенного середовища належать й усі види забруднення (хімічне, фізичне, біологічне), перетворення й руйнування природних об'єктів, вичерпання природних ресурсів, глобальні кліматичні впливи та ін. За ступенем небезпеки для здоров'я людини переважає хімічний вплив (дія сполук важких металів, хлорованих вуглеводнів, діоксинів, пестицидів, радіонуклідів).

Як стверджують науковці, вплив складників сучасного антропогенного середовища є різноманітним й у своєму сумарному (синергетичному) ефекті характеризується переважаючою негативною дією. Доказом цього є зростання загального рівня захворюваності населення Землі. За даними ВООЗ, екологічні ризики зумовлюють виникнення понад 100 найнебезпечніших захворювань, і щороку саме вони вбивають 12,6 млн людей. Ось чому зменшення антропогенного навантаження на життєве середовище людини – пріоритетне екологічне, економічне й соціальне завдання усіх країн світу.

Отже, об'єкти антропогенного середовища чинять аграрний, промисловий, мілітарний, транспортний, радіоактивний та інший вплив й мають важливе наукове, пізnavальне, естетичне, рекреаційне та медичне значення для формування, зміцнення й збереження здоров'я людини.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### **Самостійна робота з таблицею**

Наведіть приклади впливу чинників навколошнього середовища на здоров'я людини. Заповніть таблицю і сформулюйте висновок про синергічний вплив довкілля на стан фізичного, психічного й соціального благополуччя людини.

Середовище	Чинники	Приклади впливу
<b>Абіотичне</b>	Космічні	
	Геофізичні	
	Кліматичні	
	Едафічні	
	Гідрологічні	
<b>Біотичне</b>	Внутрішньовидові	
	Міжвидові (сymbiotичні, антибіотичні)	
<b>Антропічне</b>	Природні	
	Природно-антропогенні	
	Антрапогенні	

### **Біологія + Мистецтво. Ландшафтна архітектура й здоров'я людини**

У ландшафтному мистецтві формування середовища здійснюється за допомогою природних матеріалів і архітектурних споруд. Відомими пам'ятками ландшафтного мистецтва в Україні є дендропарк «Софіївка» в Умані, Лівадійський парк в Ялті. Що таке ландшафт? Обґрунтуйте роль ландшафтного мистецтва у формуванні середовища життя та здоров'я людини.



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Промисловість. Функціональне харчування і здоров'я**

Сучасна харчова промисловість переорієнтовується на виробництво якісних харчових продуктів, що поліпшують здоров'я. Назва нового напряму – функціональне харчування. Яскравим прикладом функціональних харчових продуктів є молочні продукти, зображені додатковими активними речовинами (вітамінами D, Кальцієм). Що таке функціональне харчування? Оцініть вплив функціональних харчових продуктів на здоров'я людини.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке навколошнє середовище? 2. Назвіть основні групи абіотичного середовища. 3. Що таке біотичне середовище? 4. Наведіть приклади впливу біотичних чинників. 5. Що таке антропічне середовище? 6. Назвіть складники антропічного середовища.
7 – 9	7. Які абіотичні чинники навколошнього середовища впливають на здоров'я людини? 8. Які особливості впливу біотичного середовища? 9. Який склад та вплив антропічного середовища на здоров'я людини?
10 – 12	10. Оцініть вплив харчування на здоров'я людини.

*Імунітет є реакцією організму, що спрямована на диференціацію всього «свого» від всього «чужого».*  
Ф. Барнетт

## § 27. ІМУННА СИСТЕМА ЛЮДИНИ, ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ФУНКЦІОNUВАННЯ

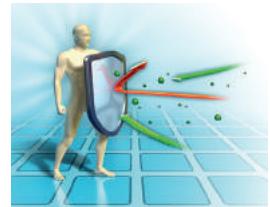
**Основні поняття й ключові терміни: ІМУННА СИСТЕМА. Імунна відповідь. Антигени. Антитіла.**

**Пригадайте!** Що таке імунітет?



### Поміркуйте!

Імунна система – це живий щит організму, основною функцією якого є захист організму від речовин і клітин з ознаками генетично чужої інформації. Це може бути не тільки інформація екзогенного походження, а й генетично змінена власна. А який склад має система, що захищає організм від «чужого»?



### ЗМІСТ

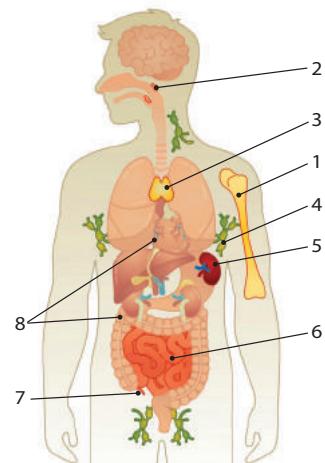
**Які особливості структурної організації імунної системи людини?**

**ІМУННА СИСТЕМА** – сукупність молекул, клітин, тканин й органів, які захищають організм від генетично чужорідних клітин або речовин, що надходять із середовища або утворюються в організмі. Імунна система функціонує в нерозривній єдиноті з іншими системами, що беруть участь у транспортуванні її клітин і речовин та регуляції. Деякі органи й клітини імунної системи є компонентами кровоносної, дихальної, травної, ендокринної, нервової систем, у складі яких вони виконують свої додаткові функції (іл. 48). Як організована імунна система в організмі людини?

**Системний рівень.** На відміну від інших фізіологічних систем імунна система поширена по всьому тілі. Цікаво, що в організмі людини є органи, до яких імунна система має обмежений доступ. Це т. зв. *імунопривілейовані органи*, до яких належать мозок, очі, плацента, сім'янники. Вважається, що імунні привілеї є механізмом адаптації для запобігання пошкодженню найбільш важливих органів з боку власної імунної системи та її реакції.

**Рівень органів.** Органи імунної системи поділяють на **центральні** та **периферичні**. До центральних органів імунної системи відносять кістковий мозок і тимус, а до периферичних – мигдалики, лімфатичні вузли, селезінку, апендикс.

**Тканинний рівень.** Лімфоїдна тканина є скупченням лімфоцитів і допоміжних клітин у складі слизових оболонок багатьох органів. Так, в тонкому кишечнику розташовуються пеєрові бляшки, в бронхах – лімфоїдні фолікули, в носоглотці –



Іл. 48. Імунна система людини:

- 1 – червоний кістковий мозок;
- 2 – мигдалики;
- 3 – тимус;
- 4 – лімфовузли;
- 5 – селезінка;
- 6 – пеєрові бляшки;
- 7 – апендикс;
- 8 – лімфатичні фолікули

аденоїди. Для цієї тканини характерна рання вікова інволюція (старіння). Так, лімфоїдна тканина тимусу до 40 років повністю замінюється жировою.

**Клітинний рівень.** Клітини імунної системи здатні до рециркуляції, тобто можуть проникати крізь стінки капілярів і переміщуватися між клітинами за допомогою рідин внутрішнього середовища. Основними клітинами імунної системи є лейкоцити, серед яких **T-лімфоцити** й **B-лімфоцити**. Імунна система постійно підтримує певну кількість своїх клітин завдяки стовбуровим клітинам червоного кісткового мозку.

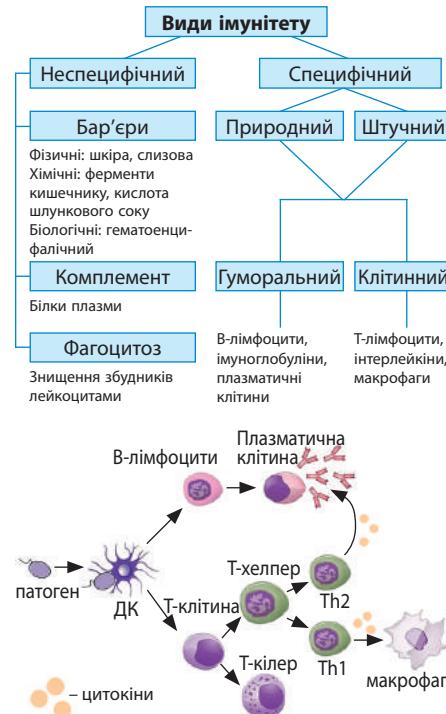
**Молекулярний рівень.** Молекули імунної системи секретуються її клітинами і можуть функціонувати як самостійні агенти. Характерним прикладом таких речовин є **імуноглобуліни** (антитіла), що утворюються В-лімфоцитами. Зв'язок між клітинами та органами імунної системи здійснюється за допомогою особливих сигнальних білків – цитокінів.

Отже, структурними й функціональними компонентами імунної системи людини є молекули, клітини та органи, що забезпечують здатність організму розпізнавати й знешкоджувати чужорідний матеріал.

### Які особливості функціонування імунної системи людини?

В організмі людини умовно розрізняють два види імунітету: неспецифічний та специфічний. **Неспецифічний (вроджений) імунітет** здійснюється речовинами (НСІ, жовч, молочна кислота, лізоцим, інтерферони, білки плазми) та клітинами (фагоцити, NK-лімфоцити) на всі чужі білки та мікроорганізми незалежно від їхньої природи. Цей імунітет має спадковий видовий характер і позбавлений імунологічної пам'яті. **Специфічний (адаптивний) імунітет** здійснюється імунокомпетентними речовинами (гуморальний імунітет) та клітинами (клітинний імунітет), що діють і знищують тільки певний вид чужих білків або мікроорганізмів. В основі специфічності імунітету – молекулярне розпізнавання чужорідних **антigenів** за допомогою специфічних рецепторів клітин імунної системи та **антитіл**. Ця форма імунітету має неспадковий набутий індивідуальний характер і характеризується наявністю імунологічної пам'яті.

**Імунна відповідь** розвивається внаслідок здійснення цілого комплексу імунних реакцій, що характеризуються імунологічною індивідуальністю. Для кожного організму властивий свій генетично зумовлений тип імунної відповіді. Основними формами імунної відповіді організму людини є **клітинний імунітет**, **гуморальний імунітет**, **імунологічна пам'ять** та **імунологічна толерантність**.



Іл. 49. Схема імунної відповіді організму людини

Інфекційний агент (патоген), що проник в організм, розпізнається **дендритними клітинами**. Це особливі високочутливі клітини, здатні розпізнавати молекули антигенів і презентувати його іншим клітинам імунної системи. Після взаємодії з антигеном дендритні клітини активуються і мігрують у лімфатичні вузли, де взаємодіють із **T- та В-лімфоцитами**, які й здійснюють імунну відповідь. В-лімфоцити продукують антитіла, **T-кліпери** за участі речовин (перфорини, гранзими В, гранулізини) зумовлюють апоптоз чужих клітин, **T-хелпери** за участі цитокінів стимулюють клітини, відповідальні за клітинний імунітет (Th1) та активують В-клітини, що відповідають за гуморальний імунітет (Th2). Повторне проникнення патогена та імунна відповідь відбуваються вже швидше й ефективніше завдяки формуванню **T- і В-клітин** пам'яті (іл. 49).

Таким чином, імунна система має цілу низку унікальних особливостей функціонування: багатостапність й багаторівневість захисту, високі специфічність, чутливість, здатність до регенерації, імунологічну індивідуальність, імунологічну пам'ять та ін.

### **Які механізми взаємодії системи антиген-антитіло?**

**Антигени** – це молекули білків чи полісахаридів, здатні спричиняти імунну відповідь, що виявляється в утворенні антитіл. Носіями таких чужорідних речовин є віруси, про- та еукаріотичні клітини, транспланнати, пухлинні клітини. Найхарактернішими властивостями антигенів є генетична чужорідність, макромолекулярність та специфічність.

**Антитіла** – це білкові молекули, що утворюються в організмі у відповідь на дію антигенів і мають властивість вступати з ними в взаємодію. Антитіла є важливим специфічним чинником захисту організму хребетних тварин проти збудників інфекційних захворювань і генетично чужорідних речовин. Усі антитіла належать до імуноглобулінів, які поділяють на 5 класів: IgG, IgM, IgA, IgD і IgE. За характером впливу на антиген розрізняють три групи антитіл: 1) антитіла (аглютиніни), що зумовлюють склеювання (аглютинацію) мікроорганізмів або клітин; 2) антитіла (лізини), що здійснюють розщеплення (лізис) клітин за обов'язкової участі комплементу – сукупності багатьох білків сироватки крові; 3) антитіла (преципітини), що осаджують комплекс антиген – антитіло.

Взаємодія антигенів й антитіл відбувається між розпізнавальною групою антитіла (рецептором) та детермінантною групою антигена (епітопом), що ґрунтуються на високій відповідності (компллементарності). Внаслідок контакту антитіла з відповідним антигеном утворюється міцний комплекс антиген – антитіло, в якому антиген втрачає свої патогенні властивості й нейтралізується або знищується.

Отже, основою здатності імунної системи відрізняти «чуже» від «свого» є механізми взаємодії чужорідних антигенів з відповідними антитілами.



### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота з таблицею**

Визначте особливості будови й функціонування імунної системи. Заповніть у робочому зошиті таблицю та вкажіть можливі причини цих особливостей.

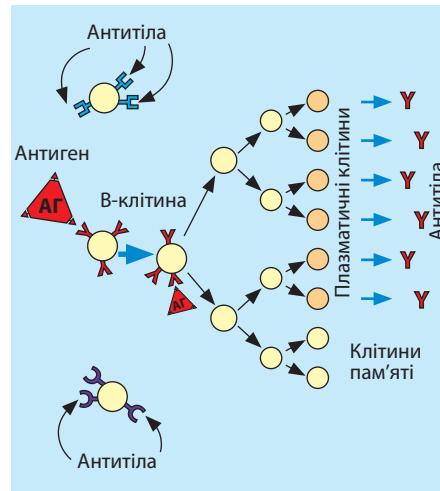
## ХАРАКТЕРИСТИКА ІМУННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

Показник	Характеристика
Структурні особливості	
Функціональні особливості	
Значення імунної системи	

### **Біологія + Англійська мова. Клонально-селекційна теорія**

*«Clonal selection theory is a scientific theory in immunology that explains the functions of cells (lymphocytes) of the immune system in response to specific antigens invading the body. The concept was introduced by the Australian doctor Frank Macfarlane Burnet in 1957, in an attempt to explain the formation of a diversity of antibodies during initiation of the immune response. The theory has become a widely accepted model for how the immune system responds to infection and how certain types of B and lymphocytes are selected for destruction of specific antigens».*

Перекладіть текст і визначте сутність клонально-селекційної теорії, що пояснює утворення антитіл.



### **СТАВЛЕННЯ**

#### **Біологія + Наука**

Нобелівську премію з фізіології і медицини за 2011 р. присудили трьом ученим: Б. Бойтлеру (США), Ж. Хоффману (Франція) (за відкриття механізму активації вродженого імунітету) і Р. Стейнману (США) (за відкриття дендритних клітин та їх ролі у набутому імунітеті). Оцініть значення цих відкриттів для збереження здоров'я людини.



Брюс  
Бойтлер

Жуль  
Хоффман

Ральф  
Стейнман



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке імунна система? 2. Назвіть центральні й периферичні органи імунної системи? 3. Що таке імунна відповідь? 4 Які є види імунітету? 5. Що таке антигени? 6. Що таке антитіла?
7 – 9	7. Які особливості організації імунної системи людини? 8. Які особливості функціонування імунної системи людини? 9. Які механізми взаємодії комплексу антиген – антитіло?
10 – 12	10. Поясніть, як утворюються в організмі людини антитіла.

## § 28. ІМУНОКОРЕКЦІЯ. ІМУНОТЕРАПІЯ

**Основні поняття й ключові терміни: **Імунокорекція. Імунотерапія. Імунобіологічні препарати.****

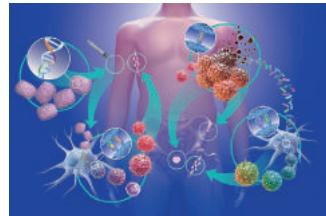
**Пригадайте!** Що таке імунітет?



### Вступна вправа

Терапевтичне лікування може здійснюватися хімічними (А), фізичними (Б) та біологічними (В) методами. Згрупуйте названі види терапії за переважаючими методами лікування.

Деякі види терапії: 1 – імунотерапія; 2 – магнітотерапія; 3 – фаготерапія; 4 – фототерапія; 5 – радіотерапія; 6 – гірудотерапія; 7 – галотерапія; 8 – пелотерапія; 9 – озонотерапія.



### ЗМІСТ

**Чому в імунокорекції та імунотерапії особливе значення мають природні способи впливу?**

**Імунокорекція** – сукупність засобів і методів, спрямованих на нормалізацію функцій імунної системи. Засобами імунокорекції можна активізувати або пригнічувати активність імунної системи, а також замінювати втрачену функцію. Розрізняють три основні види імунокорекції: стимулувальна, пригнічуval'na та замінна. Імунокорекція передбачає застосування різних фізичних (наприклад, інгаляція, електрофорез), хімічних (лікарські препарати) і біологічних (масаж, альтернативна терапія) методів, традиційних (наприклад, антибіотикотерапія) й альтернативних (наприклад, голковоколювання, гірудотерапія) методик, терапевтичних і хірургічних (видалення лімфоїдної тканини, пересадка кісткового мозку) підходів.

Основними принципами імунокорекції є: 1) застосування з профілактичною метою; 2) доповнення призначеного лікування; 3) переважне використання природних способів впливу, що пов'язані з біологічними потребами й функціями організму. Так, до імунокорекційних препаратів у сучасній медицині існують вимоги, серед яких: природне походження, безпека застосування, відсутність ефектів звикання та ін. Певного значення набули екстракорпоральні методи імунокорекції, що передбачають обробку узятих від людини клітин або тканин з наступним їхнім поверненням (наприклад, метод гемопунктури, в якому імунокоректором є власна кров).

**Імунотерапія** – сукупність методів лікування, що мають цільовий вплив на клітини, тканини та органи імунної системи. Основною метою імунотерапії є виправлення імунних дефектів організму людини. За механізмом дії розрізняють специфічну й неспецифічну імунотерапію. Специфічна імунотерапія передбачає вплив на механізми адаптивного імунітету, а неспецифічна – на вродженні імунобіологічні процеси.

Імунотерапевтичний вплив може бути *активним, пасивним та адаптивним*. Активний вплив передбачає застосування природних механізмів імунної системи у відповідь на введення антигена (наприклад, використання вакцин). У разі пасивного застосовують готові гуморальні (сироватки, імуноглобуліни, моноклональні антитіла) або клітинні (клоновані лімфоцити) імунологічні препарати, що діють на природні захисні механізми. У випадку адаптивної терапії або профілактики організм отримує речовини (цитокініни, чинники росту), які сприяють виробленню природних засобів захисту.

Отже, в імунокорекції й імунотерапії застосовують різні методи й засоби, але особливого значення набувають методи з використанням природного для організму впливу на природні механізми імунного захисту.

### **Які особливості й різноманітність імунобіологічних препаратів?**

За дією на імунну систему імунобіологічні препарати поділяють на: *імуностимулятори* (активують імунну відповідь; наприклад, вакцини, препарати женьшеню), *імунодепресанти* (пригнічують імунну відповідь; наприклад, препарати золота, деякі антибіотики) та *імуномодулятори* (відновлюють і нормалізують функції імунної системи; наприклад препарати з ехінацеї, гриба кордицепсу).

Імунобіопрепарати отримують різними шляхами: культивуванням штамів мікроорганізмів і клітин еукаріотів, екстракцією речовин з біологічних тканин і крові, методами біотехнології (наприклад, технології рекомбінантної ДНК, технології створення гібридом) та ін. До імунобіологічних препаратів належать вакцини, анатоксини, імуноглобуліни, сироватки, інтерферони, пробіотики, бактеріофаги, антибіотики та ін.

**Вакцини** – препарати з ослаблених, вбитих збудників захворювань або продуктів їхньої життєдіяльності, що їх застосовують для формування набутого активного імунітету (наприклад, БЦЖ проти туберкульозу)

**Анатоксини** – препарати із знешкоджених екзотоксинів бактерій, що зберігають антигенні та імуногенні властивості (наприклад, стафілококовий анатоксин).

**Сироватки імунні** – це препарати сироватки крові, що отримують шляхом імунізації тварин або людини і використовуються для створення пасивного імунітету (наприклад, противправцева сироватка).

**Інтерферони** – природні або рекомбіновані білкові речовини, що є проти-вірусними засобами та здатні модулювати функції імунної системи (наприклад, природний альфа-інтерферон, штучний лаферон).

**Імуноглобуліни** – препарати, діючою основою яких є антитіла, що підвищують неспецифічну опірність організму (наприклад, імуноглобулін людський).

**Пробіотики** – бактеріальні препарати, що містять живі мікроорганізми або їхні метабололіти, що здійснюють регуляторний вплив на імунну систему через відновлення мікрофлори кишечнику (наприклад, лінекс, лактобактерин).

**Бактеріофаги** – antimікробні специфічні препарати, що їх отримують в результаті селекції бактеріофагів (наприклад, дизентерійний або сальмонельозний бактеріофаг).

**Антибіотики** – продукти життєдіяльності (або їхні синтетичні аналоги і гомологи) живих клітин, що вибірково пригнічують функціонування клітин бактерій, грибів або пухлин (наприклад, лізоцим, пеніцилін, цефадозим).

Отже, **імунобіологічні препарати** (імунонобіопрепарати, англ. *biological drugs*) – це лікарські препарати, діючі речовини яких мають біологічне походження (або є штучно синтезованими аналогами природних речовин) і призначені для імунопрофілактики, діагностики та імунотерапії інфекційних, онкологічних, алергічних, імунодефіцитних, автоімунних захворювань.



## **ДІЯЛЬНІСТЬ**

### **Самостійне дослідження. Імунотерапія грипу й ГРВІ**

За сучасними правилами, лікування та профілактика грипу й ГРВІ включає декілька пунктів: 1) вакцинація перед початком епідсезону; 2) вживання препаратів з групи інтерферонів; 3) застосування препаратів противірусної дії, що пригнічують віруси; 4) вживання препаратів імуностимулювальної дії для активації власного імунітету. Назвіть найпоширеніші препарати, що їх застосовують в імунотерапії вірусних інфекцій грипу й ГРВІ.



**Вакцинація**

### **Навчальний проект. Особиста програма зміцнення здоров'я**

Кожний з нас повинен замислюватися, чи правильно він піклується про свій організм. Перелік з 12 рекомендацій від Міністерства охорони здоров'я України допоможе краще зрозуміти, що є корисним для вашого благополуччя, а що губить його. Опрацюйте ці рекомендації та створіть особисту програму зміцнення здоров'я.



## **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Наука. Імунотерапія раку**

Нобелівську премію з фізіології і медицини 2018 р. отримали американець Джеймс П. Еллісон та японець Тасуку Хондзе. Науковці розробили принципово новий підхід до імунотерапії раку, відмінний від радіо- та хіміотерапії. Застосуйте свої знання теми й поясніть сутність цього підходу.



Джеймс  
Еллісон

Тасуку  
Хондзе



## **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке імунокорекція? 2. Що таке імунотерапія? 3. Які захворювання лікують за допомогою імунотерапії? 4. Що таке імунобіопрепарати? 5. Назвіть основні групи імунонобіопрепаратів. 6. Наведіть приклади імунонобіопрепаратів.
7 – 9	7. Чому в імунокорекції та імунотерапії переважають біологічні, а не хімічні або фізичні методи лікування? 8. Які особливості імунобіологічних препаратів? 9. Як отримують сучасні біопрепарати?
10 – 12	10. Обґрунтуйте значення знань про імунну систему для особистої та громадської профілактики захворювань.

*Iснуєтъ тисячі захворювань, але здоров'я буває лише одне.*  
*Л. Берн*

## § 29. ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ ЛЮДИНИ. НЕІНФЕКЦІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ

**Основні поняття й ключові терміни: ЗАХВОРЮВАННЯ. Профілактика захворювань. Неінфекційні захворювання.**

**Пригадайте!** Що таке здоров'я?



### Новини науки

У червні 2018 р. Всесвітня організація охорони здоров'я випустила нову версію Міжнародної класифікації хвороб (МКХ-11). МКХ є основою для визначення тенденцій і здійснення статистики в галузі охорони здоров'я. Містить близько 55 000 унікальних кодів хвороб і причин смертності (у МКХ-10 – 14 400). Чому існує так багато різних захворювань і чому їх кількість збільшується?



### ЗМІСТ

#### Які причини захворювань людини?

**ХВОРОБА, ЗАХВОРЮВАННЯ** (лат. *morbus*) – це порушення нормальної життєдіяльності організму, внаслідок чого знижаються його пристосувальні можливості. Наука, що вивчає хвороби, називається **нозологією**.

Хвороби класифікують за різними критеріями: за причинами виникнення – спадкові (генні, хромосомні, хвороби зі спадковою схильністю), набуті (цукровий діабет, гастрит), інфекційні (вірусні, бактеріальні), паразитарні (дизентерія, малярія), неінфекційні (харчові отруєння, травми); за анатомо-фізіологічними системами – хвороби органів травлення, дихання, кровообігу та ін.; за ознаками статі та віку – жіночі, дитячі хвороби, хвороби старості та ін.; за екологічним принципом – ендемічні, тропічні тощо. Найпоширенішим захворюванням у світі є нежить (лікарі називають ринітом). Її можуть спричиняти віруси, бактерії, алергени, стрес, травмування слизової оболонки носа (ил. 50).



Іл. 50. Нежить як захворювання

Кожна хвороба має певну безпосередню причину (причини), тобто хвороботворний вплив, що викликає порушення і визначає особливості того чи іншого захворювання. Причинами захворювань можуть бути зовнішні (екзогенні) й внутрішні (ендогенні) чинники. Екзогенні хвороботворні причини – це численні зовнішні фізичні (тепло, холод, вітер), хімічні (надлишок солі, вплив кислот), біологічні (віруси, хвороботворні бактерії, тварини-паразити), психічні (напружені сімейні чи виробничі відносини) патогенні дії. До ендогенних хвороботворних причин належать генетичні чинники та особливості будови тіла, порушення функцій.

На розвиток захворювання впливають окрім хвороботворних причин ще й **чинники ризику**. Це потенційно небезпечні для здоров'я впливи зовнішнього й внутрішнього середовищ, що підвищують вірогідність розвитку захворю-

вань. Чинники ризику класифікують на загальні (спільні для усіх захворювань) і специфічні, первинні й вторинні.

У розвитку захворювання зазвичай виокремлюють такі періоди: прихований (до появи перших ознак хвороби), продромальний (до повного розвитку симптомів), період розпалу хвороби, період завершення хвороби та період одужування. Тривалість цих періодів залежить від сили хвороботворного впливу та фізіологічного й психічного стану організму людини.

**Таблиця 2. ПРИЧИННИ ЗАХВОРЮВАНЬ ЛЮДИНИ**

Категорія	Приклади
Спосіб життя	Шкідливі звички. Неправильне харчування. Дистрес. Нестача сну. Шкідливі умови праці. Гіподинамія. Зловживання ліками. Низький рівень культури
Навколишнє середовище	Ксенобіотики. Кліматичні зміни. Шумові впливи. Сонячна активність. Шкідливий вплив випромінювання. Хвороботворні організми
Спадковість	Спадкові зміни. Спадкова склонність до певних захворювань
Охорона здоров'я	Неефективність профілактичних заходів. Низька якість медичних послуг

Отже, різноманітність захворювань людини визначається різноманітністю хвороботворних чинників зовнішнього й внутрішнього середовищ.

### **Яка основна мета й види профілактики захворювань?**

**Профілактика захворювань** (від грец. профілактикос – запобіжний) – це система заходів, спрямованих на виявлення хвороботворних умов і чинників ризику, запобігання розвитку захворювань та зміцнення здоров'я. Найважливішим складником усіх профілактичних заходів є формування в людини активності й установок на здоровий спосіб життя. Відповідно до класифікації ВООЗ профілактика поділяється на первинну, вторинну і третинну.

**Первинна профілактика** – це сукупність заходів, що запобігають виникненню захворювання, усуваючи його причини. Цей вид профілактики є найбільш ефективним і включає низку заходів, серед яких вакцинація, раціональний режим праці й відпочинку, раціональне харчування, фізична активність, оздоровлення довкілля, використання рослин для зміцнення імунітету та ін. Заходи первинної профілактики можуть здійснюватися й на державному рівні (наприклад, хлорування води, виробництво йодованої кухонної солі).

**Вторинна профілактика** – це сукупність заходів, що уможливлюють виявлення захворювання на ранніх стадіях розвитку, коли воно перебігає без симптомів, і своєчасне лікування може його зупинити. Заходи вторинної профілактики основані на профілактичних оглядах. Ефективним методом цієї профілактики є також диспансеризація як комплексний спосіб раннього виявлення хвороби, спостереження, лікування та оздоровлення хворих. Прикладом заходів індивідуальної вторинної профілактики серцево-судинних захворювань є вживання ацетилсаліцилової кислоти за рецептурним призначенням лікарів.

**Третинна профілактика** – це сукупність заходів, що запобігають погіршенню або ускладненням захворювання після того, як його було виявлено. Цей вид профілактики спрямований також на реабілітацію хворої людини, на повернення її в сім'ю й до суспільно-корисної діяльності. Прикладом заходів третинної профілактики є запобігання контактам з алергеном для хворих на бронхіальну астму.

Отже, основною метою профілактики захворювань є знищення хвороби й мінімізація її впливу, а основними видами – первинна, вторинна й третинна профілактика.

## Які основні заходи профілактики неінфекційних захворювань?

**Неінфекційні захворювання** – це хворобливі стани, що не передаються від людини до людини, мають тривалий перебіг і повільно прогресуючий характер. На сьогодні ці захворювання становлять глобальну небезпеку, оскільки набули масового планетарного характеру й мають катастрофічні наслідки для існування людини. У суспільстві виникла проблема нової глобальної загрози, що має статус неінфекційної пандемії.

Неінфекційні захворювання поширені серед усіх вікових груп. Помилковою є думка, що такі захворювання – це хвороби літніх людей. Згідно з даними ВООЗ близько 9 млн людей у світі помирають від неінфекційних захворювань не досягши і 60-річного віку. Ще однією важливою їхньою характеристикою є те, що майже 80 % усіх випадків смерті від неінфекційних захворювань припадає на країни з низьким і середнім рівнями доходу населення.

В Україні близько 86 % смертей спричиняють захворювання саме цієї групи. Існують основні чотири типи неінфекційних захворювань – серцево-судинні (інфаркт, інсульт, вроджені вади серця, ендокардит), рак, хронічні респіраторні захворювання (хронічна обструктивна хвороба легень, астма) та діабет. Чинниками ризику для даної групи захворювань є *метаболічні* (підвищений артеріальний тиск, високий вміст глюкози, високий вміст ліпідів, надмірна маса тіла) й *поведінкові* (тютюнокуріння, гіподинамія, нераціональне харчування, надмірне вживання алкоголю).

У липні 2018 р. в Україні вперше почали системно впроваджувати заходи з профілактики захворювань, що викликані не інфекціями, а способом життя та умовами навколошнього середовища. На засіданні Кабінету Міністрів ухвалено **Національний план заходів щодо неінфекційних захворювань для досягнення глобальних цілей сталого розвитку**. Передусім йдеється про розробку та реалізацію інформаційної політики і проведення масштабної роз'яснювальної роботи щодо основних чинників ризику неінфекційних захворювань та їх наслідків для здоров'я.

Загальнодержавними заходами профілактики неінфекційних захворювань є: *економічні* (підвищення акцизу на тютюнові вироби, алкоголь та фінансування програм із популяризації здорового способу життя), *організаційні* (заборона реклами цигарок та алкоголю, створення пунктів здорового харчування в школах, ВНЗ), *інформаційні* ( популяризація активного відпочинку, інформаційні заходи проти шкідливих звичок).

До заходів індивідуальної загальної профілактики неінфекційних захворювань належать відмова від шкідливих звичок, раціональне харчування, активний спосіб життя, заняття фізкультурою й спортом. Окрім того, існують спеціальні заходи профілактики щодо конкретних видів захворювань.

Профілактика хвороб системи кровообігу
1. Контролюйте артеріальний тиск
2. Підвищуйте фізичну активність
3. Відмовтеся від куріння та обмежте вживання алкоголю
4. Нормалізуйте масу тіла
5. Контролюйте рівень глюкози
6. Контролюйте рівень холестерину
7. Правильно харчуйтесь

Отже, основні заходи профілактики неінфекційних захворювань на державному й особистісному рівнях спрямовані на запобігання дії чинників ризику та дотримання основних засад здорового способу життя.



## **ДІЯЛЬНІСТЬ**

### **Самостійна робота з ілюстрацією. Профілактика раку**

Міжнародне агентство з дослідження раку Всесвітньої організації охорони здоров'я з ініціативи Європейської комісії опублікували «Європейський кодекс боротьби проти раку», який містить 12 способів зниження ризику розвитку раку. Міжнародні експерти заявляють, що майже половину смертей від раку можна було б уникнути, якби всі дотримувались рекомендацій. Використайте запропоновану ілюстрацію та назвіть ці 12 способів профілактики раку.



### **Біологія + Лікарські рослини. Рослини-адаптогени й первинна профілактика хвороб**

Рослини-адаптогени стимулюють захисні сили організму людини, пристосовують його до змін погоди, коливань атмосферного тиску, підвищують стійкість до стресів, фізичну й розумову працездатність (ил. 51). Назвіть найвідоміші рослини-адаптогени. Оцініть можливості та сформулюйте найзагальніші рекомендації щодо застосування рослин-адаптогенів для профілактики захворювань людини.



Іл. 51. 1 – жиеньшень; 2 – елеутерокок колючий; 3 – родіола рожева



## **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Музика. Музична терапія**

Музика може підвищити настрій, викликати приємні спогади, заспокоїти, вплинути на біль, частоту серцебиття, тиск і навіть на функції імунної та ендокринної систем. Науковці стверджують, що музика може чинити значний вплив на здоров'я, тож вона стала окремим напрямом терапії. Обґрунтуйте значення музики у профілактиці й лікуванні захворювань людини.



## **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке хвороба? 2. Наведіть приклади критеріїв класифікації захворювань. 3. Що таке профілактика захворювань? 4. Наведіть приклади профілактичних заходів щодо хвороб людини. 5. Що таке неінфекційні захворювання? 6. Назвіть найпоширеніші неінфекційні захворювання в Україні.
7 – 9	7. Які причини захворювань людини? 8. Яка основна мета й види профілактики захворювань? 9. Які основні заходи профілактики неінфекційних захворювань?
10 – 12	10. Назвіть й поясніть шляхи зниження ризику розвитку раку.

## § 30. ПРОФІЛАКТИКА ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

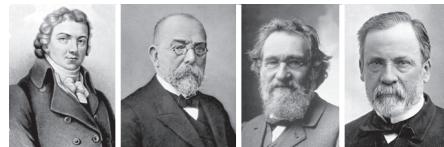
Основні поняття й ключові терміни: **ІНФЕКЦІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ**.  
**Шляхи передачі інфекції. Профілактика інфекційних захворювань людини.**

**Пригадайте!** Що таке профілактика захворювань?



### Перевірте свої знання

Перед вами портрети видатних учених, наукова діяльність яких відіграла важливу роль у розвитку науки про інфекційні захворювання. Назвіть їх.



### ЗМІСТ

#### Які ознаки та різноманітність інфекційних захворювань?

**ІНФЕКЦІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ** (від лат. *infectio* – зараження) – це захворювання, що його спричиняє *її підтримуючий агент* в організмі хвороботворний чужорідний збудник. Цей інфекційний агент вступає у складну конкурентну взаємодію з макроорганізмом, що призводить до інфекційного процесу, а згодом до захворювання. Наука, що вивчає джерела зараження, механізм і шляхи передачі інфекції, а також способи профілактики інфекційних захворювань, називається **епідеміологією** (від грец. *en* – над, *демос* – народ, *логос* – вчення). Наявність збудника, циклічність перебігу, формування специфічного імунітету в макроорганізмів у відповідь на проникнення – ось ті окремі ознаки, що вирізняють інфекційні захворювання.

На сьогоднішній день науці відомо понад 1300 інфекційних захворювань та їх кількість, на превеликий жаль, збільшується. Серед них є **особливо небезпечні інфекції**. Це група захворювань людини, що можуть раптово виникнути, швидко поширитись у вигляді епідемії або пандемії і масово охопити населення, а також характеризуються тяжким перебігом і високою смертністю. До групи належать: 1) чума, холера, натуральна віспа, жовта гарячка, гарячка Денге, хвороби, які спричиняють віруси Ебола, Зіка, Марбурга (це т. зв. конвенційні хвороби, що підлягають дії Міжнародних санітарних правил); 2) висипний і поворотний тифи, грип, поліоміеліт (хвороби, що підлягають міжнародному нагляду); 3) СНІД, сибірська виразка, сап, туляремія, орніоз, ботулізм та ін. (хвороби, що підлягають регіональному або національному нагляду).

За природою збудників розрізняють: *вірусні* (кір, грип, СНІД, вірусні гепатити A, B, C, D, E), *пріонні* (фатальне сімейне безсоння, губчаста енцефалопатія),

#### Ознаки інфекційних захворювань

1. Наявність патогенного мікроскопічного збудника
2. Схильність до широкого епідемічного поширення
3. Циклічність перебігу (послідовна зміна періодів)
4. Ймовірність розвитку затяжних і хронічних форм
5. Формування імунітету в макроорганізмів
6. Властивість передаватися від хвого до здорового

бактеріальні (холера, чума, дизентерія, стафілококова і стрептококкова інфекції, сальмонельоз), грибкові (епідермофітія, аспергільоз, кандидоз, мукоромікоз) захворювання.

Отже, головна відмінність інфекційних захворювань полягає в тому, що безпосередньою причиною їх виникнення є потрапляння патогенних збудників до макроорганізму, який при цьому стає джерелом зараження і поширення інфекції.

### **Які механізми й шляхи зараження інфекційними хворобами?**

За механізмом передачі усі інфекційні захворювання об'єднують у групи: 1) кишкові інфекції з фекально-оральним механізмом передачі (холера, бактеріальна дизентерія, сальмонелози, ботулізм); 2) інфекції дихальних шляхів з повітряним механізмом передачі (грип, дифтерія, скарлатина, кашлюк, пневмонії, туберкульоз); 3) кров'яні інфекції з трансмісивним механізмом передачі (чума, туляремія, висипний тиф); 4) кров'яні інфекції з нетрансмісивним механізмом передачі (зараження ВІЛом, гепатитом В під час ін'ектування, переливання крові, плазми); 5) інфекції зовнішніх покривів з контактним механізмом передачі (вірусна хвороба Ебола, герпес).

Передача збудників від хвого організму може відбуватися різними шляхами під дією різних чинників. Це повітря, вода, харчові продукти, ґрунт, предмети вжитку, живі переносники. **Шляхи передачі інфекції** – це чинники, що забезпечують перенесення інфекційного агента від хвого організму або від організма-носія до здорового.

Передача збудників через харчові продукти (аліментарний шлях) має велике значення, оскільки в них мікроорганізми не лише зберігаються, а й можуть розмножуватися. Через молоко й молочні продукти передаються ящур, туберкульоз, черевний тиф, через м'ясні продукти, яйця, рибу – збудники сальмонельозу, ботулізму, через овочі, фрукти – кишкові інфекції. Водний шлях зараження властивий для збудників захворювань органів шлунково-кишкового тракту (холера, черевний тиф). Безпосередньо через ґрунт відбувається зараження збудниками правця, газової гангреді. Живі переносники (воші, кліщі, москіти, комарі, птахи) поширяють збудників кліщового енцефаліту, пташиного грипу, жовтої гарячки. Потрапляння цих збудників в організм людини може відбуватися через укуси, рани (гемоконтактний шлях). Контактно-статевий шлях характерний для збудників герпесу, ВІЛу. Повітряно-крапельний і повітряно-пиловий шляхи зараження характерні для збудників, що уражують органи дихання (грип, кір, кашлюк). Під час контакту з предметами

<b>Механізми й шляхи зараження</b>	
<b>Механізм передачі (і система, що поширює збудники в організмі)</b>	<b>Шлях передачі інфекції</b>
1. Фекально-оральний (травна)	Аліментарний (через їжу), водний
2. Аерогенний (респіраторний) (дихальна)	Повітряно-крапельний і повітряно-пиловий
3. Кров'яний (трансмісивний) (кровоносна)	Через укуси переносників, гемоконтактний і контактно-статевий
4. Кров'яний (нетрансмісивний) (кровоносна)	Гемоконтактний і контактно-статевий
5. Контактний (покриви)	Контактно-побутовий

вжитку або з хворими організмами через пошкодження шкіри чи слизових оболонок (контактно-побутовий шлях) передаються простий герпес, вірус Ебола, сказ та ін.

Таким чином, за джерелом інфекції розрізняють антропонози, зоонози і сапронози. Резервуаром збудників для антропонозних інфекцій є людина, для зоонозів – тварини, для сапронозів – ґрунт (правець, псевдотуберкульоз) або вода (холера, легіонельоз).

Отже, хвороботворні агенти мають здатність проникати в організм людини різними шляхами та вибірково уражати певні тканини й органи.

### Які основні заходи профілактики інфекційних захворювань людини?

Інфекційні захворювання залишаються актуальною проблемою в усіх без винятку країнах світу. Ці хвороби становлять загрозу розвитку людства, оскільки є причиною третини загальної щорічної кількості смертей у світі. За даними ВООЗ, смертність хворих унаслідок інфекційних захворювань посідає 2-ге місце у світі.

Для профілактики інфекційних захворювань застосовують різні групи заходів. Першою і найдавнішою у застосуванні людиною є **ізоляція хворих людей**. Хворих ізолюють від здорових до моменту одужання (карантин), щоб запобігти поширенню збудників й захворювання. Друга група заходів спрямована на **роздріб механізму передачі хвороби**. Наприклад, для запобігання передачі вірусів грипу використовують ватно-марлеві пов'язки. Знижують вірогідність інфекційних хвороб і такі заходи, як кип'ятіння води, термічна обробка харчових продуктів, особиста гігієна, дезінфекція (знищенння збудників захворювання), дератизація (боротьба з гризунами-переносниками), дезінсекція (боротьба з членистоногими-переносниками). Третя група заходів – **формування несприйнятливості людини до захворювань**. Застосовуються вакцини під час щеплення для формування штучного активного імунітету. Часто необхідно терміново попередити розвиток захворювання в людини, яка була в контакті з джерелом інфекції. Такого захисту досягають введенням готових антитіл у складі імунних сироваток (ил. 52). Усі лікувально-профілактичні сироватки поділяють на антитоксичні, antimікробні й антивірусні.

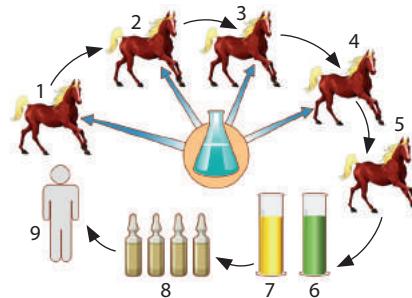
Отже, **профілактика інфекційних захворювань** – це сукупність заходів, спрямованих на ізоляцію хворих, роздріб механізму передачі хвороби та формування несприйнятливості до збудників захворювання.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота. Особливо небезпечні інфекції

Серед особливо небезпечних інфекцій, що можуть масово поширюватись у вигляді епідемій і пандемій і характеризуються високою летальністю, чума,



Іл. 52. Виготовлення протидифтерійної сироватки: 1 – 4 – багаторазове введення в організм коня знешкоджено-го дифтерійного токсину; 5 – забір крові з антитілами; 6 – 7 – виготовлення препарату, що містить антитіла; 8 – ампули з готовим препаратом; 9 – введення препарату хворій людині

холера, натуральна віспа, жовта лихоманка, СНІД, грип, сибірська виразка, туберкульоз, ящур. Виберіть із цього переліку три інфекційні захворювання, схарактеризуйте їх і заповніть таблицю.

Назва	Збудник	Механізм і шлях передачі	Заходи профілактики

### Біологія + Медицина. Природно-осередкові захворювання

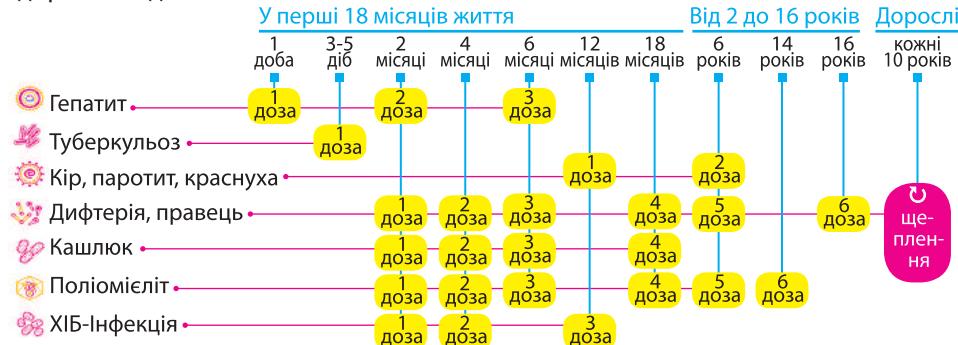
**Теорію природної осередковості** захворювань створив видатний зоолог **Є. Н. Павловський** (1849 – 1936). Це вчення відіграло велику роль у розвитку багатьох наук – паразитології, епідеміології, екології, медичної географії. За рівнем практичної значимості теорія є одним із найбільших загальнобіологічних узагальнень ХХ ст. Вчення про природну осередковість трансмісійних захворювань визнано в усьому світі й прийнято ВООЗ. У чому суть цієї теорії та яка її роль у боротьбі з інфекційними та інвазійними захворюваннями?



### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Здорове життя. Вакцинація і здоров'я

Нагадаємо, нині в Україні обов'язковою є вакцинація дітей від 10 небезпечних хвороб: гепатиту В, туберкульозу, поліоміеліту, дифтерії, кашлюку, правця, гемофільної інфекції (ХІБ-інфекція), кору, краснухи та епідемічного паротиту (іл. 53). Обґрунтуйте судження про необхідність вакцинації для збереження здоров'я людини.



Іл. 53. Календар профілактичних щеплень в Україні (2018)



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке інфекційні захворювання? 2. Наведіть приклади інфекційних захворювань. 3. Що таке шляхи зараження? 4. Назвіть основні механізми зараження. 5. Що таке профілактика інфекційних захворювань людини? 6. Наведіть приклади профілактичних заходів щодо інфекційних захворювань.
7 – 9	7. Які ознаки та різноманітність інфекційних захворювань? 8. Які механізми та шляхи зараження інфекційними хворобами? 9. Які основні заходи профілактики інфекційних захворювань?
10 – 12	10. Обґрунтуйте судження про необхідність вакцинації як заходу профілактики інфекційних захворювань людини.

Головним скарбом життя є здоров'я, і щоб його зберегти,  
потрібно багато що знати.  
Авіценна

## § 31. ПРОФІЛАКТИКА ІНВАЗІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Основні поняття й ключові терміни: **ІНВАЗІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ.**  
**Джерела інвазій. Профілактика інвазійних захворювань.**

**Пригадайте!** Хто такі паразити?



### Новини науки

За зусилля у вивченні й боротьбі з цим інвазійним захворюванням при-  
суджено вже три Нобелівські премії з фізіології і медицини. Лауреатами стали:  
у 1902 р. Р. Росс – «за відкриття механізмів зараження», в 1907 р. – Ш. Лаверан  
«за дослідження ролі збудників» і в 2015 р. – Юю Ту «за відкриття нових методів  
лікування». Назвіть це небезпечне захворювання, збудником якого є тварино-  
подібні організми з роду плазмодіїв. А що таке інвазійне захворювання?



### ЗМІСТ

**Які особливості та різноманітність інвазійних захворювань  
людини?**

**ІНВАЗІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ** (від лат. *invasio* – вторгнення, напад) – це хво-  
роби, збудниками яких є *тваринні паразитичні організми*. Інша назва – парази-  
тарні захворювання. Збудниками інвазій можуть бути твариноподібні організми  
(*малярійний плазмодій*, *дизентерійна амеба*, *лямблії*, *лейшманії*, *трипаносоми*),  
паразитичні черви (сисуни, ціп'яки, стъожаки, аскариди, гострики, п'явки), клі-  
щі (коростяний свербун, залозник *вугровий*), комахи (воши, вольфартова муха,  
*підшкірний овод*) і навіть деякі види риб (наприклад, *сомик кандріу*). Найпоши-  
ренішими групами інвазійних захворювань є *протозойні* (паразитами людини є  
понад 50 видів одноклітинних тварин) та *гельмінози* (понад 270 видів парази-  
тичних червів спричиняють захворювання в людини).

Характерною особливістю збудників інва-  
зій є *специфічність*. Багато паразитів трапля-  
ються лише в людині, і джерелом цих інвазій  
завжди є людина. Такі специфічні паразити  
людини спричиняють інвазійні захворюван-  
ня, що називаються **антропонозними**. При-  
кладом збудників цих інвазій є *малярійний*  
*плазмодій*, *лямблії*, *гострики*, *аскарида люд-  
ська*. Особливість таких інвазій – здатність  
збудника тривалий час існувати в організмі  
людини й спричиняти повторне зараження.

Частина збудників інвазій трапляються  
у тварин, але можуть уражати й людину (на-  
приклад, *печінковий сисун*, *блохи*, *воши*, *кліщі*). Джерелом інвазії у цих випадках  
є зазвичай тварини. Такі захворювання називаються **зоонозними**.

#### Особливості інвазійних захворювань

1. Збудниками є паразитичні тварини
2. Специфічність
3. Наявність складних життєвих циклів
4. Тривалий хронічний перебіг із компромісними відносинами
5. Формування нестерильного імунітету в хазяїв
6. Здатність передаватися від людини до людини або від тварин до людини

Для збудників інвазійних захворювань характерна *наявність складних життєвих циклів* із декількома формами (наприклад, вегетативна форма й циста у амеби), стадіями (личинки й дорослі) й хазяями (проміжні й остаточні).

Більшість інвазій людини характеризується *тривалим хронічним перебігом*, що не супроводжується розвитком гострих симптомів, а в разі деяких хвороб спостерігається навіть безсимптомний перебіг. Через те в разі багатьох інвазій між хазяїном і паразитом установлюються *компромісні відносини*: хазяїн адаптується до перебування в його організмі невеликої кількості паразитів, а їх існування створює імунітет, що перешкоджає виживанню личинок.

Імунітет проти інвазійних збудників формується з деякими труднощами (мінливість антигенів упродовж життєвого циклу), у багатьох випадках частковий і дієвий проти личинок (при гельмінтозах). Такий стан називають *нестерильним імунітетом*.

Отже, головною відмінністю інвазійних захворювань є те, що безпосередньою причиною їх виникнення є паразитичні тварини з різною специфічністю.

### **Які шляхи зараження організму людини інвазійними хворобами?**

**Джерелом інвазії** є організм людини або тварини, який слугує місцем перебування і розмноження збудників, в якому йде процес їхнього природного накопичення і з якого вони можуть тим чи іншим шляхом заражати здорових людей. Основними шляхами проникнення збудників інвазій в організм людини є такі:

- **аліментарний** – збудник потрапляє з їжею через травну систему (наприклад, цисти дизентерійної амеби або яйця аскариди з немітими фруктами, фіни ціп'яків зі свининою);
- **водний** – зараження відбувається під час пиття або випадкового заковтування води (наприклад, цисти лямблій, личинки печінкового сисуна);
- **контактно-побутовий** – через предмети побуту (наприклад, зараження коростяним свербуном), під час контакту з хворими домашніми тваринами (наприклад, ооцисти токсоплазми з шерсті кішок, яйця ехінокока – з шерсті псів);
- **контактно-статевий** (наприклад, таким шляхом передається сечостатева трихомонада);
- **трансплацентарний** – проникнення збудника з організму зараженої вагітної жінки в організм плода через плаценту (зараження плода токсоплазмою, малярійним плазмодієм);
- **трансмісивний** – під час укусів кровосисних кліщів, комах (наприклад, муха це-це є переносником трипаносом, москіти – лейшманій).

Отже, джерелом інвазійного захворювання може бути людина і тварина, з організму яких чинники передачі інвазій (вода, ґрунт, харчові продукти, предмети побуту, тварини-переносники) передають збудників різними шляхами в організм людини.

### **Які основні напрями, методи та заходи профілактики інвазійних захворювань людини?**

За даними ВООЗ, інвазійними збудниками заражено понад 4,5 млрд людей. В Україні кількість інвазійних може досягати 5 млн. Можна вважати, що кожний

житель нашої країни упродовж життя багаторазово хворіє на паразитарні хвороби. Основними напрямами захисту від інвазій є гігієнічні заходи, ветеринарно-санітарний нагляд, санітарно-просвітницька робота. До основних методів профілактики належать такі.

- **Біологічні методи боротьби** зі збудниками інвазій спрямовані на використання природних ворогів (наприклад, риба гамбузія знищує личинок малярійного комара), речовин, що впливають на поведінку або розмноження (наприклад, репелентів, що відлякують кровосисних комах), лікарських рослин (наприклад, насіння гарбуза проти гостриків) (іл. 54).
- **Хімічні методи** (хіміопрофілактика) передбачають використання антипаразитарних засобів, щоб запобігти захворюванням тварин й людини або позбавити організм збудників. Ефективні ліки від паразитів в організмі людини можуть бути синтезованими (наприклад, протигельмінтні засоби широкого спектра дії декарис, пірентол, вермокс) або створеними на основі лікарських рослин (наприклад, пижма, граната, полину, часнику).
- **Імунологічні методи** перебувають на стадії розроблення (наприклад, запроваджуються щеплення проти лейшманіозу, розробляється вакцина проти малярії).
- **Соціальні методи** спрямовані на дотримання правил особистої та громадської гігієни.

Методи профілактики інвазій застосовуються, як і у випадку з інфекціями, для виключення хоча б однієї ланки епідемічного процесу – джерела збудника, механізму його передачі та створення в людини несприйнятливості до збудника.

Найефективнішим заходом профілактики інвазій є елементарне дотримання правил особистої гігієни (миття рук перед вживанням їжі, після відвідування місць загального користування та спілкування з домашніми тваринами). Крім того, потрібно обов'язково обдавати кип'ятком овочі та фрукти, що їх вживають у сирому вигляді, піддавати необхідній термічній обробці рибу та м'ясо. Важливо турбуватись про повноцінне харчування, що в достатній кількості забезпечує організм усіма поживними речовинами, вітамінами А, С, D. Позитивне значення має і стимулювання імунітету, що знижує ймовірність зараження, перешкоджає міграції паразитів по організму, скорочує тривалість їхнього життя в організмі хазяїна.

Отже, **профілактика інвазійних захворювань** – це сукупність методів, способів та заходів, що запобігають зараженню й розвитку паразитарних захворювань.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з таблицею

До найвідоміших інвазійних захворювань належать амебіаз, лямбліоз, аскаридоз, ентеробіоз, педикульоз і короста. Схарактеризуйте одну із цих інвазій



Іл. 54. Гамбузія західна – акліматизований вид риб для боротьби з малярією

та обґрунтуйте необхідність дотримання гігієнічних вимог в особистому житті заповнивши таблицю.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЯКИХ ІНВАЗІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ЛЮДИНІ

Збудник	Джерело інвазії	Локалізація в організмі людини	Механізм і шляхи передачі	Профілактичні заходи особистої гігієни

#### Біологія + Мандрівки. Хвороби мандрівників

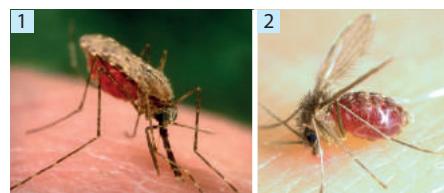
Щорічно кількість любителів мандрівок до далеких країн збільшується, і відповідно збільшується кількість захворювань, «привезених» із-за кордону, особливо з тропічних країн. Подорожуючи, мандрівники мають знати про небезпеку захворювань. Наведіть приклади найпоширеніших «хвороб мандрівників». Застосуйте свої знання й створіть пам'ятку «Правила безпечного відпочинку» для профілактики зараження збудниками «хвороб мандрівників».



#### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Екологія. Вольбахія й комахи-переносники інвазій

Одним із перспективних профілактических методів, що діють на механізм передачі збудників, є група біологічних методів з використанням бактерій роду Вольбахія для модифікуючого впливу на москітів й комарів (іл. 55). Коли самки цих комах схрещуються із самцями, яких заразили бактерією, личинки не вилуплюються з яєць, і популяція комарів або москітів скорочується. Сформулюйте своє ставлення до перспектив ліквідації найбільш небезпечних інвазій з використанням таких біологічних методів.



Іл. 55. Комахи-переносники інвазій:  
1 – малярійний комар (*Anopheles gambiae*); 2 – москіт флеботовомус (*Phlebotomus papatasii*)



#### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке інвазійні захворювання? 2. Наведіть приклади інвазій. 3. Що таке джерело інвазії? 4. Наведіть приклади збудників з певним шляхом передачі. 5. Що таке профілактика інвазійних захворювань? 6. Назвіть основні заходи профілактики інвазій.
7 – 9	7. Які особливості та різноманітність інвазійних захворювань людини? 8. Які шляхи зараження організму людини інвазійними хворобами? 9. Які основні напрями, методи та заходи профілактики інвазійних захворювань людини?
10 – 12	10. Обґрунтуйте необхідність дотримання гігієнічних вимог в особистому житті.

**РЕПРОДУКТИВНЕ ЗДОРОВ'Я** – це стан повного фізичного, розумового та соціального добробуту, що означає можливість задовільного та безпечного сексуального життя, здатність до зачаття і народження дітей та право на планування сім'ї.

Зг Статуту ВООЗ

## § 32. ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ, ЩО ПЕРЕДАЮТЬСЯ СТАТЕВИМ ШЛЯХОМ

**Основні поняття й ключові терміни:** **Захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ). Інтимна гігієна. Безпечна статева поведінка.**

**Пригадайте!** Що таке інфекція?



### Новини науки

Згідно з висновками експертів ВООЗ щорічно 357 млн людей хворіють 4 виліковними інфекційними захворюваннями, що передаються статевим шляхом: хламідіозом (131 млн), гонореєю (78 млн), сифілісом (6 млн) і трихомонізом (142 млн). Таку саму високу поширеність мають деякі вірусні інфекції, що передаються статевим шляхом: *вірус генітального герпесу* (417 млн), *вірус папіломи людини* (291 млн). Які ж особливості відрізняють інфекції, що передаються статевим шляхом, від інших інфекцій?



### ЗМІСТ

#### Які особливості захворювань, що передаються статевим шляхом?

Термін «**захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ)**» рекомендований ВООЗ у 1982 р. замість застарілого терміна «венеричні хвороби». Нині відомо близько 30 збудників ЗПСШ, серед яких *віруси, бактерії, гриби й одноклітинні тварини*. На них хворіють однаковою мірою як чоловіки, так і жінки. Але через анатомічні особливості ризик захворіти ЗПСШ під час статевих контактів без запобіжних засобів у жінок є більшим, аніж у чоловіків. На відміну від інфекційних захворювань після більшості ЗПСШ, як правило, не виникає імунітету, у разі повторного зараження хвороба розвивається знову. Видужання не настає само по собі: без лікування людина не може позбутися такої хвороби і хворіє на неї все життя. Для багатьох із цих захворювань характерний **малосимптомний перебіг**, що значно утруднює своєчасне діагностування і зменшує можливості профілактики. Частина з цих захворювань у разі **тривалого перебігу без лікування** призводить до беспліддя та вірогідності передачі від матері до дитини.

На відміну від збудників інших інфекційних захворювань мікроорганізми, що спричиняють ЗПСШ, мають свої особливості. Збудники ЗПСШ уражають переважно органи статевої й сечовидільної систем, хоча є серед них інфекції

#### Особливості ЗПСШ

1. Збудниками є віруси, бактерії, гриби, твариноподібні
2. Малосимптомний перебіг
3. Уражають переважно органи статевої й сечовидільної систем
4. Тривалий хронічний перебіг без лікування
5. Відсутність імунітету в хазяїв
6. Здатність передаватися від людини до людини

з переважним ураженням інших органів (наприклад, віруси гепатитів чи ВІЛ). У хворих збудники захворювань виявляються на слизових статевих органів, виразках, у виділеннях, що зумовлює передачу мікробів статевим шляхом. Поза організмом збудники статевих інфекцій живуть упродовж кількох хвилин і ginуть, особливо в разі висушування і впливу холоду.

**Отже, захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ), – це захворювання, збудники яких передаються від людини до людини під час статевих контактів, вражають, як правило, органи статевої й сечовидільної систем і за відсутності лікування мають тривалий перебіг.**

### **Як класифікуються та поширюються захворювання, що передаються статевим шляхом?**

За природою збудника захворювання, що передаються статевим шляхом, поділяють на: *бактеріальні* (сифіліс, хламідіоз, гонорея), *вірусні* (СНІД, генітальний герпес, гепатит В, цитомегаловірус), *протозойні* (трихомоніаз), *грибкові* (кандидоз – молочниця) та *інвазійні* (короста, лобковий педикульоз).

За дією на органи та характером уражень усі ЗПСШ поділяють на дві групи. До першої групи належать типові захворювання, що передаються статевим шляхом, – сифіліс, гонорея, хламідіоз. Збудники цих захворювань передаються в разі незахищеного статевого контакту. До другої групи відносять усі інші ЗПСШ. Це захворювання з переважним ураженням статевих шляхів (генітальний герпес, хламідіоз, лямбліоз, трихомоніаз та ін.) та захворювання з переважним ураженням інших органів (СНІД, гепатит В, лямбліоз, короста, цитомегаловірурсна інфекція та ін.). Для цієї групи захворювань можливими є й інші шляхи зараження: побутовий (хламідіоз), контактно-побутовий (короста, лобковий педикульоз), гемоконтактний під час переливання крові чи трансплантації тканин (гепатит В). Багато ЗПСШ, включаючи хламідіоз, гонорею, гепатит В, ВІЛ і сифіліс, можуть також передаватися від матері до дитини під час вагітності та пологів.

Поширенню ЗПСШ сприяють дуже тісні побутові контакти, користування спільними гігієнічними засобами, недотримання правил стерилізації інструментів (у стоматологічних, косметологічних установах, манікюрних салонах), процедура переливання крові, шкідливі звички, трансплантація органів та тканин та ін. Чинниками ризику для ЗПСШ є вживання алкоголю, наркоманія, депресія, пірсинг і татуювання.

**Отже, ЗПСШ є досить різноманітною й неоднорідною групою хвороб, об'єднаних за ознакою передачі від людини до людини під час статевих контактів.**

### **Які заходи профілактики ЗПСШ є найефективнішими?**

Щороку в Україні інфекції, які передаються статевим шляхом, вражають близько 200 000 людей. І, за різними джерелами, така статистика відображає лише 30 % від реальної кількості хворих. З найбільшою захворюваністю пов'язані 8 з більш ніж 30 відомих патогенів, що передаються під час сексуальних контактів. У даний час виліковуються 4 з цих 8 інфекцій, а саме сифіліс, гонорея, хламідіоз і трихомоніаз. Інші 4 інфекції, такі як гепатит В, герпес, ВІЛ та

вірус папіломи людини, є невиліковними, але завдяки лікуванню їх вплив можна зменшити.

Гігієнічні правила особистої гігієни відомі всім з дитинства, але щодня при-діляючи ранковий і вечірній час чищенню зубів і вмиванню особи, слід пам'ятати ще й про **інтимну гігієну** статевих органів. Цю делікатну звичку потрібно прищеплювати дітям і дотримуватися все життя для збереження здоров'я. Най-головнішими вимогами до інтимної гігієни мають бути систематичність, безпеч-ність та індивідуальність.

ВООЗ у «Глобальній стратегії профілактики інфекцій, що передаються статевим шляхом, та боротьби з ними, 2006 – 2015 рр.» виокремлює поняття **«безпеч-на статева поведінка»**. Тобто безпечними статеві стосунки можуть бути тільки тоді, коли ризик небажаної вагітності та зараження хворобами, що передаються статевим шляхом, є мінімальним і немає будь-якої форми насильства (фізичного або психічного). Така поведінка передбачає:

- правильне і систематичне використання чоловічих і жіночих презервативів;
- правильне застосування місцевих бактерицидних засобів, антисептиків, що значно знижують, але повністю не усувають ризику зараження;
- періодичне обстеження за допомогою клінічного та лабораторного діагно-стування;
- у разі діагностування інфекції (або підозри на її наявність) – спеціалізоване лікування;
- статеву стриманість;
- обов'язкове повідомлення статевих партнерів;
- вакцинацію проти онкогенних вірусів гепатиту В і папіломавірусів людини.

Отже, найефективнішими заходами профілактики ЗПСШ є обов'язкове дотримування правил особистої гігієни в інтимному житті, відсутність шкідливих звичок та безпечна статева поведінка.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Практична робота 2

#### Розробка рекомендацій щодо профілактики захворювань

**Мета:** розвиток уміння застосовувати знання та розробляти обґрунтовані ре-комендації щодо профілактики захворювань людини.

#### Хід роботи

1. Застосуйте знання про групи захворювань людини і заповніть таблицю. Зро-біть висновок про причини захворювань людини.

Ознака	Неінфекційні	Інфекційні	Інвазійні	ЗПСШ
Причини				
Чинники ризику				
Особливості				
Приклади				

2. У таблиці наведено обґрунтування рекомендацій для збереження, зміцнен-ня та відновлення здоров'я. Опрацюйте їх і сформулюйте рекомендації щодо профілактики захворювань людини.

## Основні рекомендації щодо профілактики захворювань людини

Рекомендація	Обґрунтування рекомендації
	Треба розуміти, як побудований і як працює організм людини, що йому корисно, а що – шкідливо
	Відмежувавшись від природи і створивши тепличні умови, людина відгороджується від оздоровчого природного впливу
	Гармонія існування з людьми можлива лише на основі альтруїзму. Позитивне ставлення до людей – запорука соціального благополуччя
	Нервова система впливає на механізми самооновлення; організм людини здатний активізувати ці процеси, створюючи постійну мотивацію
	Сонце, повітря й вода впливають на захисні імунні реакції, посилюють антистресові процеси, розвивають механізми терморегуляції
	Дотримуйтесь правил раціонального харчування, що запобігає надмірному навантаженню на дію системи органів
	Помірні навантаження активізують кровообіг, обмін речовин, регуляторні системи, виділення продуктів обміну та ін.
	Синтетичні ліки є неприродними для організму і можуть чинити побічну шкідливу дію на клітини, органи й організм
	Віра позбавляє організм від внутрішніх конфліктів, хронічних емоційних стресів і підтримує психічне здоров'я

### **Біологія + Психологія. Сміх та захворювання**

«Сміх – це зарядка з підкірки, що мобілізує захисні сили організму на боротьбу з інфекційними та іншими захворюваннями», – писав **I. П. Павлов**. Наука, що вивчає біологічні основи впливу сміху на людський організм, називається **гелотологією**. Поясніть, яким чином сміх може запобігти розвитку захворювань в організмі людини.



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Суспільство. Соціально-небезпечні захворювання**

У сучасних умовах розвитку суспільства однією з важливих проблем, що потребують невідкладного розв'язування, є поширення групи захворювань людини, пов'язане з дією соціальних чинників. Під егідою ООН діють організації з попередження епідемій соціально небезпечних захворювань, що швидко поширюються і різко підвищують смертність. Так, у січні 2002 р. створений **Глобальний фонд для боротьби зі СНІДом, туберкульозом і малярією**. Обґрунтуйте судження про необхідність глобального контролю за хворобами людини, тварин й рослин у сучасних умовах.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке ЗПСШ? 2. Наведіть приклади ЗПСШ. 3. Назвіть основні групи ЗПСШ. 4. Назвіть основні механізми поширення збудників ЗПСШ. 5. Що таке безпечна статева поведінка? 6. Які статеві інфекції є невиліковними сьогодні?
7 – 9	7. Які особливості захворювань, що передаються статевим шляхом? 8. Як класифікують та як поширюються захворювання, що передаються статевим шляхом? 9. Які заходи профілактики ЗПСШ є найефективнішими?
10 – 12	10. Обґрунтуйте судження про необхідність глобального контролю за хворобами людини, тварин й рослин у сучасних умовах.

*Знання про будову і функціонування власного організму потрібні кожній людині незалежно від її посади, освіти або віку. Кожна людина має навчитися жити так, щоб не заподіяти шкоди ані своєму здоров'ю, ані здоров'ю оточуючих.*

*I. Павлов*

## **Узагальнення теми 6. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ**

**ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ** – це спосіб життедіяльності людини, що відповідає її генетичним особливостям, конкретним умовам життя й спрямований на формування, збереження і зміцнення здоров'я.

СКЛАДОВІ КОМПОНЕНТИ ЗДОРОВ'Я	ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ
<b>1. Фізичне здоров'я</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Упорядкованість будови й функцій</li><li>• Біологічна адаптованість</li><li>• Стан імунної системи</li></ul> <b>2. Психічне здоров'я</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Інтелектуальне благополуччя</li><li>• Емоційне благополуччя</li><li>• Духовне благополуччя</li></ul> <b>3. Соціальне здоров'я</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Моральність</li><li>• Соціальна адаптованість</li><li>• Статева культура</li></ul>	<b>1. Єдність складників здоров'я</b> <b>2. Активність</b> <b>3. Ритмічність</b> <b>4. Адаптивність</b> <b>5. Відповідність</b> <b>6. Самоорганізованість</b> <b>7. Індивідуальність</b>
ПРИЧИНИ ЗАХВОРЮВАНЬ ЛЮДИНИ	СКЛАДНИКИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ
<b>I. Спосіб життя</b> Шкідливі звички. Неправильне харчування. Дистрес. Нестача сну. Шкідливі умови праці. Гіподинамія. Зловживання ліками. Низький рівень культури <b>II. Навколишнє середовище</b> Ксенобіотики. Хвороботворні організми. Кліматичні зміни. Шумовий вплив. Сонячна активність. Шкідливий вплив випромінювання <b>III. Спадковість</b> Спадкові зміни. Спадкова склонність до певних захворювань <b>IV. Охорона здоров'я</b> Неефективність профілактичних заходів. Низька якість медичних послуг	<b>1. Раціональне харчування</b> <b>2. Рухова активність</b> <b>3. Розумне чергування праці й відпочинку</b> <b>4. Загартовування</b> <b>5. Відмова від шкідливих звичок</b> <b>6. Культура здоров'я</b> <b>7. Особиста гігієна</b>
ГРУПИ ЗАХВОРЮВАНЬ	ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ
<b>1. Неінфекційні</b> <b>2. Інфекційні</b> <b>3. Інвазійні</b> <b>4. Захворювання, що передаються статевим шляхом</b>	<b>I. Первінна</b> <b>II. Вторинна</b> <b>III. Третинна</b>



## Тема 7. ЕКОЛОГІЯ

*Екологія – це біологія навколошнього середовища.  
Ю. Одум*

### § 33. ПРЕДМЕТ ВИВЧЕННЯ ЕКОЛОГІЇ, ЇЇ ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДИ

**Основні поняття й ключові терміни: ЕКОЛОГІЯ. Методи екології. Функції екології**

**Пригадайте!** Що таке екологія?



#### Знайомтеся!

«Періодичні видання і засоби масової інформації заповнили такі поняття, як "екологія культури", "екологія мистецтва", "екологія любові". Популяризатори з розпушкою повідомляють про "забруднену екологію", "зіпсовану екологію" тощо. Часто "пропагандисти", не розуміючи суті явища, вдаються до застосування логічних покручів типу "екологія душі" чи "загазована екологія", дискредитуючи науку і підкresлюючи свою некомпетентність», – зазначав відомий вітчизняний еколог, академік НАН України М. А. Голубець.

То що таке екологія?



#### ЗМІСТ

#### **Чому сучасна екологія є самостійною науковою?**

**ЕКОЛОГІЯ** (грец. οἶκος – оселя, λόγος – наука) – це наука про взаємозв'язки живого між ним та з навколошнім середовищем. Термін «екологія» вперше ввів німецький зоолог Е. Геккель ще в 1866 р. Екологія виникла як суперечка біологічної науки, але нині є самостійною фундаментальною науковою про взаємовідносини живої й неживої природи.

**Об'єкти дослідження екології** – це живі організми та надорганізмові біосистеми (популяції, види, екосистеми, біосфера) у своїх взаємозв'язках із середовищем. На сьогодні основним об'єктом екологічних досліджень є екосистеми на різних рівнях організації.

**Предметом екології** є різноманітність взаємозв'язків між організмами, їхніми угрупованнями та середовищем існування, а також закономірності функціонування надорганізмових біосистем.

**Завдання екології** полягає в тому, щоб розкрити закономірності екологічних зв'язків. У рамках цього завдання вивчають: екологічні закономірності взаємодії біосистем між собою та із природним середовищем; екологічну сутність, тобто особливості внутрішньої структури та функціонування надорганізмових біо-

систем, екологічні явища, що виявляються у властивостях, функціях, адаптації до змін середовища та ін. Основні завдання екології у ХХІ ст.: вивчення загального екологічного стану біосфери, причин його зміни під дією різних чинників, прогнозування динаміки стану екосистем і біосфери в просторі й часі, розроблення шляхів гармонізації суспільства й природи.

У межах загальної екології виокремлюють чотири розділи:

- **аутекологія** (екологія видів, факторіальна екологія) вивчає організм та умови його існування, онтогенез, розмноження, інші життєві функції в певних умовах природного або штучно створеного середовища;
- **демекологія** (екологія популяцій) досліджує властивості популяцій у конкретних умовах їх існування, динаміки, адаптації до природного середовища, внутрішньо- і міжвидові взаємовідносини;
- **синекологія** (екологія біоценозів, біогеоценологія) вивчає різноманітні угруповання рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів, трофічні зв'язки між ними, форми співіснування;
- **екосистемологія** (екологія екосистем) – вивчає екосистеми всіх розмірів і ступенів складності, їх розвиток, особливості, еволюцію та динаміку.

До прикладних галузей належать екологія лісових екосистем, агроекологія, гідроекологія, екологія ґрунтів, екологія міських екосистем, ландшафтна екологія, біосферологія (глобальна екологія), екологія енергетики, космічна екологія та ін.

Екологія як наука виникла у процесі розвитку біологічних наук і сформувалася в самостійну науку з притаманними їй закономірностями й завданнями.

### Чому методи екології є надзвичайно різноманітними?

**Методи екології** – це шляхи й способи організації пізнавальної діяльності про характеристики (структуру, функціонування, розвиток тощо) екологічних об'єктів дослідження. Різноманітність і складність взаємозв'язків біосистем із навколошнім середовищем зумовлюють застосування різноманітних методів екологічних досліджень.

Найважливішою групою екологічних методів є методи дослідження впливу чинників середовища на функціонування біосистем. Ці методи поділяють на польові (маршрутні, стаціонарні, описові, експериментальні) та лабораторні. Вони здійснюються за допомогою спостережень та експериментів у природних чи лабораторних умовах. **Спостереження** – вивчення біосистеми шляхом фіксації певних її ознак. **Експеримент** передбачає свідоме внесення змін і зіставлення результатів спостережень в експериментальній та контрольній групах або ділянках біосистем. Експериментальне визначення впливу чинників за допомогою живих тест-об'єктів має назву **біотестування**. Найчастіше як тест-об'єкти використовують крес-салат, цибулю, дафній, циклопів, інфузорій.



Іл. 56. Організми-індикатори:  
1 – ксанторія настінна (індикатор пилового забруднення); 2 – зозулин льон звичайний (індикатор забруднення сульфур(IV) діоксидом); 3 – страусове перо звичайне (індикатор наявності сполук Кадмію в ґрунті)

Оцінювання стану навколошнього середовища є необхідною частиною будь-якого екологічного дослідження. Для цього застосовують **вимірювання** (отримання кількісних характеристик об'єктів і явищ), **екологічний моніторинг** (організоване періодичне або безперервне спостереження за станом екологічних об'єктів), **екологічну індикацію** (оцінювання стану середовища за допомогою живих об'єктів, наприклад, ліхено- або бріоіндикацію) (іл. 56).

Для кількісного обліку організмів, оцінювання біомаси та продуктивності рослин і тварин застосовують **метод аерокосмічної реєстрації** (наприклад, чисельності стад, скupчень риби). Через складність надорганізмових біосистем щодо їхнього вивчення часто використовують **метод екологічного моделювання**, що уможливлює прогнозування динаміки розвитку біосистем.

Отже, сучасна екологія використовує різні методи величезної різноманітності й складності об'єктів вивчення екології.

### **Чому сучасна екологія є фундаментальною міжгалузевою наукою?**

**Функції науки екології** підпорядковані потребам суспільства. Екологія пізнає фундаментальні рівні й властивості життя та пояснює сутність закономірностей розвитку природи, екологічних явищ і процесів (**пізнавальна функція**). Екологія дає людині знання для того, щоб розумно та раціонально користуватися природними ресурсами, усвідомити роль природного середовища для життя й здоров'я людини, сформувати уміння й навички здорового способу життя (**освітня функція**). Екологічні знання формують узагальнену систему ідей та поглядів на світ, людину, її місце в світі (**світоглядна функція**). Екологія є теоретичним фундаментом для прикладних галузей діяльності людини (медицини, сільського господарства, селекції).

Результати екологічних досліджень є надзвичайно важливими і для заповідної справи, природокористування та охорони природи. Зростає роль екології у прогнозуванні розвитку біосфери, наслідків антропогенного впливу та створенні нових виробничих технологій, проектів і планів соціального й економічного розвитку, для розв'язування глобальних проблем сучасності (**практична функція**).

Реалізація функцій екології забезпечується тісним взаємозв'язком з іншими галузями біології, що визначає формування багатьох нових екологічних розділів: **екологічної фізіології**, **цитоекології**, **еволюційної екології**, **біохімічної екології**, **палеоекології**, **космічної екології** тощо. Для ефективного розв'язування сучасних екологічних проблем необхідний науковий матеріал фізичного, хімічного, геологічного, соціального, кліматологічного, економічного та іншого характеру. Крім того, не обйтися без статистичної обробки, програмування прогнозування, моделювання різних процесів. Ось чому сучасна екологія використовує всі ефективні найновіші методи й технічні засоби природничих, технічних, суспільних й гуманітарних наук.

Отже, екологія є фундаментальною наукою з розвинутими міжгалузевими зв'язками, що й забезпечує реалізацію її основних функцій.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Екологія як наука

Заповніть таблицю і поясніть, чому екологія є комплексною, фундаментальною, міжгалузевою наукою.

Ознака	Пояснення
Об'єкти дослідження	
Предмет досліджень	
Структурні розділи екології	
Завдання екології	
Методи екологічних досліджень	
Зв'язки з іншими науками	
Функції (значення) екології	

### Біологія + Клімат. Екологічна кліматологія

**Глобальна зміна клімату** – одна з найгостріших проблем людства. Підвищення температури повітря, потепління Океану й танення льодовиків свідчать про стрімку зміну клімату, спричинену зростанням викидів парникових газів. Цей феномен виникає з-за водяної пари,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та інших газів, що затримують сонячну енергію й призводять до нагрівання земної поверхні. Що вивчає екологічна кліматологія? Яким чином екологія може допомогти у розв'язуванні проблеми глобальної зміни клімату?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Екологія. Космічна екологія й суспільство

**Космічна екологія** – наймолодший напрям екологічних досліджень, що складається з таких підрозділів: екологія космічних апаратів, екологія близького космосу, екологія дальнього космосу. Що вивчає космічна екологія? Для яких галузей практичної діяльності людини дослідження цього напряму екології матимуть найбільше значення?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що є предметом вивчення екології? 2. Назвіть основні розділи екології. 3. Що таке методи екології? 4. Назвіть основні методи екологічних досліджень. 5. Які функції екології? 6. З якими науками екологія має найтісніші зв'язки?
7 – 9	7. Чому сучасна екологія є самостійною наукою? 8. Чому методи екології є надзвичайно різноманітними? 9. Чому сучасна екологія є фундаментальною міжгалузевою наукою?
10 – 12	10. Висловіть свої судження щодо ролі та значення екології у сучасному світі.

Наука лише штучно поділена на дисципліни,  
насправді ж – це єдина система знань і бачення світу.  
М. Ф. Реймерс

## § 34. ЕКОЛОГІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ

**Основні поняття й ключові терміни: ЕКОЛОГІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ. Екологічні явища. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ.**

**Пригадайте!** Які існують зв'язки екології з іншими науками?



### Поміркуйте!

**Філософія** (від грец. любов до мудрості) – наука, предметом якої є відносини людини з навколошнім світом. Методологічною основою будь-якої науки є універсальні закони філософії: закон єдності й боротьби протилежностей, закон переходу кількісних змін у якіні та закон за-перечення. У сучасному суспільстві формується новий напрям філософських досліджень – філософія екології. Чи може філософія допомогти в розв'язуванні екологічних проблем сучасності?



### ЗМІСТ

#### Які особливості екологічних зв'язків?

У природі існує загальний зв'язок явищ, тобто спосіб існування об'єктів природи у їхній взаємодії, взаємопливах і взаємопереходах. Предметом екології є лише певна сукупність цих зв'язків, а саме екологічних. Що ж таке екологічні зв'язки?

**ЕКОЛОГІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ** – це закономірні взаємовідносини, що виникають між об'єктами неживої природи й організмами та надорганізовими біосистемами. Вони можуть бути дуже різними: структурними й функціональними, випадковими й необхідними, прямыми й опосередкованими. Їх класифікують за різними критеріями. За походженням розрізняють внутрішні й зовнішні зв'язки. Внутрішні зв'язки – це зв'язки між елементами біосистеми, сукупність яких утворює її структуру й сутність. Зовнішні зв'язки являють собою відносини між даним явищем і навколошніми об'єктами або процесами. Екологічні зв'язки існують на всіх рівнях організації життя: організмові, популяційні, видові, біоценотичні (трофічні, топічні, фабричні, форичні), екосистемні (біогеоценотичні), біосферні. Оскільки біологічні системи є відкритими й обмінюються із середовищем речовинами, енергією та інформацією, тому можна виокремлювати речовинні, енергетичні та інформаційні зв'язки.

**Екологічні зв'язки** визначають екологічну сутність і явища будь-якої біосистеми, оскільки вони відкриті для середовища. Поняття **екологічна сутність** виражає головне в біосистемі, що зумовлене внутрішніми зв'язками між складовими структурними компонентами. Так, у біогеоценозах головними зв'язками є взаємозв'язки між біотопом і біоценозом або трофічні відносини між популяціями. Категорія **екологічні явища** відображає зовнішні властивості, процеси, зв'язки біосистеми з навколошнім середовищем, що доступні для дослідження

за допомогою екологічних методів. До екологічних явищ належать **екологічний стан** біосистеми та **екологічні процеси**, що в ній відбуваються, а також **екологічні механізми** саморегуляції, самооновлення та самовідтворення.

Отже, предметом екології є вся різноманітність досліджуваних екологічних зв'язків у відносинах живого з неживим.

### Які особливості та класифікація екологічних закономірностей?

Особливe значення в системі екологічних зв'язків мають закономірності, що характеризують екологічні явища з якісного боку. Екологічна закономірність – це певна залежність між подіями навколошнього середовища та екологічними явищами, що характеризується певною впорядкованістю, відносною сталістю, регулярністю зв'язків. Так, у відповідь на нестачу Магнію в ґрунті в кукурудзі зменшуються вміст хлорофілу та стійкість проти хвороб. Проявляється це у вигляді хлорозу. Листки стають плямистими (мармуровість), блідими, жовтуватими. Якщо ця закономірність спостерігається не лише в кукурудзи, а й в інших видів рослин, то вона набуває статусу екологічного правила або закону. Так, у 1828 р. німецький ботанік Ф. К. Шпренгель, вивчаючи вплив вмісту різних хімічних елементів у ґрунті на зростання рослин, сформулював **правило мінімуму**: *ріст рослин обмежується кількістю поживної речовини, що міститься в найменшій концентрації*. Подальші дослідження розширили сферу застосування цього правила, і в сучасній екології ця закономірність формулюється як **закон обмежувального чинника**: *найбільший лімітуючий вплив на організм, популяцію або угруповання мають ті життєво важливі чинники зовнішнього середовища, кількість (концентрація) яких є близькою до мінімального критичного рівня*.

**ЕКОЛОГІЧНИЙ ЗАКОН** – це об'єктивний, постійний і необхідний взаємозв'язок між біосистемами та навколошнім середовищем, що випливає з їх внутрішньої екологічної сутності. Більшість екологічних законів вдало узагальнив американський еколог Б. Коммонер у 1974 р., звівши їх до чотирьох законів: «Усе пов'язане з усім», «Усе має кудись подітися», «Природа “знає” краще» і «Ніщо не дается задарма». Згідно з основними напрямами біоекології екологічні закони поділяють на аутекологічні, демекологічні, синекологічні, екосистемологічні та біосферологічні.

**Аутекологічні закони** відображають закономірності дії екологічних чинників на структуру, функції і розвиток організмів. До найвідоміших законів цієї групи окрім закону обмежувального чинника відносять ще закон єдності середовища та організмів, закон оптимуму та закон взаємокомпенсації екологічних чинників.

**Демекологічні закони** – це закономірності екологічних явищ на рівні популяцій та видів. Закон обмеженого росту, закон Гаузе, правило Бергмана, правило Алена є прикладами законів популяційної екології, що вивчає динаміку розвитку популяцій, їхні механізми саморегуляції, формування адаптацій та ін.

**Синекологічні закони**, або закономірності функціонування біоценозів й угруповань. Це закон обмеженості (вичерпності) природних ресурсів, правило екологічного дублювання, правило «метаболізм і розміри особин» (правило Ю. Одума) та ін.

**Екосистемологічні закони** є закономірностями взаємозв'язків екосистем з довкіллям та між собою в складі біосфери. До цієї групи відносять правило еко-

логічної піраміди, закон односпрямованості потоку енергії, закон внутрішньої динамічної рівноваги.

**Біосферологічні закони** мають найвищий статус серед екологічних закономірностей. Більшість із них сформулював В. І. Вернадський. Це закон біогенної міграції хімічних елементів, закон єдності живої речовини, закон ноосфери.

Отже, головне завдання екології полягає в тому, щоб сягнути закономірності досліджуваних екологічних зв'язків, зрозуміти сутність їх явища, характерні для надорганізових систем.

### Які принципи застосування екологічних законів у практичній діяльності людини?

Методологічною основою сучасної екології є філософське розуміння поняття «система» та **системний підхід** як особливий напрям досліджень. Сутність цього підходу полягає у вивченні кожного елементу структури системи в його взаємодії з іншими елементами й середовищем, що уможливлює розуміння функціонування й змін системи в цілому. Застосування системного підходу ґрунтуються на основних положеннях: 1) кожна система має свою СТРУКТУРУ, що утворюється сукупністю елементів; 2) кожна система має ВНУТРІШНІ Й ЗОВНІШНІ ЗВ'ЯЗКИ; 3) ФУНКЦІОНУВАННЯ системи відбувається у взаємозв'язках із середовищем.

Застосування екологічних законів у практичній діяльності людини має відбуватися на основі певних принципів:

- **принцип оновлення ресурсів** – людина має використовувати такі ресурси й у такій кількості, щоб відбувалося їх поступове відновлення внаслідок природних процесів;
- **принцип цілісності природи** – вплив на якийсь елемент природи позначається на її інших складниках, оскільки всі елементи й процеси природи нерозривно пов'язані між собою;
- **принцип рециклічності**, або повторне багаторазове використання найважливіших речовин, оскільки в природі є й невідновні ресурси;
- **принцип заебачливості** – людина має передбачати наслідки впливу на природу, запобігати виникненню та розвитку негативних змін.

Основними галузями застосування екологічних закономірностей є **сільське господарство, рибне господарство, лісова промисловість, охорона природи**. Так, для вирощування рослин необхідними є знання закономірностей впливу екологічних чинників, для розведення риби – знання популяційних закономірностей, створення штучних екосистем має відбуватися на основі екосистемологічних законів (іл. 57).



Іл. 57. Аквакультура лосося – найефективніший спосіб отримання продукції

Отже, розуміння екологічних закономірностей та принципів їхнього застосування є необхідною умовою збереження природи та розвитку суспільства.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею

Пригадайте визначення екологічних законів, що ви їх вивчали раніше. Наведіть приклади застосування екологічних законів у різних галузях діяльності людини в сучасному суспільстві. Обґрунтуйте твердження про необхідність знань екологічних закономірностей для розуміння природи й сучасних технологій.

### Застосування екологічних законів у практичній діяльності людини

Група	Закон та його визначення	Галузь застосування
Аутекологічні закони		
Демекологічні закони		
Екосистемологічні закони		
Біосферологічні закони		

### Біологія + Екологія помешкань. Мухоловка й системний підхід

**Мухоловка звичайна** (*Scutigera coleoptrata*) є видом, який часто трапляється в оселях людини. Через значний розмір, відразливий вигляд і швидкість пересування ця комаха часто завдає страху мешканцям. Але мухоловка – комаха мирна й корисна. Вона винищує тарганів, міль, домашніх мурах, мух, цвіркунів, павуків. Застосуйте системний підхід і доведіть, що мухоловка є біосистемою. Якими є екологічні зв'язки цієї біосистеми?



### СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Сільське господарство. Харчові продукти й зміни клімату

Міжнародні експерти зі зміни клімату висловлюють побоювання, що у майбутньому кліматичні зміни безпосередньо позначатимуться на харчових продуктах людини. До «зони ризику» потрапляють: кава, авокадо, мигдаль, виноград, молоко, вишня. Застосуйте знання екологічних законів і поясніть взаємозв'язки між сільським господарством і змінами клімату. Якими мають бути адаптації рослинництва, тваринництва, рибного господарства до глобального потепління?



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке екологічні зв'язки? 2. Наведіть приклади екологічних зв'язків. 3. Що таке екологічні закони? 4. Назвіть основні групи екологічних законів. 5. Що таке системний підхід? 6. Назвіть основні принципи застосування екологічних закономірностей у діяльності людини.
7 – 9	7. Які особливості екологічних зв'язків? 8. Які особливості та класифікація екологічних закономірностей? 9. Які принципи застосування та значення екологічних законів у практичній діяльності людини?
10 – 12	10. Обґрунтуйте твердження про необхідність знань екологічних закономірностей для розуміння природи й сучасних технологій.

*Фактор* (лат. *faktor* – той, що робить), чинник – причина будь-якого процесу, що є його наслідком.

Філософський словник

## § 35. ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ТА ЇХНЯ КЛАСИФІКАЦІЯ

Основні поняття й ключові терміни: **АУТЕКОЛОГІЯ. ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ. Абіотичні чинники. Біотичні чинники. Антропічні чинники.**

**Пригадайте!** Які основні розділи екології?



### Вступна вправа. Бджоли, трішки гумору й дослідження

Австрійський етолог Карл Фріш дуже любив мед, через те, мабуть, його улюбленим об'єктом досліджень були **медоносні бджоли**. Він установив, що ці комахи як компас у похмурий день використовують

- A** язик для сприйняття пахучих молекул з повітря
- B** пару вусиків для пошуку квітів на дотик
- C** сенсили для сприйняття шуму квітки, що розхитується
- D** щупики для розпізнавання солодкого смаку нектару
- E** складні очі для сприйняття поляризованого видимого світла

Чому ці дослідження є аутекологічними?



### ЗМІСТ

#### Які основні завдання та значення аутекологічних досліджень?

**АУТОЕКОЛОГІЯ** (факторіальна екологія, екологія особин) – розділ екології, що вивчає видові особливості реакцій організмів на чинники середовища. Цей термін запропонував швейцарський ботанік К. Шретер (1855–1939) ще в 1896 р.

Основними завданнями аутекології є вивчення екологічних зв'язків організму із середовищем, типів середовища життя, різноманіття екологічних чинників і закономірностей їхнього впливу, різноманітності адаптацій та механізмів їх формування, класифікації екологічних груп організмів, життєвих форм.

У ХХ ст. аутекологія доповнилась розділами про функціональну роль організмів у екосистемах, їхні життєві стратегії, екологічні ніші, різні види біоіндикації (фіто-, біріо-, ліхеноіндикація) й біотестування. Останніми роками в аутекології формуються нові напрями досліджень, що зумовлені зростанням впливу антропічних чинників на живі організми. Так, велика кількість досліджень стосується вивчення механізмів адаптації організмів до різних видів забруднення середовища, явищ заселення організмами нових територій, небезпеки біологічного забруднення та негативного впливу на аборигенні види та ін.

**Аутекологічні дослідження** – це вивчення впливу екологічних чинників на організми впродовж їхнього життєвого циклу. Об'єктами досліджень є організми окремих видів рослин, грибів або тварин. Мета таких досліджень – це встановлення способів і закономірностей формування адаптацій організмів у певному середовищі. Результати аутекологічних досліджень застосовують у *рослинництві, тваринництві, бджільництві, рибному та лісовому господарстві* (для вибору сортів рослин і порід тварин, що їх найдоцільніше вирощувати або розводити в конкретному районі), *медицині* (для визначення впливу ксенобіоти-

ків на здоров'я людини), еволюційній біології (для виявлення закономірностей впливу чинників на формування адаптацій) та ін.

Отже, основними завданнями аутекологічних досліджень є вивчення впливу екологічних чинників на організми та формування в них адаптацій на такий вплив.

### Яке значення та особливості екологічних чинників?

**ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ** – це усі природні компоненти й явища навколошинього середовища, що впливають на живі організми. Ці чинники є причиною, рушійною силою процесів у взаємовідносинах організмів і середовища. Пригадаємо, що чинники середовища називають екологічними лише в тому разі, якщо вони для організмів мають певне значення. Під дією чинників середовища відбувається формування пристосувань на різних рівнях організації життя (*адаптаційне значення*) та зміни дії інших чинників і пристосувань у відповідь на зміни середовища (*модифікаційне значення*). Світловий, звуковий, хімічний, механічний вплив чинників сприймається рецепторами живих організмів і є для них джерелом інформації про стан середовища (*сигнальне значення*), магнітний вплив забезпечує визначення місцеіснування або напрямків переміщення у просторі (*біонавігаційне значення*). Дія чинників різної інтенсивності може сприяти життєдіяльності (*вітальне значення*), обмежувати (*лімітуоче значення*) або спричиняти загибель (*летальне значення*) організмів. Таким чином, екологічні чинники середовища чинять різний прямий та опосередкований, позитивний чи негативний вплив і можуть бути для живих організмів **подразниками, обмежувачами, модифікаторами, сигналами** та ін. (іл. 58).

Екологічні чинники можуть мати фізичну (світлові промені, магнітні поля), хімічну (сольовий склад води, вміст кисню) або біологічну (віруси, бактерії, рослини) природу. Між ними існують тісні взаємозв'язки; їхній вплив має комплексний характер.

Ще однією особливістю більшості екологічних чинників є їхня мінливість. Так, на дні Світового океану температура води є сталою +4 °C, а температура повітря в пустелі Сахара вдень сягає +50 °C, а вночі різко спадає, іноді до 0 °C. Організми сприймають не статичні незмінні чинники, а їх режими – послідовності змін за певний проміжок. Через те для характеристики середовищ життя застосовують поняття світлового, температурного, водного режимів впливу чинників.

Серед екологічних чинників є такі, що змінюються під дією живих організмів, а є й такі, що не змінюються. **Ресурси навколошинього середовища** – це ті чинники, що їх організми використовують, споживають, тим самим зменшуючи їхню кількість. Це вода, їжа, кисень або вуглеводний газ повітря, схованки, місця для розмноження. **Умови існування** – це чинники, до яких організми змушені пристосуватися, але вплинути на них зазвичай не можуть. Так, світло для бджоли є умовою зорової орієнтації.



Іл. 58. Сніговий покрив як модифікуючий чинник, що істотно впливає на живлення тварин

Отже, екологічні чинники є компонентами навколошнього середовища, що мають різну фізико-хімічну природу, особливості та значення для живих організмів.

### Як класифікують екологічні чинники?

В екології виокремлюють близько десяти груп екологічних чинників, що класифікують: за походженням (космічні, геологічні, техногенні), за середовищем виникнення (атмосферні, гідрологічні, едафічні), за характером впливу (фізичні, хімічні, біологічні), за об'єктом впливу (індивідуальні, групові, видові, соціальні), за ступенем впливу (летальні, екстремальні, обмежувальні) та ін. Залежно від мінливості екологічні чинники поділяють на: *періодичні* (наприклад, добові зміни температури), *неперіодичні* (наприклад, виверження вулканів) і *стабільні* (наприклад, земне тяжіння).

Найпоширенішою й найзагальнішою є класифікація екологічних чинників за природою впливу, згідно з якою виокремлюють: *абіотичні* (вплив чинників не-живої природи), *біотичні* (вплив чинників живої природи) та *антропічні* (прямий та опосередкований вплив діяльності людини) (табл. 3).

**Таблиця 3. ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ**

ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ		
Абіотичні	Біотичні	Антрапічні
Кліматичні (вплив світла, температури, вологості)	Симбіотичні, нейтральні та антагоністичні	Техногенні (вплив галузей промисловості)
Атмосферні (вплив повітря)	Вірусогенні, мікробіогенні, фітогенні, мікогенні й зоогенні	Антропогенні (опосередкований вплив людини)
Едафічні (вплив ґрунту)		
Гідрологічні (впливи води)		
Топографічні, або орографічні (вплив рельєфу)	Внутрішньовидові й міжвидові	

Екологічні чинники відрізняються значною мінливістю в часі й просторі. Так, в історії Землі виокремлюють періоди потепління й похолодання, температура змінюється упродовж доби чи сезону або має різне значення на поверхні суходолу й у глибинах Світового океану.

Отже, різноманітність екологічних чинників пов'язана з різноманітністю умов довкілля, що впливають на існування живого та визначають біологічне різноманіття.



#### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з ілюстрацією

За допомогою таблиці сформулюйте запитання, на які б ви хотіли знайти відповідь під час організації аутекологічних досліджень цікавої для вас квіткової рослини (наприклад, липи серцелистої).



## Аутекологічне дослідження виду

Ознака	Запитання
1. Систематичне положення виду	
2. Місцеіснування	
3. Морфологія	
4. Фізіологія	
5. Розмноження	
6. Життєвий цикл	
7. Екологія	

### Біологія + Світло. Значення світла для рослин

**Самосвітній мох перистий** (*Schistostega pennata*) живе в печерах, тому його клітини можуть фокусувати слабке світло на хлоропласти, в яких відбувається фотосинтез. Розпізнайте й назвіть клітинну органелу, що, найвірогідніше, відіграє роль фокусуючої лінзи у клітинах цього моху. Яке значення окрім забезпечення життя необхідного фотосинтезу має світло для моху зокрема й загалом для рослин?

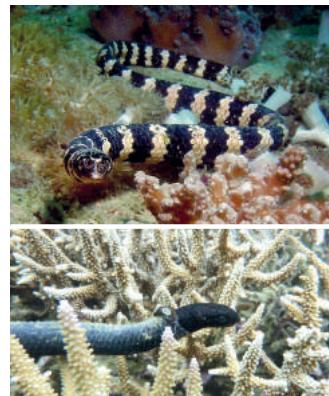


### СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Екологія. Причинно-наслідкові зв'язки екологічних явищ

**Кільчаста черепахоголова морська змія** (*Emydocephalus annulatus*) живе в тропічних водах поблизу Австралії. В окремих ділянках їхнього ареалу було знайдено особини з чорним забарвленням. Вчені з'ясували, що концентрації 13 мікроелементів, особливо Кобальту, Марганцю, Плюмбуму, Цинку та Нікелю, були вищими у покривах таких змій. Okрім того, чорні морські змії скидають шкіру вдвічі частіше, ніж їхні брунатно-білі родичі.

Установіть причинно-наслідкові зв'язки цього рідкісного прояву індустріального меланізму в хребетних тварин.



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке аутекологія? 2. Що таке аутекологічні дослідження? 3. Що таке екологічні чинники? 4. Яке значення екологічних чинників? 5. Назвіть основні групи екологічних чинників. 6. Наведіть приклади абіотичних біотичних та антропічних чинників.
7 – 9	7. Яке основні завдання та значення аутекологічних досліджень? 8. Яке значення та особливості екологічних чинників? 9. Як класифікують екологічні чинники?
10 – 12	10. Оцініть значення аутекологічних досліджень у практичній діяльності людини.

Причиною є система зв'язків, що зумовлює появу чогось нового.

Філософський словник

## § 36. ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ОРГАНІЗМИ ТА ЇХНІ УГРУПОВАННЯ

Основні поняття й ключові терміни: **ЕКОЛОГІЧНА ВАЛЕНТНІСТЬ. Еврібіонти. Стенобіонти.**

**Пригадайте!** Що таке екологічні чинники?



### Поміркуйте!

**Синиця велика** (*Parus major*) – невеликий птах родини синицею. В Україні це звичайний осілий вид. Велика синиця чудово пристосувалася до ландшафтів, створених людиною. Її можна зустріти як у лісах усіх типів, так і у великих містах. Раціон синиць досить різноманітний: навесні та влітку вони живляться комахами та гусіння, а взимку – насінням рослин, плодами глоду, тису, шипшини. Яка екологічна валентність синиці великої як виду?



### ЗМІСТ

Якою є загальна реакція організмів на вплив екологічних чинників?

Прояв впливу чинників виявляється в зміні життєдіяльності організмів. При цьому в діапазоні їх дії виокремлюють певні зони (іл. 59):

- 1) **зону нормальної життєдіяльності** (оптимум) – значення чинника, що є найсприятливішими для життєдіяльності організмів і за яких спостерігаються ріст та розмноження. Кількісно вона охоплює діапазон від нижнього пессимуму (екологічного мінімуму) до верхнього пессимуму (екологічного максимуму);
- 2) **зону пригнічення** (зони пессимуму, стресові зони) – значення чинника, за яких організми зберігають життєдіяльність, але не ростуть і не розмножуються; що більше значення чинника відхиляється від оптимальних, то сильніше пригнічується життєдіяльність особин;
- 3) **зону екологічної валентності** (діапазон витривалості, межі витривалості) – діапазон мінливості чинника, в межах якого можлива нормальнна життєдіяльність. Розрізняють **верхню** та **нижню межі витривалості**.



Іл. 59. Схема дії екологічного чинника

Отже, **ЕКОЛОГІЧНА ВАЛЕНТНІСТЬ** (екологічна толерантність) – здатність організмів витримувати певну амплітуду коливань екологічних чинників.

## Чим стенобіонти відрізняються від еврибіонтів?

За екологічною валентністю організми поділяють на такі екологічні групи, які стенобінти та еврибіонти.

**Стенобіонти** (від грец. *стено* – вузький та *біос* – життя) – організми, які можуть жити лише за дуже незначної зміни чинників середовища. Як правило, стенобіонтами є високоспеціалізовані види, симбіонти, мешканці морських глибин, печер, лісів високогір'я. До стенобіонтних організмів належать:

- *стенофаги* – організми, які живляться небагатьма видами корму (колібрі, осоїди, коала) (іл. 60);
- *стенобати* – організми, існування яких можливе тільки на певній глибині за певного тиску води (клопи-водомірки, глибоководні кальмарі, риби-видильники);
- *стенотерми* – організми, пристосовані до відносно сталих температурних умов довкілля і які не витримують їх коливань (форель річкова трапляється в холодних гірських річках);
- *стеногали* – організми, що витримують лише незначні зміни ступеня солоності середовища (головоногі молюски, карась, видра річкова).



Іл. 60. Осоїд звичайний – ентомофаг, який живиться личинками ос і джмелів

**Еврибіонти** (грец. *еври* – широкий та *біос* – життя) – організми, які можуть жити за значних змін екологічних чинників. Так, багато наземних тварин і рослин помірних широт можуть витримувати великі сезонні коливання температури, вологості та інших чинників середовища. До еврибіонтних організмів належать:

- *еврифаги* – організми, які живляться найрізноманітнішою рослинною і тваринною їжею (пацик сірий, тарган рудий, свиня дика, бурый ведмідь, крук);
- *еврибати* – організми із широким діапазоном вертикального поширення, які витримують значні коливання тиску води (губки, голкошкіри, кити);
- *евритерми* – організми, що пристосовані до значних коливань температури середовища (сокіл-сапсан, вовк сірий, сосна звичайна);
- *евригали* – організми, здатні існувати в середовищі зі значними змінами ступеня солоності (очерет звичайний, прохідні риби) (іл. 61).



Іл. 61. Очерет звичайний (росте у прісних і солонуватих водоїмах по всій Україні)

Отже, екологічна валентність стено- та еврибіонтів виражається вузьким або широким діапазоном витривалості й розглядається як відносна реакція видів на деякі чинники середовища або на їх комплекс.

## Які основні закономірності впливу екологічних чинників?

Чинники середовища впливають на організм не окремо, а в комплексі. Відповідно, будь-яка реакція організму визначається дією багатьох чинників. При цьому інтегральна дія чинників не дорівнює сумарній дії окремих чинни-

ків, оскільки між ними відбуваються різного роду взаємодії: пригнічення одного чинника іншим (монодомінантність), взаємне посилення декількох чинників (синергізм), взаємне пригнічення декількох чинників (антагонізм). Взаємодію чинників відображенено в законах сукупної дії та взаємокомпенсації екологічних чинників.

**Закон сукупної дії екологічних чинників (закон ефективності чинників,** закон О. Мітчерліха, 1909): *у природі один екологічний чинник може впливати на інший, тому успіх виду в довкіллі залежить від взаємодії чинників.* Наприклад, підвищена температура сприяє випаровуванню води, тварини важче витримують високі температури за значної вологості.

**Закон взаємокомпенсації екологічних чинників** (закон Е. Рюбеля, 1930): *відсутність або нестача деяких екологічних чинників можуть бути компенсовані іншими близькими чинниками.* Так, обмеженність світла в парнику може бути компенсована підвищенням концентрації  $\text{CO}_2$ , підвищення температури повітря сприяє випаровуванню води, зниження рівня освітленості зменшує потреби рослин в Цинку.

Серед багатьох відомих закономірностей впливу окремих екологічних чинників на живі організми у практичній діяльності людини найширше застосовується закон обмежувального чинника, закон оптимуму й закон толерантності.

**Закон обмежувального чинника** (закон мінімуму, закон Ю. Лібіха, 1840): *найбільшу лімітуючу дію на організм, популяцію або угруповання справляють ті життєво важливі чинники зовнішнього середовища, кількість (концентрація) яких близька до мінімального критичного рівня.* Найчастіше лімітуючими чинниками є температура, світло, тиск, біогенні речовини тощо.

**Закон оптимуму:** кожен чинник позитивно впливає на життєдіяльність організмів лише в певних межах. Стан організму, популяції або екосистеми, за якого вони виявляють найвищі показники життєдіяльності, описують поняттям екологічний оптимум.

**Закон толерантності** (закон Шелфорда, 1913): *лімітуючим чинником процвітання будь-якого організму (виду) в даному місцеіснуванні може бути як мінімум, так і максимум екологічного чинника, діапазон між якими визначає витривалість (толерантність) організму до даного чинника.*

Отже, існування організмів певного виду в певному середовищі зумовлене взаємодією з цілим комплексом екологічних чинників, що діють згідно з певними закономірностями.

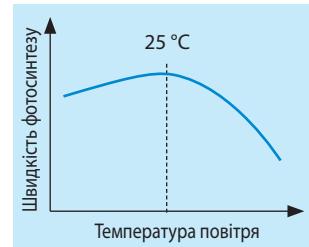
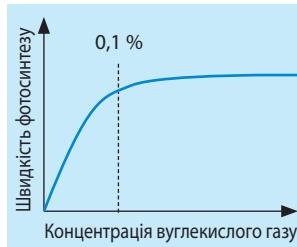
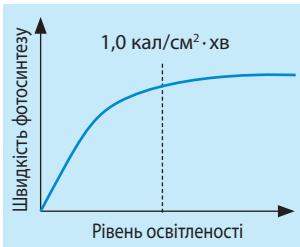


### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з графіками.

#### Залежність фотосинтезу від чинників довкілля

На швидкість фотосинтезу впливають багато різних екологічних чинників, серед яких визначальне значення мають освітленість, концентрація вуглеводного газу й температура. Проаналізуйте наведені графіки та сформулюйте твердження щодо комплексного впливу чинників на життя організмів.



## **Біологія + Екологія. Червоновухі черепахи**

**Черепаха червоновуха звичайна** (*Trachemys scripta*) – поширений мешканець тераріумів та потенційно **інвазивний вид** на теренах України. За допомогою таблиці дайте характеристику дії температури як екологічного чинника на організм. Чи може температура як екологічний чинник вплинути на розселення цього виду на території України?



Ознака	Характеристика
Систематичне положення	
Способ життя	
Значення температури для організму	
Температурний оптимум	
Температурні межі витривалості	
Джерело тепла (ендо- чи екзотермія)	
Екологічна група	
Адаптації до впливу температури	



## **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Квітникарство. Оптимальний догляд за орхідеєю**

Декоративні кімнатні рослини роду Фаленопсис вважаються одними з найневиагливіших й найпопулярніших із родини Зозулинцеві, або Орхідні. Застосуйте знання про **закон оптимуму** та створіть пам'ятку про оптимальні умови для вирощування орхідеї фаленопсис.



## **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке екологічна валентність? 2. Назвіть основні зони в діапазоні впливу екологічного чинника. 3. Хто такі стено- та еврибіонти? 4. Наведіть приклади еври- і стенообіонтних видів. 5. Назвіть закономірності комплексного впливу екологічних чинників 4. Назвіть закономірності впливу окремих чинників на живі організми.
7 – 9	7. Якою є загальна реакція організмів на вплив екологічних чинників? 8. Чим стенообіонти відрізняються від еврибіонтів? 9. Які основні закономірності впливу екологічних чинників?
10 – 12	10. На конкретному прикладі доведіть комплексний вплив екологічних чинників на живий організм.

Якщо сто бігунів як один біжать, це можна назвати так і сяк,

У коней це буде табун, у риб це буде косяк.

А. Макаревич

## § 37. ПОПУЛЯЦІЇ. КЛАСИФІКАЦІЯ ПОПУЛЯЦІЙ

Основні поняття й ключові терміни: **ДЕМЕКОЛОГІЯ. ПОПУЛЯЦІЯ. Структура популяції.**

**Пригадайте!** Що таке популяція?



### Новини науки

Як з'ясували науковці, за умов сильного забруднення середовища сполуками важких металів у популяціях відбувається перебудова статевої структури. Так, у **горобця хатнього** (*Passer domesticus*) виявлено тенденцію зростання кількості самок до кількості самців. У незабрудненому середовищі співвідношення самок і самців становить 1:1,21, у середньозабрудненому – 1:1,06, а в сильнозабрудненому – 1:0,87. Яке значення таких екологічних досліджень?



Самець

Самка



### ЗМІСТ

#### Який предмет досліджень та значення демекології?

**ДЕМЕКОЛОГІЯ** (від грец. *демос* – народ) – розділ екології, що вивчає умови формування, структуру, функціонування і динаміку розвитку популяцій окремих видів; інша назва – популяційна екологія. Її засновником вважають англійського еколога Чарльза Елтона.

**Об'єктом дослідження** демекології є **популяція** як група особин одного виду на конкретній території, що утворює самостійну генетичну систему й формує власну екологічну нішу.



Чарльз Елтон  
(1900–1991)

**Предметом демекології** є онтогенез особин, структура популяцій, їх динаміка, стійкість, стабільність, самовідновлення й саморегуляція. Вивчення цих ознак пояснює функціонування як самих популяцій, так і видів й екосистем, до складу яких вони входять. Важливим розділом сучасних демекологічних досліджень є зміни параметрів популяцій за умов антропогенного впливу.

**Методи демекології** є досить різноманітними. Широко застосовуються **методи екологічного моделювання** (для створення моделей взаємовідносин) і **методи екологічного моніторингу** за найінформативнішими параметрами популяцій (чисельністю, репродукцією, живленням, статевою структурою). Для оцінювання чисельності та щільності популяцій застосовують спеціальні **методи прямого підрахунку, пробних ділянок, метод мічення й повторного відлову**.

**Значення демекології.** Вивчення популяцій має надзвичайно важливе теоретичне і практичне значення для розв'язування проблем, що виникають

під час використання та охорони природних популяцій. Це: 1) підвищення щільності малих популяцій і популяцій, що зникають; 2) досягнення сталого рівня промислу для популяцій, які експлуатують; 3) зниження щільності надмірно численних популяцій і тих, що швидко зростають. Класичним прикладом, що ілюструє значення демекологічних досліджень, є інтродукція кролика, який за короткий період став основним конкурентом усім травоїдним тваринам на Австралійському континенті. Демекологія є науково-практичною базою не лише під час інтродукції видів, а й для селекції, сільського господарства, рибного та мисливського господарства. Прогнозування вилову риби, добування чисельності шкідників і безліч інших проблем тісно пов'язані з демекологічними дослідженнями.

Отже, як для експлуатації, так і для охорони популяцій необхідними є глибокі знання структури й функціонування популяцій, здобуті внаслідок демекологічних досліджень.

### Яка структура популяцій?

**Структура популяції** – поділ популяції на групи особин, які різняться за певними властивостями (розміри, стать, розташування, особливості поведінки тощо). Структура популяції динамічна, тобто зміни умов середовища життя спричиняють і відповідні зміни структури популяції. Розрізняють статеву, вікову, просторову, етологічну структури популяцій.

**Статева структура** – співвідношення особин різних статей, тобто відношення кількості самців до кількості самок. Завдяки генетичній детермінації статі у більшості живих організмів кількість самців і самок майже однаакова (1:1). Це **первинне співвідношення статей**, яке визначається в момент заплоднення. **Вторинне співвідношення статей** у популяції встановлюється не за генетичними законами, а під дією умов середовища і особливостей розмноження. За останні роки отримано дані, які свідчать про можливість природного регулювання вторинного (у новонароджених) і **третинного співвідношення статей** (у особин, що розмножуються) внаслідок впливу несприятливих умов існування. Це є підтвердженням того, що в природних популяціях є механізми саморегуляції.

**Вікова структура** – розподіл особин популяції за віковими групами. Зазвичай у популяціях, які швидко зростають, значну частку становлять молоді особини, у стабільних популяціях розподіл вікових груп є більш рівномірним, а в популяціях, для яких характерне зменшення чисельності, переважають особини старшого віку. Будь-яка природна популяція прагне до встановлення стабільної вікової структури (**правило стабільності вікової структури**).

**Просторова структура** – розподіл особин популяції по території, яку вона займає. Цей розподіл залежить від різно-



Іл. 62. Табун коней

манітності умов довкілля та біологічних особливостей виду, передусім від рухливості та поведінки. Розрізняють **випадковий** (наприклад, розподіл дощових черв'яків у ґрунті), **рівномірний** (наприклад, розподіл дерев у лісі) та **груповий** (наприклад, у слонів чи приматів) *типи розподілу* особин у популяціях. Усі організми популяції мають індивідуальний або груповий простір, що виникає внаслідок механізмів активного розмежування особин (**принцип територіальності**). Найчастіше в природі трапляється груповий розподіл. За такого розміщення особин простежується **ефект групи**, за якого зростає ймовірність виживання особин.

**Етологічна структура** – система взаємозв'язків між особинами, що проявляється в їхній поведінці. Так, основними формами організації популяцій тварин є **поодинокий** (більшість павуків, качка-крижень) та **груповий** способ життя у вигляді родин, колоній, зграй, табунів (іл. 62). Встановлено, що етологічна структура є видоспецифічною, і її порушення може призводити до загибелі усієї популяції.

Отже, статева, просторова, вікова, етологічна структури популяцій належать до головних екологічних характеристик популяцій.

### Як класифікують популяції?

Багатьом видам рослин й тварин притаманні **метапопуляції**, тобто популяції, що складаються із часткових популяцій, між якими наявний обмін генетичним матеріалом. Такі види менш уразливі до дії негативних чинників середовища. На практиці дослідники рідко коли мають справу зі справжніми популяціями. Найчастіше у природі досліджують сукупності особин різного ступеня згуртованості та чисельності – агрегації й деми. **Агрегація** – тимчасово просторово відокремлена група особин (наприклад, зграя мігруючої сарани, що пересувається, або вужі, що зібралися до купи на зимівлю). Агрегація в цілому сприяє виживанню популяції, але посилює антагонізм між особинами (**принцип Оллі**). **Дем** (локальна популяція) – відносно невелика частково відокремлена від інших груп особин певного виду, які переважно схрещуються між собою.

За критерієм здатності до самовідтворення розрізняють незалежні, напівзалежні та залежні популяції. **Незалежні популяції** мають достатньо високий потенціал розмноження, завдяки якому постійно відновлюється чисельність особин без надходження їх з інших популяцій (наприклад, острівні популяції птахів). **Напівзалежні популяції** можуть існувати тривалий час завдяки розмноженню особин, але імміграція особин відчутно впливає на її чисельність та генетичну структуру (більшість існуючих популяцій). **Залежні популяції** – це популяції, в яких народжуваність не компенсує втрат. Вони можуть існувати тільки за умови надходження особин із сусідніх популяцій.

Отже, основними критеріями класифікації популяцій є їхня структурна організація та здатність до самовідтворення.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Розв'язування вправ

**Метод мічення і повторного відлову** полягає в тому, що з відведеної площи відловлюють деяку кількість тварин, мітять їх (за допомогою кольорових міток

фарбою) і випускають знову в популяцію, звідки їх було взято. Розмір популяції за індексом Лінкольна оцінюють, використовуючи рівняння  $N = n_1 \cdot n_2 / n_2^*$ , де  $N$  – загальний розмір популяції;  $n_1$  – кількість тварин у 1-му відлові;  $n_1$  – кількість тварин у 2-му відлові;  $n_2^*$  – кількість міченых тварин у другому відлові.

**Вправа.** Для оцінювання чисельності форелі озерної у невеликому озері було відловлено 625 особин. Їх помітили й випустили. Через тиждень відловили 873 особини, з яких у 129 було знайдено мітки. Визначте розмір популяції.



## Біологія+ Червона книга. Структура популяції

**Шафран Гейфеля** (*Crocus heuffelianus*) – багаторічна рослина родини Півникових. Вид занесений до Червоної книги України у статусі «Неоцінений». В Україні саме в горах розташовані найчисленніші популяції. Крім того, зарості шафрану Гейфеля можна знайти на Прикарпатті, заході Поділля. Опрацюйте статтю Червоної книги України, присвячену шафрану Гейфеля та опишіть структуру популяції цієї рослини.



### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Екологія. Ефект групи, переваги й недоліки

Ефект групи (груповий ефект) підвищує життєздатність особин у межах групи. Поза групою в деяких тварин навіть не відбувається відтворення. Наприклад, **австралійська чайка** (*Larus novaehollandiae*) не відкладає яйця, якщо не бачить інших птахів свого виду. А деякі птахи можуть існувати, якщо в колоніях налічується не менш ніж 10 000 особин. Які біологічні переваги й недоліки групового способу життя?



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке демекологія? 2. Що є об'єктами досліджень демекології? 3. Що таке популяції? 4. Що таке екологічна структура популяції? 5. Назвіть види популяцій за розмірами. 6. Яка основна функція популяцій в екосистемі?
7 – 9	7. Який предмет досліджень та значення демекології? 8. Яка екологічна характеристика та структура популяцій? 9. Як класифікують популяції?
10 – 12	10. Яке значення встановлення характеристик мінімального розміру популяцій для збереження тварин?

Функція – це спосіб діяння системи, спрямований  
на досягнення певного результату.  
Філософський словник

## § 38. ПОПУЛЯЦІЇ, ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Основні поняття й ключові терміни: **Життєздатність популяції.**  
**Чисельність популяції. Щільність популяції.**

Пригадайте! Що таке популяції?



### Поміркуйте!

**Дуб звичайний** (*Quercus robur*) у багатьох народів вважається найкрасивішим деревом. Недарма латиною так і називається: «гарне дерево» – Кверкус (*Quercus*). Це дерево здавна було найпоширенішою лісотвірною породою Європи, до нього ставились з пошаною й любов'ю та присвячували верховним богам-громоверхцям у грецькій (Зевс), римській (Юпітер) та слов'янській (Перун) міфологіях. Яка роль популяцій цього виду в широколистих лісах Європи?



### ЗМІСТ

#### Яка функціональна роль популяцій в екосистемах?

Основою функціонування популяцій є безперервний обмін речовин, тому основна функція популяцій в екосистемах – **забезпечення проходження через екосистеми триєдиного потоку речовин, енергії та інформації**. Реалізуються ця функція завдяки функціональним ролям популяцій в екосистемах.

- **Продукційна роль** – популяції автотрофних організмів-продуцентів засвоюють сонячну енергію й утворюють первинну продукцію, що її споживають гетеротрофні консументи;
- **редукційна роль** – популяції редуцентів розщеплюють органічні рештки до мінеральних речовин, що знову вступають у кругообіг;
- **трансформаційна роль** – популяції консументів перетворюють речовини й енергію і забезпечують упорядковане проходження через екосистеми потоку речовин й енергії;
- **регуляційна роль** – завдяки механізмам саморегуляції популяції відіграють важливу роль у підтриманні стабільності екосистем (яскравим прикладом є взаємовідносини «хижак–жертва»);
- **інформаційна роль** – важливою є участя популяцій, як відзначає Ю. Одум (1986), у створенні «каналів фізичних і хімічних сигналів, що пов'язують усі частини екосистеми і регулюють її діяльність як єдиного цілого» (наприклад, **алелопатія**, зумовлена виділенням рослинами в навколошнє середовище хімічних продуктів життєдіяльності, а саме колінів, антибіотиків, фітонцидів, що впливають на чисельність, структуру й продуктивність фітоценозів).

Окрім участі в забезпеченні потоку речовин, енергії та інформації в екосистемах популяції виконують ще одну функцію – **середовищеутворювальний вплив**. Наприклад, популяції рослин суттєво впливають на мікроклімат, утво-

рюють скованки чи місця для гніздування тварин, популяції мікроорганізмів впливають на якість ґрунту, тварини-фільтратори беруть участь у самоочищенні водойм. Усі популяції в екосистемах спеціалізуються на виконанні певної функції, і кожна з них відіграє свою роль, займаючи в екосистемі певну екологічну нішу.

Отже, популяції – це основна функціональна одиниця екосистем.

### Які характеристики популяцій?

**Життєздатність популяції** – сукупність властивостей, ознак і процесів, що забезпечують притаманну їй здатність підтримувати рівень організації, необхідний для здійснення функцій в екосистемах та відновлення, розселення й еволюції у часі. Встановлення життєздатності популяції досягається через вивчення її головних характеристик, серед яких структура, популяційний ареал, чисельність, щільність, динаміка.

**Популяційний ареал** – простір, заселений особинами конкретної популяції. Ареал популяції для різних видів може бути специфічним як за конфігурацією (локальний, лінійний або континуальний, тобто безперервний), так і за розмірами (континуальний та ізольований), а для деяких – змінюватися в часі. Так, у *равлика виноградного* – ареал ізольований локальний, досягає декількох десятків метрів, у *водяної полівки* – лінійний тип ареалу, площею від одного до декількох десятків гектарів, у *лелеки білого* – континуальний, що включає гніздову територію, перелітні шляхи й місця зимівлі в Африці (іл. 63).

**Чисельність** – загальна кількість особин, що входять до складу даної популяції. У комах і рослин відкритих просторів чисельність у популяціях може досягати тисяч і мільйонів особин, у популяції деяких ссавців може бути кілька сотень або тисяч особин.

**Щільність** – середня кількість особин, що припадає на одиницю площи або об'єму простору, зайнятого популяцією. Це змінна величина, яка залежить від ендогенних чинників.

**Динаміка** – це сукупність біологічних й екологічних процесів, що змінюють розміри ареалу, чисельність особин, склад популяції за статтю, віком, поведінкою, розташуванням у просторі. Дослідження динаміки популяцій передбачають вивчення таких показників, як народжуваність, смертність, природний приріст, іміграція (вселення), еміграція (виселення), виживання, швидкість відновлення, причини вимирання та ін.

Отже, головними характеристиками популяцій є їхня структура, популяційний ареал, чисельність, щільність і динаміка.

### Які механізми регуляції й закономірності динаміки чисельності та щільності популяцій?

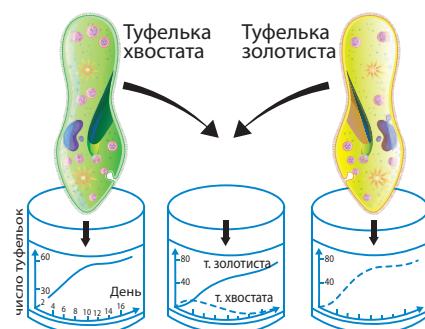
**Чисельність популяції** – кількість особин у складі популяції, що займає певну площину або об'єм в біоценозі. Популяція сама по собі може підтримувати свою чисельність упродовж необмеженого часу. На рівні популяцій існують процеси саморегуляції, що приводять у відповідність чисельність популяції і ємність



Іл. 63. Водяна нориця, або водяна полівка (*Arvicola amphibius*)

середовища існування. Будь-яка популяція може сама регулювати свою чисельність так, щоб не порушувалися відновлювані ресурси місця існування і не було потреби в дії якихось зовнішніх чинників. Основними механізмами регуляції чисельності популяцій є:

- регуляція взаємозв'язками із популяціями інших видів (наприклад, чисельність рисі залежить від чисельності зайців); стабільне співіснування популяцій двох видів, що конкурують за одинаковий набір ресурсів за умови незмінності екологічних чинників, є неможливим (**закон Гаузе**, або **принцип конкурентного витіснення**) (іл. 64);
- регуляція міграціями та розселенням (наприклад, міграції білок);
- регуляція суспільною поведінкою (наприклад, у суспільних комах у розмноженні беруть участь окрім самки-матки та самці, кількість яких регулюється в процесі розмноження);
- регуляція територіальною поведінкою (наприклад, мічення території у ведмедів, зубрів);
- регуляція перенаселенням і стресовою поведінкою (наприклад, явище канібалізму чайок).



Іл. 64. Досліди з інфузоріями, що ілюструють закон Гаузе

Будь-яка популяція теоретично здатна до необмеженого зростання чисельності, але її обмежують ресурси, необхідні для нормального функціонування організмів (**закон обмеженого росту**, або закон Ч. Дарвіна). Чисельність особин у популяції коливається в певних межах. **Принцип мінімального розміру популяції** вказує на те, що існує мінімальний розмір популяції, нижче від якого її чисельність не може опускатися.

**Щільність популяції** визначається середнім числом особин, що припадає на одиницю площі або об'єму. Для кожного комплексу умов середовища існування є певна оптимальна щільність популяції, що визначається ємністю середовища існування. Щільність популяції тісно пов'язана з величиною ареалу й чисельністю. За обмежених можливостей розширення ареалу або його сталої площи щільність популяції прямо залежить від її чисельності. Існує **принцип залежності від щільності** (принцип А. Ніколсона): якщо збільшується щільність популяції, то або збільшується смертність, або зменшується народжуваність; якщо зменшується щільність популяції, то або зменшується смертність, або збільшується народжуваність.

Отже, основними кількісними параметрами популяції є чисельність і щільність особин.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота

За допомогою таблиці сформулюйте основні структурні й функціональні закономірності популяційної екології. Сформулюйте висновок про значення популяційних закономірностей для практичної діяльності людини.

Назва	Визначення
Правило стабільності вікової структури	
Принцип територіальності	
Закон обмеження росту чисельності	
Принцип мінімального розміру популяцій	
Принцип конкурентного витіснення	
Принцип залежності від щільності	

### Біологія + Червона книга України. Чисельність зубра

Зубр, або **Бізон європейський** (*Bison bonasus*), вважається найбільшою і найважчою твариною на території Європи. Довжина тіла може досягати 330 см, маса – 1 т, а висота в холці – 2 м. Опрацюйте розділ Червоної книги України, присвячений зубру. Визначте природоохоронний статус, кількість популяцій, популяційні ареали, чисельність і причини зміни чисельності цієї тварини в Україні.



### СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Література. Персонажі Р. Стівенсона й гриби в екосистемах

Гриби – незвичайні організми з найдивнішим життєвим циклом. «Вони трохи схожі на Доктора Джекіла і Містера Гайда, можуть бути добрими й поганими одночасно, – пише один із науковців-мікологів. – Один і той самий гриб може розглядатися як шкідливий і може мати великий корисний потенціал». І все ж, якщо ви розумієте їхню роль в екосистемах Землі, ви розумієте, що вони підтримують життя на Землі. Про кого йдееться в романі шотландського письменника Роберта Стівенсона «Химерна пригода з доктором Джекілом і містером Гайдом»? Яка функціональна роль популяції грибів у екосистемах?



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Назвіть основні функції популяцій в екосистемах. 2. Назвіть основні функціональні ролі популяцій. 3. Що таке життєздатність популяції? 4. Назвіть головні характеристики популяції. 5. Що таке чисельність популяції? 6. Що таке щільність популяції?
7 – 9	7. Яка функціональна роль популяції в екосистемах? 8. Які характеристики популяції? 9. Які механізми регуляції й закономірності динаміки чисельності та щільності популяцій?
10 – 12	10. Яке значення популяційних закономірностей для практичної діяльності людини?

*Система – це сукупність елементів, що взаємодіють між собою і створюють нову якість.*  
*З підручника екології*

## § 39. ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ. ЕКОСИСТЕМИ, ЇХ СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ

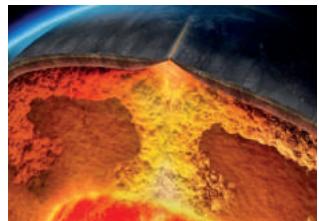
**Основні поняття й ключові терміни: ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ. Екосистемне різноманіття. Структура екосистем.**

**Пригадайте!** Що таке екосистема?



### Новини науки

Учені виявили велетенську і багату екосистему просто під ногами людини, яка вдвічі більша, ніж всі океани світу, разом узяті. Попри високу температуру, відсутність світла, дуже обмежене живлення і великий тиск, підземна екосистема налічує 15 – 23 млрд тонн мікроорганізмів, що в сотні разів більше за сукупну масу людей на планеті. А чому ця підземна сфера є екосистемою?



### ЗМІСТ

#### Що є об'єктами дослідження екосистемології?

**ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ** – наука про закономірності формування, структурно-функціональні особливості, поширення, еволюцію, динаміку, способи використання та охорону екосистем. Об'єктом дослідження цієї науки є екосистемне різноманіття, а предметом – вивчення таких її ознак і властивостей, як структура, екологічні взаємозв'язки між біотичним та абіотичним компонентами, самоорганізація, саморегуляція, продуктивність, стабільність розвитку, стійкість. Велику роль у становленні вітчизняної екосистемології відіграли результати досліджень наукової школи, яку очолював М. А. Голубець (1930 – 2016). Нині екосистемологія має важливе значення для реалізації Концепції сталого розвитку.

**Екосистемне різноманіття** – це розмаїття екосистем, що визначається різноманітністю природних умов. За розмірами і складністю будови визначають такий ієархічний ряд екосистем: консорційна екосистема, парцелярна екосистема, біогеоценозна екосистема, ландшафтна екосистема, провінційна екосистема, біомна екосистема. Єдиною глобальною екосистемою планети, екосистемою найвищого порядку називають біосферу. Найменшими екосистемами є індивідуальні, популяційні або видові **консорції** (окрім зелене дерево, трухляві пні, мертві стовбури дерев, мурашники) (іл. 65). Сукупність екосистем з відносно подібними характеристиками, які займають значну територію й розвиваються в подібних кліматичних умовах певної природної зони, називають **біомами**. Це вологі



Іл. 65. Окрім дерева дуба звичайного є індивідуальною консорцією

тропічні ліси, тундра, тайга, степ, пустелі, напівпустелі, савани, широколисті ліси, хвойні ліси, морські екосистеми. Найбільш продуктивними біомами на суходолі є дощовий тропічний ліс, у Світовому океані – зарості водоростей та рифи.

За походженням екосистеми поділяють на **природні** (наприклад, ліси, річки, озера) й **штучні** (наприклад, сади, парки, городи, поля, штучні водойми). Різноманітність природних систем визначають умови природних зон і передусім освітлення й температура. Існування штучних екосистем залежить від людини, яка, зважаючи на природні умови, організовує їхнє формування.

За специфікою структури й кругообігу речовин та енергії розрізняють **наземні** (тундра, тайга, широколисті ліси, степи, савани, пустелі, тропічний ліс) та **водні** (прісноводні: озера, ставки, водосховища, річки, струмки, джерела, болотисті ліси; морські: прибережні води, прибережні бухти, протоки, гирла річок).

Отже, об'єктами досліджень екосистемології є різні екосистеми, що класифікують за різними критеріями і різноманітність яких визначається природними умовами й діяльністю людини.

## Які особливості структурної організації екосистем?

**Структура екосистеми** – поділ компонентів цілісної системи на групи за певними параметрами. Будь-яка екосистема має абиотичну (мікроклімат – світло, температура, вологість; вода, повітря, ґрунт) й біотичну (продуценти, консументи й редуценти) частини. За розподілом компонентів у екосистемі розрізняють її видову, просторову та екологічну структури.

**Видова структура** екосистеми визначається видовою різноманітністю, тобто кількістю популяцій і видів, співвідношенням особин цих видів, їх чисельності або біомаси. Саме цей показник забезпечує стійкість та саморегуляцію екосистем. Види, що переважають у біогеоценозі за чисельністю особин або займають велику площину, називають домінантами. Наприклад, у хвойних лісах Карпат серед дерев домінує смерека, серед мишоподібних гризунів – полівки.

**Просторова структура** визначається розташуванням елементів абиотичної та біотичної частин у просторі екосистеми. Оскільки засвоєння енергії Сонця в екосистемі пов’язане з рослинами, то просторова структура екосистем переважно визначається ярусним розташуванням рослин (вертикальне розчленування) та формуванням мікроугруповань (горизонтальне розчленування). Основний чинник, що визначає просторовий розподіл рослин, – кількість світла, а для тварин – кількість їжі.

**Екологічна структура** – це співвідношення популяцій різних видів, які виконують певні функції в екосистемі. Цими групами є продуценти, консumentи та редуценти; їхня наявність є обов’язковою умовою існування будь-якої системи. **Продуценти** – популяції автотрофних організмів, які можуть синтезувати органічні речовини з неорганічних. Це зелені рослини, ціанобактерії, фото- і хемосинтезуючі бактерії. У водних екосистемах основними продуцентами є водорості, а на суходолі – насінні рослини. **Консументи** – популяції гетеротрофних організмів, які живляться безпосередньо або через інші організми готовою органічною речовиною, синтезованою автотрофами. Розрізняють консументи I порядку (гетеротрофні рослиноїдні організми, паразити рослин) та консументи II і наступних порядків (хижаки, паразити тварин, а також сапрофаги).

**Редуценти** – популяції гетеротрофних організмів, які в процесі життєдіяльності розкладають відмерлі органічні речовини до мінеральних, що їх потім використовують продуценти. Це гетеротрофні сапрофітні організми – бактерії і гриби, які виділяють ферменти на органічні рештки і поглинають продукти їх розщеплення. У процесах розкладу органічних сполук беруть участь: **детритофаги** (споживають подрібнену органіку, наприклад, дощові черв'яки, личинки мух), **копрофаги** (поїдають послід тварин і людини, наприклад, жуки-гнойовики), **некрофаги** (поїдають трупи тварин, наприклад, жуки-грабарики).

Отже, загальна структура екосистеми визначається просторовим, видовим та екологічним розмаїттям груп, що є обов'язковою умовою її існування.

### Які типи зв'язків між популяціями різних видів у екосистемах?

Склад і структура екосистем, їх стійкість і властивість змінюватися залежать від складних і різноманітних взаємозв'язків між популяціями різних видів. Виокремлюють такі основні типи зв'язків між популяціями різних видів у екосистемах:

- **прямі зв'язки** – безпосередньо пов'язують дві популяції (наприклад, хижак і здобич, паразит і хазяїн);
- **непрямі зв'язки** – популяція одного виду впливає на популяцію іншого опосередковано, через популяцію третього (наприклад, хижаки, поїдаючи здобич, впливають на популяції рослин);
- **трофічні зв'язки** – це зв'язки живлення (наприклад, хижак – здобич);
- **топічні зв'язки** – це просторові зв'язки (наприклад, орхідеї на стовбурах дерев);
- **фабричні зв'язки** – це зв'язки, пов'язані з наданням середовища чи притулку (наприклад, дятел робить дупла в стовбурі дерев, зелені водорості живуть у шерсті лінівців);
- **форичні зв'язки** – це зв'язки, пов'язані з перенесенням особинами одних видів особин іншого виду (наприклад, перенесення насіння й плодів рослин, яким властва зоохорія);
- **антibiотичні взаємозв'язки** (хижакство, конкуренція, виїдання) – кожна із взаємодіючих популяцій різних видів відчуває негативний вплив іншої;
- **нейтральні взаємозв'язки** – існування на спільній території популяцій різних видів не спричиняє для кожної із них жодних наслідків (наприклад, хижаки різних видів);
- **симбіотичні взаємозв'язки** (мутуалізм, коменсалізм, паразитизм) – усі форми співіснування організмів різних видів (наприклад, бульбочкові бактерії і бобові рослини).

Отже, складні й різноманітні взаємовідносини між популяціями різних видів є основою формування, існування й розвитку екосистем.



#### ДІЯЛЬНІСТЬ

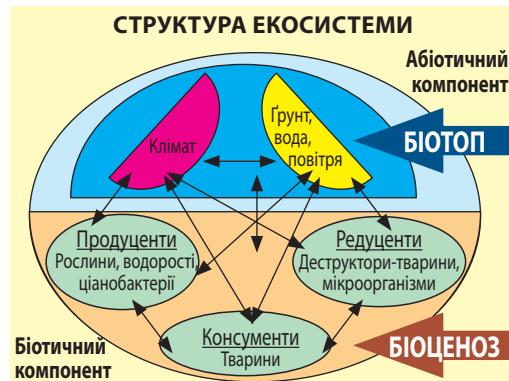
#### Проект

#### **Дослідження особливостей структури місцевих екосистем (природних або штучних)**

Виберіть для дослідження місцеву екосистему та підготуйте екологічний проект-презентацію за орієнтовним планом. Для більшої ефективності роботи зосередьте зусилля на окремих структурних компонентах екосистеми.

## Орієнтовний план проекту-презентації

1. Тема дослідження, автор виконання, науковий керівник
2. Об'єкт дослідження
3. Предмет та основні завдання дослідження
4. Робоча гіпотеза
5. Методи дослідження
6. Результати дослідження
7. Висновки
8. Використана література



## Біологія + Біорізноманіття. Мурашник як екосистема

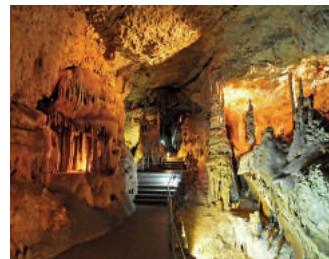
У тайзі, соснових борах, густих листяних і змішаних лісах коричневі або сірі, округлі або гостроверхі мурашники є ознакою здорового лісу. Із майже 70 видів мурах, які мешкають на території України, найпоширенішим і найбільш корисними для лісу є мурахи з роду *Formica*, серед яких **руда лісова мураха** (*Formica rufa*). Чому мурашники є екосистемами?



## СТАВЛЕННЯ

## Біологія + Біоспелеологія. Печерні екосистеми

До найвідоміших печер України належать Оптимістична печера в Тернопільській області як найдовша у світі гіпсова печера з довжиною ходів понад 260 км, Солдатська печера в Криму як найглибша печера України, Кришталева печера на Тернопільщині та печера Атлантида в Хмельницькій області як найгарніші печери. А які особливості й характеристики печерних екосистем?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що вивчає екосистемологія? 2. Наведіть приклади екосистем. 3. Що таке структура екосистеми? 4. Назвіть основні компоненти екосистем. 5. Назвіть основні властивості екосистем.
7 – 9	7. Що є об'єктом дослідження екосистемології? 8. Які особливості структурної організації екосистем? 9. У чому суть основних властивостей та функцій екосистем?
10 – 12	10. На конкретному прикладі опишіть властивості й характеристики екосистем.

*В усіх галузях природи панують певні закономірності, незалежні від людини.*

*Макс Планк*

## § 40. ЕКОСИСТЕМИ, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Основні поняття й ключові терміни: ФУНКЦІОNUВАННЯ ЕКОСИСТЕМ.**

**Ланцюги живлення. Трофічні мережі.**

**Пригадайте!** Що таке екосистеми?



### Поміркуйте!

Екосистемами є й біосфера, й окремий ліс, і окрема калюжа, й оброслий мохом пеньок, тобто як за розмірами, так і за складом екосистеми дуже різні. А чи різними вони будуть за функціонуванням? Що є спільного й відмінного у функціонуванні карпатського пралісу й пенька?



### ЗМІСТ

**Які функції, властивості та ознаки є спільними для екосистем?**

**ФУНКЦІОNUВАННЯ ЕКОСИСТЕМІ** – це сукупність екологічних процесів, що завдяки внутрішнім і зовнішнім екологічним зв'язкам забезпечують існування та розвиток екосистеми в часі. Процеси зв'язування, перетворення й накопичення сонячної енергії, поглинання й передача поживних речовин ланцюгами живлення, нагромадження й вивітрювання гірських порід – ці та багато інших важливих для біосфери явищ відбуваються в конкретних екосистемах. І саме у функціонуванні екосистем проявляється їхня головна еволюційно вихідна спільна функція – *засвоєння, перетворення й передача речовин, енергії та інформації*.

Функціонування екосистем відбувається завдяки структурним внутрішнім зв'язкам між компонентами та зовнішнім зв'язкам між екосистемами. Усім екосистемам притаманні й спільні властивості, а саме:

- *цілісність* – властивість, що забезпечується тісними зв'язками організмів між собою та середовищем існування; спільним і загальним інтегруючим чинником екосистем, що об'єднує їхні складники в єдину систему, є потік речовин, енергії та інформації;
- *стійкість* – властивість, що є результатом тривалої та глибокої коеволюції живих організмів та їх усталених відносин з компонентами неживої природи;
- *саморегуляція* – властивість відновлювати динамічну рівновагу, що проявляється в коливаннях кількісних та якісних показників біопродуктивності, способів і швидкості біогенного кругообігу речовин і потоків енергії навколо певних оптимальних значень (наприклад, масове розмноження гризунів призводить до збільшення чисельності хижаків і паразитів, які зменшують чисельність популяції, а це веде до зменшення популяції хижаків, і динамічна рівновага в біоценозі відновлюється);
- *самоорганізація системи* – це властивість екосистеми впорядковувати внутрішню структуру і функціонування, що забезпечується механізмами саморегуляції. Спільними ознаками екосистем, що зазвичай використовують для її екологічної характеристики, є:

- видова різноманітність і склад живих організмів;*
- структурата екосистеми, тобто співвідношення в екосистемі різних груп організмів;*
- біологічна продуктивність, що оцінюється за розмірами первинної та вторинної біомаси;*
- ланцюги живлення та розгалуженість трофічної мережі, що забезпечують потік енергії через екосистему та швидкість кругообігу речовин;*
- мінералізація органічних решток.*

Отже, екосистеми, незважаючи на свою різноманітність, мають подібні структуру, функції, властивості й ознаки, що визначаються їх походженням та еволюційним призначенням.

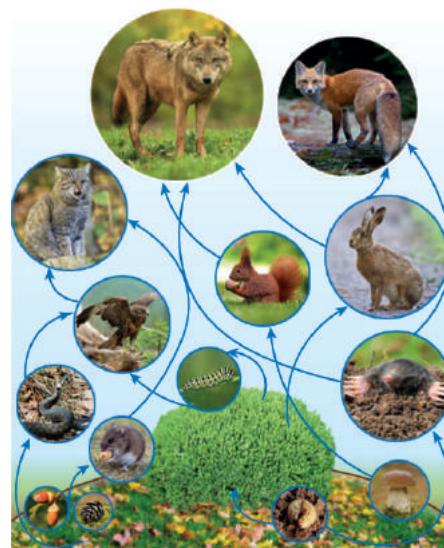
### Як організовується потік речовин, енергії та інформації в екосистемі?

Всередині екосистеми обмін речовин та енергії здійснюється завдяки діяльності продуцентів, консументів і редуцентів, пов'язаних між собою найрізноманітнішими зв'язками, визначальними серед яких є **трофічні**. Наприклад, у лісі гусінь споживає листя, їх поїдають синиці, на яких полює яструб. Така послідовність називається ланцюгом живлення, а кожна його ланка – трофічним рівнем. **Ланцюг живлення** (харчовий ланцюг) – це послідовний ряд живих організмів, пов'язаних харчовими зв'язками, який відображає передачу речовини та енергії в екосистемі. Першою ланкою більшості ланцюгів живлення є **продуценти**, якими є автотрофні організми. Наступні ланки трофічних ланцюгів посідають гетеротрофні **консументи**: рослиноїдні, м'ясоїдні та всеїдні тварини. Рештки організмів ще містять органічні речовини й енергію, тому можуть бути використані **редуцентами**. Це сапротрофні бактерії, гриби й тварини.

За джерелом надходження енергії до консументів ланцюги живлення поділяють на пасовищні та детритні. **Пасовищні** (або ланцюги виїдання) – це ланцюги, які починаються із зелених рослин і завершуються редуцентами (наприклад, трава – зелений коник – ящірка – яструб). **Детритні** (або ланцюги розщеплення) – це ланцюги, які починаються з мертвової органічної речовини (решток) і продовжуються безпосередньо редуцентами (наприклад, опале листя – дощовий черв'як – кріт – лисиця) (іл. 66).



Іл. 66. Ланцюги живлення:  
1 – пасовищний; 2 – детритний



Іл. 67. Трофічна мережа широколистого лісу

У будь-якій екосистемі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а формують **трофічну мережу** (іл. 67).

Отже, функціонування екосистем забезпечується трофічними зв'язками, що поєднують продуцентів, консументів й редуцентів у ланцюги й мережі живлення.

### **Які закономірності функціонування екосистем?**

Усім екосистемам властиві закономірності функціонування, серед яких відмінно правило екологічної піраміди, закон односпрямованості потоку енергії та закон внутрішньої динамічної рівноваги.

Екосистеми існують завдяки закономірно організованому співвідношенню *первинної* (біомаса, створена за одиницю часу автотрофними організмами) і *вторинної* (біомаса, створена за одиницю часу гетеротрофними організмами) *біопродукції*, що дістало назву **правила екологічної піраміди** (закон піраміди енергії Р. Ліндемана, (1942):

*екологічна ефективність кожної наступної ланки приблизно в 10 разів менша від попередньої внаслідок втрат енергії на кожному трофічному рівні.*

Графічно це правило можна зобразити у вигляді піраміди, складеної з окремих блоків. Кожен із цих блоків відповідає продуктивності організмів на певному трофічному рівні ланцюга живлення. Отже, **екологічна піраміда** – це графічне відображення трофічної структури ланцюга живлення. Залежно від показника, покладеного в основу, є різні види екологічних пірамід: *піраміда чисел, піраміда біомаси та піраміда енергії*.

Загальну спрямованість енергетичних перетворень в екосистемах характеризує **закон односпрямованості потоку енергії**:

*енергія, що її отримує екосистема, передається в одному напрямку від продуцентів до консументів і редуцентів.*

Оскільки із зворотним потоком (від редуцентів до продуцентів) надходить мізерна кількість від вихідної енергії (не більш ніж 0,25 %), говорити про кругобіг енергії не можна. Ця закономірність ілюструє другий закон термодинаміки: будь-який вид енергії врешті-решт перетворюється на тепло.

Закономірність, що розкриває механізм екологічного балансу екосистем, називається **законом внутрішньої динамічної рівноваги екосистем** (закон Реймерса):

*речовини, енергія, інформація та динамічні якості природних екосистем перебувають у тісному взаємозв'язку, за якого зміна одного з показників неминуче призводить до змін інших за умови збереження загальних властивостей системи.*

Отже, подібність екосистем проявляється й підтверджується спільними закономірностями функціонування.



### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота на порівняння. Подібність й відмінність екосистем**

Порівняйте в робочому зошиті за допомогою таблиці наземну й водну природні екосистеми. Зробіть висновок про причини подібності та відмінностей водних і наземних екосистем.

Ознака	Озеро	Широколистий ліс
Просторова структура		
Видовий склад і структура		
Екологічна структура (довжина ланцюгів живлення й розгалуженість трофічної мережі)		
Біологічна продуктивність (середньорічна первинна продукція та біомаса)		
Мінералізація решток		
Саморегуляція		
Стійкість у часі		

## **Біологія + Географія. Екосистеми й біосфера**

### **Вічнозелені дощові тропічні ліси**

визначають енергетичний потенціал планети, оскільки мають найбільшу біомасу продуcentів і первинну продукцію. Загальною особливістю тропічного дощового лісу є надзвичайно велике розмаїття видів рослин і тварин. Де розташовані ці ліси? Які особливості функціонування та значення для біосфери?



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Хімія. ДДТ й екосистеми**

Ксенобіотики ю радіонукліди у трофічних ланцюгах є незмінними, і їхня концентрація у розрахунку на одиницю біомаси стає більшою. Цей ефект називається законом концентрування речовин у трофічних ланцюгах. Так, у ланцюгу живлення з 4-х ланок концентрація ДДТ (дусту) у тканинах рибоїдних птахів зростала в 1875 разів. Через те у списку стійких органічних забруднювачів (англ. *persistent organic pollutants*) ця речовина – на першому місці. Що таке ДДТ? Обґрунтуйте значення **закону концентрування речовин у трофічних ланцюгах** для практики господарювання людини в природних екосистемах.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке функціонування екосистем? 2. Назвіть ознаки й властивості екосистеми. 3. Що таке трофічні ланцюги? 4. Що таке трофічна мережа? 5. Назвіть основні закономірності функціонування екосистем. 6. Як відбувається потік енергії в екосистемах?
7 – 9	7. Які функції, властивості та характеристики екосистем? 8. Як відбувається обмін речовин, енергії та інформації в екосистемі? 9. Які закономірності функціонування екосистем?
10 – 12	10. На конкретному прикладі дайте характеристику функціонування екосистеми.

## § 41. ЕКОЛОГІЧНІ СУКЦЕСІЇ ЯК ПРОЦЕСИ САМОРОЗВИТКУ ЕКОСИСТЕМ

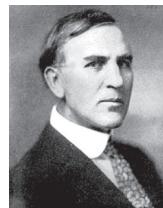
Основні поняття й ключові терміни: **ЕКОЛОГІЧНІ СУКЦЕСІЇ**.

Пригадайте! Що таке екосистеми?



### Знайомтеся!

Завдяки багаторічним дослідженням американський ботанік **Фредерік Едвард Клементс** (1874–1945) сформулював у 1916 р. концепцію рослинних сукцесій, що довела своє право на існування. На честь науковця названо цілий рід рослин з родини Товстянкових – рід Клементсія. На сьогодні теорія екологічних сукцесій є одним з найважливіших узагальнень в екології. У чому суть сучасного вчення про сукцесії?



### ЗМІСТ

#### Яке значення та етапи сукцесій?

**ЕКОЛОГІЧНІ СУКЦЕСІЇ** (від лат. *succesio* – наступність) – спрямовані послідовні зміни угруповань організмів на певній ділянці середовища, що призводять до відновлення або перетворення екосистем відповідно до природних умов. Послідовність екосистем, що змінюють одну одну в процесі сукцесії, називається **сукцесійною серією**, а окрема екосистема – **стадією сукцесії** (іл. 68).



Іл. 68. Приклади сукцесійних змін

Найзагальнішими етапами екологічних сукцесій є такі.

- Етап **первинного заселення**. Процес сукцесії починається із заселення лишайниками, нижчими грибами (первинні сукцесії) і рослинами (вторинні сукцесії). Згодом на цих ділянках формуються або відновлюються зооценози та мікробіоценози.
- Етап формування **піонерних угруповань** (угруповання організмів, які існують на початку сукцесії). Вони, як правило, нестійкі, із незначним видовим різноманіттям, нескладними ланцюгами живлення, слабкою мінералізацією решток тощо.
- Етап формування **проміжних угруповань**, які також є нестійкими, але в них збільшується видове різноманіття, розгалужуються трофічні мережі тощо.
- Етап формування **зрілих (клімаксних) екосистем** з високим ступенем стійкості, найбільшим біорізноманіттям, максимальною кількістю біомаси, збалансованістю процесів продукції й мінералізації.

Отже, постійні зміни середовища життя ведуть до сукцесій, кінцевою метою яких є досягнення стабільного стану.

### Які причини й типи сукцесій?

Причинами сукцесій можуть бути: зміни клімату, природні катаklізми (вулкані, землетруси, повені), діяльність людини. Важливе значення в сучасній еколо-гії надається біотичним чинниками: види організмів сукцесійного угруповання здатні змінювати умови існування інших видів. У більшості випадків рушійними чинниками змін і розвитку нестійких екосистем є незбалансованість кругообігу речовин і зменшення видового біорізноманіття.

Сукцесії бувають **повільними** (тривають упродовж тисячоліть і десятків тисяч років), **середніми** (упродовж століть) і **швидкими** (упродовж десятиліть). Залежно від причини виникнення сукцесії поділяють на два типи: 1) **ендогенні (авто-генні)** – відбуваються з внутрішніх причин (наприклад, утворення нових видів); 2) **екзогенні (алогенні)** – виникають під дією зовнішніх чинників (наприклад, за-солення, підтоплення, вселення чужорідних видів). Сукцесії можуть бути: **при-родними** (наприклад, виникають внаслідок підняття або опускання суходолу) й **антропогенними** (наприклад, внаслідок вирубування лісу, розорювання степу).

За особливостями формування сукцесії поділяють на первинні та вторинні. **Первинні сукцесії** – це поява і розвиток угруповань у місцях, де їх раніше не було (наприклад, розвиток екосистем на скельних породах, зсувах, відмілинах річок, вулканічних островах). **Вторинні сукцесії** – це відновлення природних угруповань після певних порушень (наприклад, відновлення лісів після пожеж або ви-рубування, степів – після розорювання).

Отже, екологічні сукцесії є механізмами появи, розвитку, самоорганізації та самовідновлення екосистем.

### Які закономірності сукцесій?

Знаючи динаміку змін основних параметрів екосистем, можна визначати їх стійкість до дії зовнішніх чинників, виявляти негативні тенденції у розвитку, ви-значати можливе антропогенне навантаження на екосистеми тощо.

Які ж основні закономірності сукцесій?

У 1884 р. французький хімік і фізик А. ле Шательє (1850 – 1936) сформулював закономірність (**принцип Ле Шательє**), згідно з якою будь-який зовнішній вплив, що виводить систему зі стану рівноваги, викликає в цій системі процеси, що намагаються послабити зовнішній вплив і повернути систему до початкового рівноважного стану.

Можливість переходу нестійкої екосистеми до сукцесійного стану визначається **законом одного відсотка**: зміна енергетики природної системи в межах 1 %, як правило, не виводить екосистему з рівноважного стану, і навпаки. Зміна потоку енергії у біогеоценозі більш ніж на 1 % як у бік зменшення, так і у бік збільшення виводить екосистему з клімаксу й переводить її в сукцесійний стан. При цьому через велику кількість чинників, що взаємодіють, здебільшого не можна передба-чене, якого характеру набуде сукцесія – прогресуючого або регресуючого.

Згідно з **правилом максимуму потоку енергії** сукцесія відбувається в на-прямі фундаментального зміщення потоку енергії в бік зростання її кількості з

метою підтримки системи. Сукцесії ведуть до зростання біорізноманіття, але лише до клімаксної стадії.

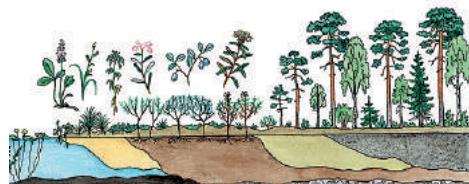
Отже, у зв'язку з тим, що екосистеми є динамічними, прогнозування їх стану й визначення закономірностей розвитку є важливим завданням екології.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### **Самостійна робота. Характеристика сукцесій**

Класичним прикладом сукцесії є заростання озера й перетворення його на болото, згодом – на луки й ліс. Схарактеризуйте цю сукцесію за планом: 1) етапи розвитку; 2) причини виникнення; 3) тип; 4) значення.



### **Біологія + Палеоекологія. Ліси та біологічна еволюція**

Серед усіх типів наземних екосистем найпоширенішими і найціннішими є ліси. На ілюстрації зображено найдавніший ліс (блізько 390 млн років), відтворений на основі викопних решток з околиць Гілбоа (Нью-Йорк, США). Ці перші ліси виникли в девоні палеозойської ери. Їх поява є однією з найважливіших еволюційних подій в історії Землі. Які дерева утворювали перші ліси? В яких напрямках відбувалися ці давні сукцесії?



## СТАВЛЕННЯ

### **Біологія + Казки. «Сезам, відкрийся!» та екологія**

Американський еколог В. Е. Шелфорд, автор закона толерантності, вжив цей вираз з арабської казки «Алі-Баба і сорок розбійників» у такому сенсі: «Концепція рослинних сукцесій є магічною фразою "Сезам, відкрийся!" для усієї прийдешньої науки, справжньою magna carta майбутньої перспективи». А що таке «сезам» у ботаніці, кулінарії, сільському господарстві? Поясніть значення закономірностей сукцесії для діяльності людини.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке екологічні сукцесії? 2. Наведіть приклади сукцесій. 3. Назвіть основні причини сукцесій. 4. Які сукцесії називають первинними й вторинними? 5. Назвіть закономірності сукцесій. 6. Назвіть галузі застосування знань про сукцесії.
7 – 9	7. Яке значення та етапи сукцесій? 8. Які причини й типи сукцесій? 9. Які закономірності сукцесій?
10 – 12	10. На конкретному прикладі поясніть закономірності формування сукцесій.

## § 42. АГРОЕКОСИСТЕМИ, ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ Й ФУНКЦІОNUВАННЯ

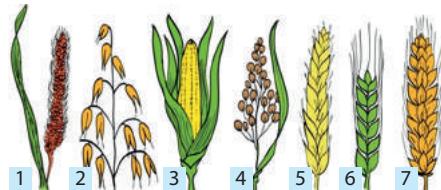
Основні поняття й ключові терміни: **АГРОЕКОСИСТЕМИ. Агроекологія. Альтернативне землеробство.**

**Пригадайте!** Що таке штучні екосистеми?



### Вступна вправа

У світі масово вирощують лише 90 видів рослин, а основну масу рослинних харчових продуктів дають не більш ніж 20 видів, 14 з них належать до двох родин – злакових і бобових. До хлібних злакових людства належать лише 7 культур. Це пшениця, рис, кукурудза, жито, а також ячмінь, овес і просо, що й утворюють переважну більшість агроекосистем. А чим агроекосистеми відрізняються від природних екосистем?



### ЗМІСТ

#### Які особливості структури й функціонування агроекосистем?

**АГРОЕКОСИСТЕМИ** – це штучні екосистеми, створені людиною для отримання сільськогосподарської продукції. Це поля, штучні пасовища, городи, сади, виноградники, ягідники, квітники, лісопаркові смуги (іл. 69). Відповідно до законів загальної екології агроекосистеми нестабільні. Стабільноті, що так необхідна для господарської стійкості агроекосистем, досягають іншим шляхом – вкладенням додаткової антропогенної енергії. І що простіша агроекосистема, то більше вона вимагає такої енергії у вигляді праці, внесення добрив, пестицидів та ін.

Агроекосистеми порівняно з природними екосистемами відрізняються значним спрощенням структури та функціонування. Однієї з визначальних особливостей штучних екосистем є переважання одного або декількох домінантних видів організмів (монокультури), що позначається на довжині трофічних ланцюгів, складності трофічних мереж тощо. У таких екосистемах діє переважно штучний добір. У цілому для агроекосистем характерні такі особливості: постійне вилучення з агроекосистем органічної речовини, залежність існування від діяльності людини, переважання рослин і тварин, які є продуктом селекційної діяльності, низьке видове різноманіття, розімкненість біохімічних циклів та ін.

Агроекосистеми існують не ізольовано від загального природного середовища. Вони зазнають впливу природних екосистем і неорганічного середовища



Іл. 69. Пшеничне поле як приклад агроекосистеми

Землі. Створюючи штучні екосистеми, людина має розуміти їхні особливості та організовувати ландшафти таким чином, щоб не порушувалась стабільність природних великих екосистем.

Отже, агроекосистеми мають ті самі структури, умови існування, що й екосистеми, але позбавлені таких властивостей, як стабільність і стійкість у часі.

### **Які основні екологічні проблеми сучасного землеробства?**

**Агроекологія** – розділ екології, що вивчає взаємини організмів з чинниками довкілля у процесі сільськогосподарського виробництва. Найважливіше завдання цього розділу – розроблення методів, які забезпечили б високу продуктивність угідь та отримання екологічно чистої продукції з найменшими затратами енергії.

Традиційне сільське господарство ґрунтуються на принципах інтенсифікації, головними компонентами якого є: використання добрив, широке застосування пестицидів, зрошення, застосування інтенсивних сортів, індустріальні технології та ін.

Основними екологічними проблемами сучасного землеробства є:

- **спустелювання земель** – деградація земель у посушливих ділянках земної поверхні, що відбувається під дією природних (zmіни клімату, водний дефіцит) або антропічних (надмірне випасання, вирубування лісів, будівництво доріг тощо) чинників;
- **ерозія ґрунту** – процес руйнування й знищення ґрутового покриву під дією води (водяна ерозія), вітру (вітрова еrozія), перевипасу, тобто надмірного випасання (пасовищна еrozія), зрошення (іригаційна еrozія), промислової діяльності (техногенна еrozія);
- **засолення ґрунту** – накопичення в його верхніх шарах солі, що виникає під дією ґрутових і поверхневих вод, надмірного поливу, надмірного зрошення;
- **підтоплення та заболочування** – збільшення вмісту води в ґрунті внаслідок зміни гідрологічного режиму території;
- **забруднення ґрунтів** – надходження й накопичення в ґрунті сполук важких металів, пестицидів, радіонуклідів, що позначаються на родючості ґрунтів й здоров'ї людини;
- **виснаження ґрунту** – збіднення ґрунтів на вміст гумусу (дегуміфікація), Кальцію (декальцінація) та інших елементів живлення рослин;
- **забур'яненість угідь** – поширення аборигенних (щириця звичайна, осот польовий рожевий), інвазійних (галінсога дрібноквіткова, амброзія полинолиста), стійких до гербіцидів (лобода біла, березка польова) видів бур'янів, що знижує врожайність і якість продукції, є причинами отруєння тварин і захворювань людей, поширення паразитів рослин.

Отже, агроекологія має стати обов'язковим складником сучасного енергозбережувального, малозатратного й ґрунтозахисного землеробства.

### **Які шляхи підвищення продуктивності агроекосистем?**

Основою сучасного землеробства мають стати закони екології та екологічно обґрунтовані заходи.

**Фітомеліорація.** Для підвищення продуктивності агроекосистем здійснюють осушення і зрошування ґрунтів, проводять боротьбу з ерозією (зміцнення схилів, створення лісосмуг, залугування кoliшніх торф'яніків тощо) за допомогою рослин.

**Сівозміна.** Це процес чергування культур на тому самому полі упродовж тривалого часу. Найважливіша умова застосування сівозмін – це розміщення сільськогосподарських культур по кращих попередниках (наприклад, кращими попередниками кукурудзи є зернобобові, які збагачують ґрунт азотом, а також картопля). Перспективним напрямом є розроблення методів сумісного вирощування двох або декількох культур на одній ділянці.

**Застосування сидератів** (зелених добрив). Це ті рослини (редька, гірчиця, лупин, овес, горошок), що їх тимчасово вирощують на вільних ділянках ґрунту з метою поліпшення структури ґрунту, збагачення азотом та пригнічення росту бур'янів.

**Безвідвалину оранку ґрунту** рекомендується почергово замінювати традиційною. Такий спосіб обробітку захищає ґрунт від еrozії. З метою збереження родючості земель дію цього заходу треба мінімізувати, щоб важка техніка не руйнувала його структуру.

**Нові технології вирощування сільськогосподарських рослин і товарин.** Сьогодні в світі впроваджують кілька напрямів **альтернативного землеробства**: органічне землеробство, біодинамічне землеробство, біоінтенсивне міні-землеробство, малозатратне стало землеробство, екологічне землеробство, пермакультура. Все більше застосовують контурне землеробство (формування полів відповідно до контурів певного типу ґрунтів), **адаптивне рослинництво** (управління ростом і розвитком культурних рослин на основі інформації про стан рослин у кожний даний момент), органічне землеробство (з повною відмовою від мінеральних добрив, отрутохімікатів).

**Застосування закритих або краплинних зрошувальних систем.** В овочництві й квітникарстві широко використовують теплиці, парники і методи вирощування овочів без ґрунту – **гідропоніку** (як субстрат використовують гравій, зрошуваний розчинами солей) та **аеропоніку** (коріння періодично обприскують розчинами мінеральних солей).

Ще одним заходом стабілізації сільськогосподарських угідь є широке **впровадження біологічних методів боротьби** зі шкідниками, хворобами та бур'янами.

Отже, спираючись на закони екології, можна розв'язувати екологічні проблеми сучасного сільського господарства.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Завдання на порівняння

Порівняйте за допомогою таблиці в робочому зошиті природні екосистеми та агроекосистеми. Сформулюйте висновок про їхню стійкість у часі.

Ознака	Природні екосистеми	Агроекосистеми
Тип екосистем (за стійкістю)		
Причини виникнення		

Ознака	Природні екосистеми	Агроекосистеми
Видове біорізноманіття		
Кругообіг речовин		
Трофічні ланцюги й мережі		
Ступінь біопродуктивності		
Саморегуляція		
Джерело енергії		
Кругообіг речовин і потік енергії		
Панівна форма добору		

### **Біологія + Суспільство. Зелена революція й сільське господарство**

«Зелена революція» – комплекс змін у сільському господарстві більшості країн світу, що привели до значного збільшення сільськогосподарської продукції. Ця аграрна революція включала в себе активне виведення більш продуктивних сортів рослин (здесь більшого пшениці, рису й кукурудзи), розширення іригації, застосування добрив, пестицидів, сучасної техніки. «Зелена революція» неоднозначно вплинула на агросферу багатьох країн і континентів. Оцініть значення «зеленої революції» для суспільства й на-вколишнього середовища.



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Дизайн. Пермакультура в присадибному господарстві**

Пермакультура (від англ. *permanent agriculture* – стало сільське господарство) – підхід до проектування сталих систем і система ведення сільського господарства з мінімальними затратами праці й без завдання шкоди довкіллю. Основа пермакультури – грамотне функціональне проектування (дизайн) компонентів, з яких будується конкретна стала система (город, присадибна ділянка, парк). Доведіть необхідність ведення сільського господарства в гармонії з природними процесами.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке агроекосистеми? 2. Наведіть приклад агроекосистем. 3. Що таке агроекологія? 4. Яке основне завдання агроекології? 5. Що таке альтернативне землеробство? 5. Наведіть приклади нових технологій альтернативного землеробства?
7 – 9	7. Які особливості структури й функціонування агроекосистем? 8. Які основні екологічні проблеми сучасного землеробства? 9. Які шляхи підвищення продуктивності агроекосистем?
10 – 12	10. Доведіть необхідність ведення сільського господарства в гармонії з природними процесами.

*Біосфера являє собою оболонку життя – область існування живої речовини.  
В. І. Вернадський*

## **§ 43. БІОСФЕРА ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОСИСТЕМА, ЇЇ СТРУКТУРА ТА МЕЖІ**

**Основні поняття й ключові терміни: БІОСФЕРА. ПОТІК ЕНЕРГІЇ У БІОСФЕРІ. Жива речовина.**

**Пригадайте!** Що таке біосфера?



### **Поміркуйте!**

**В. І. Вернадський** дуже багато зробив для відродження України. Він був першим президентом Академії наук, його ім'ям названо Національну бібліотеку України. На думку вченого, неминучим є єдино правильний підхід до біосфери як до цілісної глобальної екосистеми. Цікаво, чому?



### **ЗМІСТ**

**Які структура, межі та особливості біосфери як глобальної екосистеми?**

**БІОСФЕРА** – особлива оболонка Землі, населена живими істотами. Дослідженнями біосфери займається **біосферологія**.

**Структура біосфери** включає абіотичний та біотичний компоненти, що пов'язані біологічною міграцією хімічних елементів і речовин. Біосфера охоплює три геологічні оболонки – літосферу, атмосферу та гідросферу. Структурними елементами біосфери є 7 типів речовини: 1) **жива** (сукупність усіх організмів на Землі); 2) **біогенна** (речовина, що утворена й перероблювана організмами (угілля, нафта, кисень атмосфери тощо)); 3) **косна** (абіотична речовина, що утворена без участі живого, тобто лава, попіл вулканів); 4) **біокосна** (біогенно-абіотична речовина, продукти розкладу і переробки косної речовини організмами, тобто ґрунт); 5) **радіоактивна**; 6) **космічна**; 7) **розсіяні атоми**.

**Межами біосфери** є нижні шари атмосфери до висоти близько 11 км, вся гідросфера і верхній шар літосфери до глибини 3–11 км.

Біосфера – це найбільша цілісна глобальна екосистема, якій притаманні фундаментальні властивості біосистем. До них належать відкритість, цілісність, саморегуляція. Однак біосфера має й специфічні (емерджентні) властивості. Це передусім її високий рівень самоорганізації, що забезпечує надзвичайну стабільність і стійкість у часі й просторі. Okрім того, фахівці зазначають ще й такі особливості:

- унікальність, незамінність і неповторність;
- практично безмежна тривалість існування;
- безмежно великий запас генетичної інформації, що накопичувалася впродовж мільярдів років, внаслідок чого ця інформація є практично невичерпною;
- найдосконаліші механізми саморегуляції та захисту від руйнівного зовнішнього впливу;

- величезні запаси вільної енергії, причому не лише тієї, що є вільною енергією сучасних підпорядкованих їй екосистем, а й енергії, накопиченої екосистемами минулих епох;
- величезне біорізноманіття підпорядкованих їй біологічних систем – організмів, видів, екосистем.

Отже, біосфера є найвищою та найскладнішою біологічною системою Землі.

### **Яка основна функція біосфери?**

**ПОТІК ЕНЕРГІЇ У БІОСФЕРІ** – надходження енергії Сонця до поверхні Землі, засвоєння її у процесі фотосинтезу рослинами, трансформація й перерозподіл у ланцюгах живлення й геологічних оболонках і розсіювання у світовому просторі. Біосфера – це відкрита термодинамічна система, що одержує енергію у вигляді світлової енергії Сонця й теплової енергії процесів радіоактивного розпаду речовин у земній корі та ядрі планети. Радіоактивна енергія, частка якої в енергетичному балансі планети була значною на першій і другій фазах еволюції Землі, нині не відіграє помітної ролі в житті біосфери. Основне джерело енергії сьогодні – це сонячне випромінювання. Більша частина цієї енергії відбувається від хмар, пилу й земної поверхні (близько 34 %), нагріває атмосферу, літосферу й Світовий океан, після чого розсіюється в космічному просторі у вигляді інфрачервоного випромінювання (42 %), витрачається на випаровування води й утворення хмар (23 %), на переміщення повітряних мас – утворення вітру (близько 0,1 %). І лише близько 1% сонячної енергії, що потрапляє на Землю, вловлюється продуцентами – вищими рослинами, водоростями та фототрофними бактеріями – й запасається в процесі фотосинтезу у вигляді енергії хімічних зв'язків органічних сполук.

Ця зв'язана енергія далі використовується консументами й редуцентами в ланцюгах живлення. Завдяки їм біосфера виконує свою основну функцію – концентрує, трансформує, акумулює й перерозподіляє хімічні елементи в земній корі. Діяльність живої речовини супроводжується розсіюванням акумульованої сонячної енергії у вигляді тепла.

*Енергетичні ресурси в біосфері не лише створюються нині існуючими організмами, а й нагромаджувалися в минулі геологічні часи. Через те реальна енергетика біосфери визначається сукупним потенціалом Карбону та карбоновмісних сполук. Частка енергії первинних вуглеводів не потрапляє до ланцюгів живлення й консервується в осадових породах у вигляді торфу, вугілля, нафти та природного газу.*

Таким чином, в процесі роботи, що її здійснює біосфера, вловлена сонячна енергія трансформується й розсіюється. Ці два процеси підпорядковуються двом фундаментальним природним законам – першому та другому законам термодинаміки.

**Перший закон термодинаміки:** енергія не може бути ні народжена, ні знищена, вона може бути лише трансформована з однієї форми в іншу. Кількість енергії при цьому не змінюється.

**Другий закон термодинаміки:** будь-яка робота супроводжується трансформацією високоякісної енергії у тепло, що розсіюється в довкіллі й втрачається в просторі.

Отже, основна функція біосфери полягає в засвоєнні, накопиченні, трансформації та перерозподілі енергії.

## Які основні закономірності функціонування біосфери?

Живі організми концентрують, перерозподіляють хімічні елементи, синтезують з них і розщеплюють хімічні сполуки. У науці ця закономірність називається **першим законом Вернадського**, або **законом біогенної міграції хімічних елементів**: міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється або за безпосередньої участі живої речовини, або ж у середовищі, особливості якого зумовлені живою речовиною. **Жива речовина (біота)** – уся сукупність живих організмів на Землі. «Можна без перебільшення стверджувати, що стан планети, біосфера цілком перебуває під впливом життя і визначається живими організмами», – писав В. І. Вернадський. Якими ж є найзагальніші функції живої речовини в біосфері?

- **Газова** – вплив живих організмів на газовий склад атмосфери (наприклад, утворення кисню під час фотосинтезу, виділення вуглекислого газу під час дихання, зв'язування Нітрогену завдяки азотофіксації тощо).
- **Концентраційна** – поглинання живими організмами певних хімічних елементів і їх накопичення (наприклад, накопичення водоростями, молюсками Кальцію, діatomовими водоростями, хвощами, злаками – Силіцію, морськими водоростями – Йоду).
- **Окисно-відновна** – живі організми окиснюють та відновлюють певні сполуки (наприклад, залізо-, сіркобактерії перетворюють сполуки Феруму та Сульфуру);
- **Біохімічна** – синтез і розщеплення органічних сполук (білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот), яких у природі до появи живого не існувало.
- **Деструкційна** – розклад редуцентами органічних решток і косної речовини, руйнування гірських порід унаслідок життєдіяльності організмів (наприклад, біологічне вивітрювання за участі лишайників).
- **Середовищеутворювальна** – зміна умов існування організмів завдяки діяльності живого (наприклад, ґрунтоутворення, самоочищення водойм).

**Другий закон В. І. Вернадського**, або **закон константності**: кількість живої речовини за певний час є сталою величиною. Відповідно до цього закону збільшення кількості живої речовини в одній частині біосфери супроводжується її зменшенням в іншій. Це наслідок вселенського закону збереження речовини, а отже, енергії та інформації. Справа у тому, підкresлює В. І. Вернадський, що «у складі біосфери в межах живої речовини відбуваються лише перегрупування хімічних елементів, а не докорінні зміни їх загального складу й кількості».

**Третій закон В. І. Вернадського, закон єдності живої речовини**: усе живе має спільну фізичну, хімічну основу, тобто основою живих систем є однакові хімічні, біохімічні, фізичні процеси, що зумовлені загальними законами хімії, фізики, і діють вони незалежно від стану системи – живої або неживої.

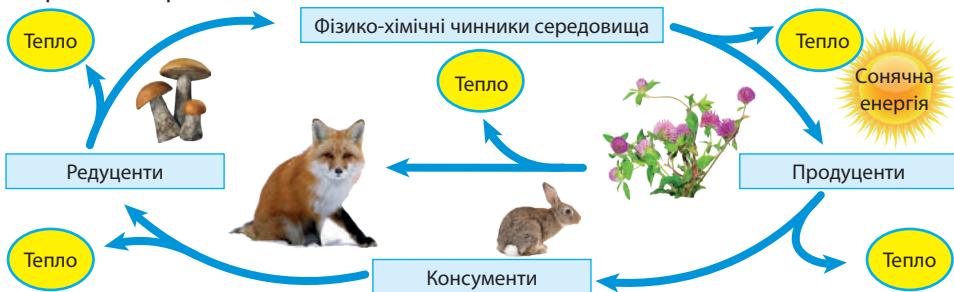
Отже, функціонування біосфери як глобальної екосистеми відбувається за певними екологічними закономірностями.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

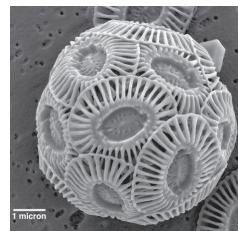
### Самостійна робота з ілюстраціями. Потік енергії у біосфері

Розгляньте загальну схему перетворення енергії в екосистемах. Застосуйте знання законів термодинаміки та схарактеризуйте характер біологічного перетворення енергії.



### Біологія + Геохімія. Коколітофориди й біосфера

Науковці встановили, що 70–80 % усієї маси крейди, якою пишуть вчителі й учні на дощці, припадає на вапнякові утвори одноклітинних джгутикових водоростей – коколітофорид. Ці організми становлять переважну частину (до 98 %) нанопланктону, концентрують Кальцій, а їх вапнякові скелети часто використовують для визначення віку гірських порід. За допомогою цих організмів доведеть справедливість першого закону Вернадського.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Екологія людини. Проект «Біосфера-2»

На початку 1990-х в американській пустелі Аризона було впроваджено масштабний екологічний проект, що отримав назву «Біосфера-2» («Біосфера-1» – це наша планета Земля). Ця штучно створена замкнена біосфера була першою масштабною спробою моделювання процесів, що відбуваються в природних екосистемах Землі. Науковці були впевнені, що мають усі необхідні знання для моделювання біосфери, але виявилось, що не все так просто. Чому біосфера є глобальною екосистемою Землі і чому науковцям не вдалося створити її модель?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біосфера? 2. Назвіть частини та структурні компоненти біосфери. 3. Що таке потік енергії у біосфері? 4. Назвіть основне джерело енергії для біосфери. 5. Які функції живої речовини в біосфері? 6. Назвіть основні закони функціонування біосфери.
7 – 9	7. Які структура та межі біосфери? 8. Яка основна функція біосфери? 9. У чому суть основних закономірностей функціонування біосфери?
10 – 12	10. Чому біосфера є глобальною екосистемою Землі?

*В останні століття з'явився новий чинник, що збільшує кількість вільних хімічних елементів, переважно газів і металів, на земній поверхні. Людина.*  
В. І. Вернадський

## § 44. БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ІСНУВАННЯ БІОСФЕРИ

**Основні поняття й ключові терміни: БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ.**

**Пригадайте!** Що таке біологічний кругообіг речовин?



### Поміркуйте!

Вплив живої речовини на міграцію, розподіл, розсіювання та концентрацію хімічних елементів у земній корі, тобто геохімічні процеси біосфери, вивчає **біогеохімія**. Це наука, яку заснував В. І. Вернадський. Одним із напрямів досліджень цієї науки є біогеохімічні цикли в біосфері. А що відрізняє біогеохімічні цикли від циклічних перетворень у неживій природі?



### ЗМІСТ

#### Які особливості біогеохімічних циклів у біосфері?

Біосфера є глобальною екосистемою, єдність якої забезпечується переміщенням хімічних елементів і речовин у великому (геологічному) та малому (біологічному) кругообігу. Кругообіг речовин у біосфері має циклічний характер і для біогенних елементів здійснюється у вигляді біогеохімічних циклів.

**БІОГЕОХІМІЧНИЙ ЦИКЛ** (біогеоцикли) – це перетворення і переміщення хімічного елемента, що відбуваються за сумісної дії біотичних та абіотичних компонентів біосфери. Поняття «біогеохімічних циклів» увів у науку В. І. Вернадський у 1910 р. Рушійними силами цих циклів є потік енергії Сонця і частково енергія геологічних процесів, що відбуваються на планеті.

У біогеоциклах розрізняють дві частини: 1) **резервний фонд** – з більшою кількістю й масою речовини або елемента та повільнішим обміном; 2) **обмінний фонд** – з меншою часткою елемента (речовини), що швидко переміщуються по етапах циклу. Виокремлюють два основні типи біогеоциклів: 1) **цикли елементів з резервним фондом в атмосфері або гідросфері** (цикли Карбону, Нітрогену, Оксигену); 2) **цикли елементів з резервним фондом у літосфері** (осадові цикли Фосфору, Сульфуру, Кальцію, Калію, Феруму).

Біогеохімічні цикли є взаємодією сукупністю багатьох біотичних і абіотичних перетворень, що відбуваються в атмосфері, гідросфері й літосфері за участі живої речовини (складність). У біогеоциклах живі організми здійснюють газову, окисно-відновну, концентраційну та біохімічну функції. Біотичні перетворення стали обов'язковою умовою існування біогеохімічних циклів зокрема й біосфери загалом. Серед найважливіших циклів виокремлюють біогеохімічні цикли Карбону, Нітрогену, Гідрогену, Оксигену, Фосфору, Кальцію, Калію, Феруму та ін.

Упродовж тривалого еволюційного розвитку в складі біосфери біогеоцикли стали збалансованими й набули замкненості перетворень у межах обмінного фонду. Проте на сьогодні спостерігаються порушення біогеохімічних циклів у біосфері через діяльність людини. Основними причинами багатьох змін біогеоциклів є:

- вплив на резервний фонд речовин, що містять той чи інший біогенний елемент, пов'язаний з видобуванням і переробкою корисних копалин, спалюванням вугілля, нафти, торфу, природного газу, використанням добрив тощо;
- вплив на видове й екосистемне біорізноманіття, компоненти якого беруть участь у перетвореннях (наприклад, вирубування лісів веде до зміни ступеня фіксації Карбону);
- поява й включення в цикли штучних і чужорідних для біосфери речовин (наприклад, пласти мас), які надалі не можуть використовуватися продуcentами, розкладатися редуцентами. Накопичення таких відходів може стати причиною виникнення біохемічних циклів нового типу або ускладнення вже існуючих.

Отже, найзагальнішими особливостями біохемічних циклів є циклічність, складність, збалансованість, замкненість.

### Чому біохемічні цикли з резервним фондом в атмосфері або гідросфері є досконалішими?

Біохемічними циклами елементів з резервним фондом в атмосфері або гідросфері є цикли Карбону, Нітрогену, Оксигену. Ці біохемічні цикли є досконалішими тому, що здатні до швидкої саморегуляції. Основним депо для цих циклів є газуваті речовини атмосфери. Для ілюстрації розглянемо цикли Карбону й Нітрогену.

**Біохемічний цикл Карбону.** Карбон – це основа органічних речовин усіх живих організмів. Особливостями циклу Карбону є: 1) основне депо – газуватий  $\text{CO}_2$ , а основна доступна форма для організмів – органічні речовини й карбонати; 2) наявність резервного фонду у вигляді  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  в атмосфері та осадових (вапняки, крейда) і горючих (торф, вугілля, нафта) корисних копалин у літосфері; 3) основні біотичні перетворення пов'язані з фотосинтезом, диханням, біоакумуляцією та мінералізацією; 4) абіотичні перетворення відбуваються завдяки процесам розчинення, окиснення, горіння (іл. 70).

**Біохемічний цикл Нітрогену.** Нітроген – елемент, що входить до складу важливих нітрогеномісних органічних речовин (амінокислот, білків, нуклеїнових кислот). Основне депо й резервний фонд Нітрогену – це атмосферний азот, а основна доступна форма – нітрати. Біотичні перетворення здійснюються переважно мікроорганізмами в ґрунті. Нітроген стає доступним для живого в результаті **азотофіксації**, що здійснюють мутуалістичні бульбочкові бактерії й актиноміцети, вільноживучі азотофіксуючі бактерії, пурпурні сіркові бактерії й ціанобактерії. Розклад органічних сполук з утворенням амоніаку здійснюється амоніфікувальними бактеріями. Виділений внаслідок **амоніфікації**



Іл. 70. Біохемічний цикл Карбону



Іл. 71. Біохемічний цикл Нітрогену

амоніак розчиняється у ґрунтових водах і перетворюється на амоній  $\text{NH}_4^+$ . Амоніак і сполуки амоніаку здатні до біокatalітичного окиснення з утворенням нітратної і нітритної кислот, що їх використовують нітрифікувальні бактерії в процесі **нітрифікації**. Завдяки їхній діяльності в ґрунті утворюються нітрати і нітрати. Замикають цикл Нітрогену мікробіологічні процеси **денітрифікації**, які перетворюють нітрати й нітрати на молекулярний азот, що надходить в атмосферу. Абіотичні перетворення (абіотична фіксація за участі грозових розрядів, утворення й розчинення покладів селітри, окиснення) відбуваються в повітрі та ґрунті (іл. 71).

Отже, біогеохімічні цикли з резервним фондом в атмосфері або гідросфері є досконалішими завдяки великому обмінному фонду газуватих речовин в атмосфері, що й визначає їхній високий ступінь саморегуляції.

### Як відбуваються цикли елементів з резервним фондом у літосфері?

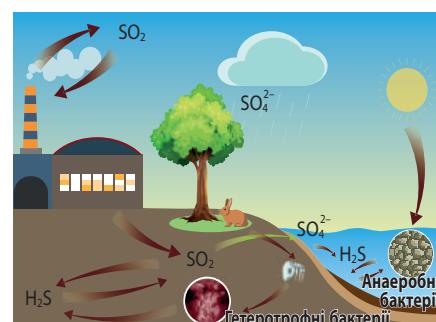
Ключовими біогеохімічними циклами цього типу є цикли Фосфору та Сульфуру. Ці осадові цикли є менш досконалими тому, що мають нижчий рівень саморегуляції. Причина полягає в тому, що основна маса речовин із вмістом цих елементів зосереджена в резервному фонді в малодоступній для живих організмів формі. Відповідно обмінний фонд містить меншу частину цих речовин, а за потреби надходження з резервного фонду відбувається повільно, через те такі цикли більш вразливі до порушень.

**Біогеохімічний цикл Фосфору.** Фосфор належить до макроелементів, що входять до складу нуклеїнових кислот, АТФ, багатьох білків, ліпідів. Основним депо Фосфору є гірські породи і мінерали, а доступною формою – фосфати. Після *вивітрювання* гірських порід Фосфор у доступній формі надходить до рослин внаслідок *мінерального живлення* й використовується для асиміляції органічних речовин, що передаються ланцюгами живлення. Після відмиріння організмів редуценти здійснюють мінералізацію й перетворюють Фосфор залишків на фосфати, що знову використовуються рослинами. Втрати Фосфору в циклі пов’язані з його внесенням в моря та океани й формуванням порід (іл. 72).

**Біогеохімічний цикл Сульфуру.** Сульфур є макроелементом, необхідним для синтезу сульфуровмісних амінокислот (метіоніну і цистеїну), вітаміну B<sub>1</sub> й деяких ферментів. У живленні рослин посідає третє місце після Нітрогену й Фосфору. Цей цикл включає перетворення, що відбуваються в усіх трьох оболонках –



Іл. 72. Біогеохімічний цикл Фосфору



Іл. 73. Біогеохімічний цикл Сульфуру

гідро-, літо- й атмосфері. Резервний фонд утворений Сульфуром осадових порід, мінералів, горючих копалин. Основною доступною формою для перетворень є сульфати й  $H_2S$ . У вигляді сульфат-іонів Сульфур поглинають рослини й фіксують його у складі органічних речовин. Через рослинну їжу Сульфур потрапляє до тварин. Основні біотичні перетворення здійснюються бактеріями: хемосинтезуючі аеробні сіркобактерії і fotosинтезуючі анаеробні пурпурні сіркобактерії використовують сірководень як джерело Гідрогену, сульфатовідновлювальні бактерії перетворюють сполуки Сульфуру на сульфати (знову використовуються рослинами) або  $H_2S$  (надходить в атмосферу). Сірководень й газуваті оксиди Сульфуру в атмосфері зазнають абиотичних перетворень з утворенням сульфатів, які з опадами потрапляють у ґрунт і Океан (іл. 73).

Отже, осадові біогеохімічні цикли з резервним фондом у літосфері є менш досконалими через невеликий обмінний фонд речовин у літосфері, що й визначає їхній невисокий ступінь саморегуляції.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Завдання на застосування знань

За допомогою таблиці схарактеризуйте ключові біогеохімічні цикли біосфери. Визначте подібність й відмінності між ними.

Назва	Цикл Карбону	Цикл Нітрогену	Цикл Фосфору	Цикл Сульфуру
Основне депо				
Основна доступна форма				
Резервний фонд				
Процеси біотичного перетворення				
Процеси абиотичного перетворення				
Ступінь саморегуляції				



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Екологія. Людина й біогеохімічний цикл Фосфору

Втрати Фосфору з біогеохімічних циклів пов'язані з винесенням його в моря та океани. Звідти назад на суходіл він може потрапити тільки через рибу або гуано. Цікаво, що через останнє виникла навіть т. зв. Тихоокеанська війна між Чилі та Перу й Болівією. Конфлікт виник через намагання Чилі захопити родовища гуано в пустелі Атакама. Що таке гуано? Які негативні наслідки впливу діяльності людини на біогеохімічний цикл Фосфору?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біогеохімічні цикли? 2. Назвіть два типи біогеохімічних циклів. 3. Наведіть приклади ключових біогеоциклів. 4. Назвіть причини порушення біогеоциклів. 5. Яка основна особливість біогеоциклів Карбону й Нітрогену? 6. Яка особливість біогеоциклів Фосфору й Сульфуру?
7 – 9	7. Які особливості біогеохімічних циклів у біосфері? 8. Чому біогеоцикли з резервним фондом в атмосфері або гідросфері є досконалішими? 9. Як відбуваються цикли елементів з резервним фондом у літосфері?
10 – 12	10. Які негативні наслідки впливу діяльності людини на біогеохімічні цикли?

*З появою на нашій планеті обдарованої розумом живої істоти планета переходить у нову стадію своєї історії.*  
*В. І. Вернадський*

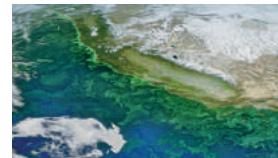
## § 45. ВЧЕННЯ В. І. ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ ТА НООСФЕРУ

**Основні поняття й ключові терміни:** **ВЧЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ. НООСФЕРА.**  
**Пригадайте!** Що таке біосфера?



### Поміркуйте!

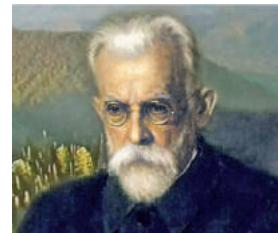
У 2015 р. побережжя США вразила своєрідна «епідемія зомбі» – спалах чисельності водоростей, які виробляють велику кількість нейротоксину (домовоєвої кислоти, т. зв. кислоти зомбі). Ця сполука накопичується в тілі риб або молюсків, а після їхнього поїдання птахами, ссавцями й людьми викликає у них галюцинації, спазми і масову смерть. Згодом цвітіння води припинилося, але подібні явища повторюються в інших місцях. Після декількох років досліджень науковці зрозуміли, що причиною масового розмноження водоростей є прогрівання води й азотні добрива. Яке значення для розуміння таких явищ має вчення про біосферу?



### ЗМІСТ

### У чому суть вчення про біосферу?

**ВЧЕННЯ ПРО БІОСФЕРУ** – це наукове узагальнення принципів організації, властивостей й розвитку біосфери як глобальної екосистеми і пояснення найважливішої ролі, яку виконала і виконує жива речовина на планеті. Основні ідеї про біосферу В. І. Вернадський сформулював у своїй найвідомішій праці «Біосфера» (1926). У подальшому вчення набуло розвитку в багатьох його наукових працях, серед яких «Жива речовина і біосфера», «Хімічна будова біосфери Землі і її оточення», «Наукова думка як планетарне явище» та ін.



В. І. Вернадський  
(1863–1945) – геніальний вітчизняний учений

Які ж саме положення вчення В. І. Вернадського про біосферу є особливо актуальними в сучасних умовах, коли техногенний вплив людини на природу досягнув чималих масштабів?

1. Цілісність біосфери визначається самовпорядкованістю усіх її процесів. Земні закони руху атомів, перетворення енергії... забезпечують самоорганізацію біосфери. Сонце як основне джерело енергії біосфери регулює життєві процеси на Землі. Окрім того, згідно із сучасними дослідженнями цілісність біосфери, її стабільність і високу надійність функціонування після внесених у неї збурень регулюють і найрізноманітніші механізми біотичної регуляції. Так, М. В. Тимофєєв-Ресовський писав: «...Біосфера землі – величезна жива фабрика, що перетворює енергію й речовини на Землі – формує і склад атмосфери, і склад розчинів, і через атмосферу – енергетику нашої планети. Вона ж впливає і на клімат».

2. Жива речовина біосфери з найдавніших геологічних часів активно трансформує сонячну енергію в енергію хімічних зв'язків складних органічних речовин. При цьому сутність живого не змінюється, змінюються лише форми існування живої речовини.
3. Що дрібніші організми, то з більшою швидкістю вони розмножуються. Швидкість розмноження залежить від щільності живої речовини.
4. Автотрофні організми отримують всі необхідні для життя речовини з навколошнього середовища. Для життя гетеротрофів необхідні готові органічні сполуки. Поширення фотосинтезуючих організмів обмежується можливістю проникнення сонячної енергії.
5. Активна трансформація живою речовиною космічної енергії супроводжується прагненням до максимальної експансії, прагненням до заповнення всього можливого простору. Цей процес називається «тиском життя».
6. У земній корі відбуваються постійні перетворення речовин, рух атомів і молекул. Закономірності такого переміщення В. І. Вернадський сформулював у вигляді двох біогеохімічних принципів, які називають біосферними постулатами.
  - *Біогенна міграція атомів хімічних елементів у біосфері завжди прагне до максимального свого прояву.*
  - *Еволюція видів у ході геологічного часу, що призводить до створення форм життя, стійких у біосфері, відбувається в напрямку, що збільшує біогенну міграцію атомів біосфери.*
7. Поширення життя на нашій планеті визначається полем стійкості зелених рослин. Максимальне поле життя обмежується крайніми межами виживання організмів, яке залежить від стійкості біохімічних речовин живого до умов середовища.
8. На сучасному рівні розвитку людської цивілізації вона неминуче перетворюється в ноосферу, тобто в сферу, де найважливішу роль у розвитку природи відіграє розум людини (**закон ноосфери Вернадського, 1944**).

Отже, єдино правильним є підхід до біосфери як до цілісної глобальної екологічної системи з певною структурою, особливостями формування, розвитку та механізмами саморегуляції, що забезпечують її стійкість і стабільність.

### **Які ознаки виникнення ноосфери?**

Основні ідеї Вернадського про ноосферу викладено в його визначній монографії «Наукова думка як планетне явище» та у статті «Декілька слів про ноосферу». В останній він пише: «Людство, взяте в цілому, стає могутньою геологічною силою. І перед ним, перед його думкою та працею постає питання про перебудову біосфери в інтересах вільно думаючого людства як єдиного цілого».

**НООСФЕРА** – стан біосфери, за якого визначальним чинником стає розумова діяльність і праця людини, а характерною рисою – екологізація всіх сфер життя. Поняття ноосфери як оточуючої земну кулю «розумної» оболонки ввели на початку ХХ ст. французькі вчені П. Тейяр де Шарден і Е. Леруа. Заслуга В. І. Вернадського полягає в тому, що він надав цьому терміну наукового змісту. Ноосфера – це такий стан біосфери, за якого мають виявится розум і спрямована ним праця людини як нова, небувала на планеті, геологічна сила. «Розум вводить у механізм земної кори нові потужні процеси, аналогічних яким до появи людини не було», – писав В. І. Вернадський.

На думку В. І. Вернадського, основними передумовами формування ноосфери є такі.

1. Людство стало єдиним цілим. Світова історія охопила як єдине ціле всю земну кулю.
2. Перетворення засобів зв'язку та обміну. Ноосфера – це єдине організоване ціле, всі частини якого на різноманітних рівнях гармонічно пов'язані, діють погоджено один з одним.
3. Відкриття нових джерел енергії. Створення ноосфери передбачає настільки корінне перетворення людиною природи, що їй ніяк не обійтися без колosalної кількості енергії.
4. Поліпшення добробуту людей. Ноосфера створюється разумом і працею людей.
5. Рівність всіх людей. Ноосфера не може бути привілеєм якої-небудь однієї нації або раси.

Очевидно, що ноосфера в просторі значною мірою перекривається біосфорою, але не тотожна їй. Темпи розвитку ноосфери незрівнянно вищі від темпів змін біосфери.

Отже, ноосфера – це біосфера на сучасному етапі її розвитку.

### **Яке значення вчення Вернадського для уникнення глобальної екологічної кризи?**

Наприкінці ХХ ст. людство почало відчувати наближення глобальної екологічної кризи, що на відміну від попередніх криз, охопила всю планету. До розвитку глобальної сучасної екологічної кризи призвели: *рост кількості населення Землі, промислово-енергетичний чинник, занепад духовності, низька екологічна культура*.

Ознаками екологічної кризи є:

- 1) прискорене виснаження відновлюваних і вичерпання невідновлюваних природних ресурсів;
- 2) локальне забруднення компонентів біосфери випереджає їх можливості природного самоочищення, внаслідок чого перетворені й змінені місця існування стають непридатними для життя;
- 3) порушення біогеохімічних циклів й функцій живої речовини внаслідок втрати біорізноманіття й появи стійких ксенобіотиків.

Віра В. І. Вернадського в здатність людини, людської цивілізації екологічно безпечно користуватись природними ресурсами, науково обґрунтовано ставиться до природи і поступово вдосконалювати її у потрібному для людини напрямі привела до висновку про вищий етап розвитку біосфери, її переходу в ноосферу. Він вважав, що негативні аспекти людської техногенної діяльності є тимчасовими і мають бути переборені. А поки що доводиться констатувати, що загроза виживанню людини є реальною. В. І. Вернадський уперше звернув увагу на стійкість біосфери і зробив оптимістичний на той час висновок: стабільність та самоорганізованість біосфери є надійною запорукою неможливості глобальних екологічних криз.

Організація сталого розвитку людської цивілізації може стати стратегією виживання людства.

Отже, вчення про ноосферу стало основою нової картини світу, що спрямована передусім на знання як істину в пізнанні, на перегляд усієї сукупності традиційних світоглядних уявлень про місце і роль людини у природі.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

Самостійна робота з таблицею.

### Біосфера як найвищий рівень організації життя

Заповніть узагальнювальну таблицю загальної характеристики біосфери. Сформулюйте висновок про особливості структурної та функціональної організації біосфери як найвищого рівня організації життя на Землі.

Ознака	Характеристика
Структурні компоненти	
Основні структурні елементи (типи речовини)	
Межі біосфери	
Необхідна умова існування	
Основні властивості біосфери	
Основні функція біосфери	
Закономірності функціонування	

### Біологія + Географія. Трагедія Аральського моря

У 1960 р. Аральське море було четвертим найбільшим озером світу, а до 2007 р. воно зменшилося до 10 % від своїх колишніх розмірів. Від колишнього моря залишилися три великі водойми, солоність води в двох з них є такою високою, що навіть зникла риба. Яке географічне положення Аральського моря? Які причини трагедії Араву?



Серпень,  
1989

Серпень,  
2003

Серпень,  
2009



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Людська цивілізація. Автотрофність людства

В. І. Вернадський настільки високо оцінював ноосферні можливості цивілізації, що сформулював гіпотезу переходу людства до автотрофності (нині людина перебуває в становищі супергетеротрофа на планеті). Під **автотрофністю людства** він розумів посилення відносної незалежності людства від продуктів, що створює біосфера, шляхом розробки нових автотрофних технологій. Наскільки реально ви бачите втілення цієї ідеї вченого?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке вчення про біосферу та ноосферу? 2. В якій праці й коли сформульовано основні положення вчення про біосферу? 3. Що таке ноосфера? 4. У чому суть закону Вернадського про ноосферу? 5. Що таке екологічна криза? 6. Назвіть причини екологічної кризи.
7 – 9	7. Які основні положення вчення про біосферу та ноосферу? 8. Які ознаки виникнення ноосфери? 9. Яке значення вчення Вернадського для уникнення глобальної екологічної кризи?
10 – 12	10. Які особливості структурної та функціональної організації біосфери як найвищого рівня організації життя на Землі?

*Щоб берегти землю, природу, треба її полюбити,  
Щоб полюбити, треба пізнати. Пізнавши – неможливо не полюбити.  
М. Пришвін*

## Узагальнення теми 7. ЕКОЛОГІЯ

**ЕКОЛОГІЯ** (грец. οἶκος – дім, логос – наука) – це наука про взаємозв'язки живого між собою та з навколошнім середовищем. Термін «екологія» вперше ввів німецький зоолог Е. Геккель ще у 1866 р.

Об'єкти досліджень	Предмет досліджень	Основне завдання екології
Організми Надорганізмові біосистеми	Екологічні взаємозв'язки організмів і надорганізмових біосистем із середовищем існування	Вивчення закономірностей організації надорганізмових біосистем
Розділи екології	Методи екології	Функції екології
<ul style="list-style-type: none"> <li>Біоекологія (аут-, дем-, синекологія, екосистемологія, біосферологія)</li> <li>Геоекологія,</li> <li>Екологія людини</li> <li>Техноекологія</li> <li>Космічна екологія</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Спостереження</li> <li>Експеримент</li> <li>Вимірювання</li> <li>Біотестування</li> <li>Екологічна індикація</li> <li>Екологічний моніторинг</li> <li>Екологічне моделювання</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Пізнавальна</li> <li>Освітня</li> <li>Світоглядна</li> <li>Практична</li> </ul>

### ОСНОВНІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ

Аутекологічні закономірності
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Закон сукупної дії екологічних чинників</b> (закон О. Мітчерліха, 1909)</li> <li><b>Закон взаємокомпенсації екологічних чинників</b> (закон Е. Рюбеля, 1930)</li> <li><b>Закон обмежувального чинника</b> (закон мінімуму, закон Ю. Лібіха, 1840)</li> <li><b>Закон оптимуму</b></li> <li><b>Закон толерантності</b> (закон Шелфорда, 1913)</li> </ul>
Демекологічні закономірності
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Правило стабільності вікової структури</b></li> <li><b>Принцип територіальності</b></li> <li><b>Закон обмеженого росту</b> (закон Ч. Дарвіна)</li> <li><b>Принцип мінімального розміру популяцій</b></li> <li><b>Принцип конкурентного витіснення</b> (принцип Гаузе)</li> <li><b>Принцип залежності від щільності</b> (принцип Ніколсона)</li> </ul>
Екосистемологічні закономірності
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Правило екологічної піраміди</b> (закон Ліндемана)</li> <li><b>Закон односпрямованості потоку енергії</b></li> <li><b>Закон внутрішньої динамічної рівноваги екосистем</b> (закон Реймерса)</li> </ul>
Біосферологічні закономірності
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Закон біогенної міграції хімічних елементів</b> (В. І. Вернадський)</li> <li><b>Закон константності</b> (В. І. Вернадський)</li> <li><b>Закон єдності живої речовини</b> (В. І. Вернадський)</li> <li><b>Закон ноосфери</b> (В. І. Вернадський)</li> </ul>



## Тема 8. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Світ – це не навколошине середовище, а єдиний наш дім, в якому ми можемо жити.  
М. М. Мойсеєв

### § 46. СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ

Основні поняття й ключові терміни: **СЕРЕДОВИЩЕЗНАВСТВО. Довкілля. ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ.**

Пригадайте! Що таке екологія?



#### Поміркуйте!

Блакитна іграшкова куля (англ. *The Blue Marble*) – відома фотографія Землі, зроблена 7 грудня 1972 р. командою космічного апарату «Аполлон-17» на відстані приблизно 45 000 км. Блакитна іграшкова куля була першою чіткою фотографією освітленої частини Землі. Вона була опублікована під час становлення інвайронменталізму (соціального екологічного руху) та розглядається як відображення тендентності, вразливості Землі. А що таке інвайронментологія?



#### ЗМІСТ

#### Який об'єкт та завдання науки про стан довкілля?

Діяльність людини охопила біосферу, глибокі шари літосфери, стратосферу, гідросферу, вийшла за межі біосфери – в навколоземний космічний простір. Чезрез те виникла необхідність постійного спостереження за станом навколошиного середовища, пізнання закономірностей змін довкілля під дією різних чинників і вивчення способів збереження й охорони, що стало **основним завданням** науки, що вже понад десятиліття активно розвивається.

**СЕРЕДОВИЩЕЗНАВСТВО**, або **інвайронментологія** (від англ. *Environmental Science*) – наука про стан довкілля і місце людини в ньому. Під **довкіллям** (синонім – **навколошине середовище**) розуміють комплекс природних, антропогенних і соціальних чинників життя людини. Середовищезнавство має прикладний характер, а традиційна екологія слугує фундаментальною основою. Серйозними передумовами для становлення інвайронментології стали:

- Стокгольмська конференція з питань навколошиного середовища (1972) та створення Наукового комітету з проблем навколошиного середовища;
- Генеральна Асамблея ООН та створення Міжнародної комісії з навколошиного середовища і розвитку під керівництвом Г. Х. Брундтланд (1982);

- Конференція ООН з довкілля і розвитку у Ріо-де-Жанейро (1992) і декларація «Програма дій. Порядок денний на ХХІ століття» щодо поступового переходу до сталого розвитку суспільства.

Об'єктом досліджень інвайроментології є **соціосфера** як «самоорганізована, саморегульована планетна система, до якої належать біосфера, охоплені виробничою діяльністю геосфери та прилеглий до Землі космос, а також людське суспільство з усіма наслідками його ... діяльності» (М. А. Голубець).

Спорідненою із середовищезнавством є охорона довкілля.

**ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ (інвайроменталістика)** – система заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, збереження природних комплексів і забезпечення екологічної безпеки. Це сукупність правових, економічних, політичних і соціальних заходів, спрямованих на раціональне використання, відтворення і збереження природних ресурсів землі, обмеження негативного впливу діяльності людини на довкілля.

Отже, середовищезнавство й охорона довкілля є прикладними галузями знань, основою для розумного використання ресурсів довкілля, його охорони та забезпечення умов сталого розвитку суспільства.

### Які спільні ознаки, причини та групи глобальних екологічних проблем?

Одним із важливих завдань середовищезнавства є визначення глобальних екологічних проблем біосфери, що створюють загрозу для існування людства.

Сучасні принципи організації діяльності людини є згубними для довкілля. Практично будь-яка галузь небезпечна для природи, але найбільшою мірою виникнення екологічних проблеми спричиняють **сільське господарство, металургія, хімічна промисловість, транспорт і енергетика**.

Спільними ознаками глобальних екологічних проблем є: масштабність (стосується усіх держав світу); наявність тотальної загрози (загострення кризових екологічних ситуацій призводить не тільки до економічних збитків, а й уможливлює фізичне знищення людства); необхідність міждержавного співробітництва.

Раніше екологи визначали як найважливіші такі глобальні проблеми: 1) забруднення середовища; 2) потепління клімату; 3) кислотні опади; 4) руйнування озонового шару; 5) спустелювання територій; 6) зниження біорізноманіття. Згідно із сучасними дослідженнями, результати яких опубліковано в доповіді ООН «Глобальна екологічна перспектива» (ГЕО-2007), актуальними екологічними загрозами людському благополуччю є:

- 1) **zmіни глобального клімату**, що негативно впливають на здоров'я людини, виробництво продовольства, безпеку та доступність ресурсів;
- 2) **стихійні лиха** та екстремальні погодні умови, що все більшою мірою впливають на вразливі людські спільноти, особливо на найбідніші;
- 3) **забруднення довкілля** як усередині, так і зовні приміщень;
- 4) **деградація земель**, що зменшує продуктивність сільського господарства й загострює продовольчу безпеку;
- 5) **скорочення об'єму чистої води**, що небезпечно для здоров'я людини;
- 6) **загроза продовольчій безпеці** через різке зменшення рибних запасів, лісових ресурсів;
- 7) **скорочення біорізноманіття** й збільшення темпів вимирання видів, що через втрати загрожує генетичному фонду.

Отже, **ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ** – це зміни стану довкілля внаслідок дії масштабного техногенного впливу, що порушує організацію соціосфери.

### **Яка сучасна екологічна ситуація в Україні?**

Згідно з дослідженнями українських учених найбільшої шкоди завдають довкіллю:

- **транспорт** як головний забруднювач повітря, водойм і ґрунтів;
- **промисловість** як основне джерело утворення відходів (підприємства гірничо-добувного, хіміко-металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного, агропромислового комплексів, а також комунальне господарство);
- **енергетика** (блíзько 80 % всіх шкідливих викидів у повітря, що є наслідком процесів добування, переробки й використання паливних енергоресурсів);
- **сільське господарство**; призводить до виснаження родючих черноземів, забруднення ґрунтів пестицидами й добривами.

Які ж екологічні проблеми є найбільш актуальними в Україні?

**Скорочення об'ємів чистої води** через зменшення запасів і забруднення поверхневих та підземних вод. В Україні 80 % населення використовує воду з поверхневих джерел, а екологічний стан цих вод з кожним роком погіршується. Недостатнє очищення стоків, неякісне очищення промислових вод, надмірна насиченість органікою призводить до того, що нині забрудненість практично всіх водойм наблизилася до III класу.

**Забруднення повітря.** Щорічно в атмосферу України потрапляє понад 6 млн тонн шкідливих речовин. Головними забруднювачами є промисловість й транспорт.

**Деградація земельних ресурсів** унаслідок вилучення земель під господарські потреби й забудови, через розвиток негативних процесів у ландшафтах (ерозії, підтоплення і заболочення) і зменшення родючості землі.

**Знищення лісів.** Споживацьке ведення лісового господарства призводить до того, що ліси не відновлюються і втрачають стійкість, а цінні деревні породи (дуб, бук) заміщаються малоцінними (березою, осикою).

**Побутові відходи.** Однією з найбільш серйозних екологічних проблем України є проблема утилізації і переробки відходів різних видів. У країні діє блíзько 800 офіційних звалищ, загальна кількість сміття на яких перевишила 35 млрд тонн.

**Шкідливий вплив військових об'єктів.** Системи й устаткування господарського комплексу об'єктів і гарнізонів Збройних сил України застаріли, працюють зі значним перевантаженням і становлять потенційну загрозу довкіллю.

**Радіаційне забруднення.** На радіоактивних територіях сьогодні розміщено понад дві тисячі населених пунктів, в яких проживає майже півтора мільйона людей.

**Скорочення біорізноманіття** рослинного й тваринного світу та зміни в його генофонді.

Отже, екологічна ситуація в Україні характеризується як глибока екологіко-економічна криза, що зумовлена закономірностями функціонування колишньої адміністративно-командної економіки.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Глобальні екологічні проблеми

За допомогою таблиці визначте сутність та причини глобальних екологічних проблем.

Назва	Сутність	Причини
Зміни глобального клімату		
Стихійні лиха		
Забруднення довкілля		
Деградація земель		
Скорочення об'ємів чистої води		
Загроза продовольчій безпеці		
Скорочення біорізноманіття		

### Біологія + Географія. Організми-екстремали й зміни клімату

Кожного року група дослідників здійснює подорож до віддаленого куточка Тибетського плато, що розкинулось на висоті близько 5 км над рівнем моря. Науковці збиратимуть зразки організмів, які живуть і процвітають в умовах середньорічної температури  $-4^{\circ}\text{C}$ , низького вмісту кисню, замороженого ґрунту й сильного ультрафіолетового випромінювання. Яке географічне положення Тибетського плато? Оцініть значення цих досліджень в умовах клімату на планеті, що зміниться відповідно до найбільш пессимістичних прогнозів експертів.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Англійська мова. The Global Environment Outlook

*«The Global Environment Outlook (GEO) is a consultative and participatory process to prepare an independent assessment of the state of the environment, the effectiveness of the policy response to address these environmental challenges and the possible pathways to achieve various internationally agreed environmental goals. The process also builds capacity for conducting integrated environmental assessments and reporting on the state, trends and outlooks of the environment. The Global Environment Outlook (GEO) is also a series of products that informs environmental decision-making for not only governments but also various stakeholders such as the youth, businesses and local governments and aims to facilitate the interaction between science and policy».*

Перекладіть текст і визначте мету програми «ГЕО». Оцініть значення глобальних екологічних досліджень і проектів для розв'язування екологічних проблем.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке інвайронментологія? 2. Що таке довкілля? 3. Назвіть основні глобальні екологічні проблеми. 4. Що таке глобальні екологічні проблеми? 5. Назвіть основні забруднювачі довкілля в Україні. 6. Наведіть приклад найактуальніших екологічних проблем України.
7 – 9	7. Який об'єкт і завдання науки про стан довкілля? 8. Які спільні ознаки, причини та групи глобальних екологічних проблем? 9. Які сучасна екологічна ситуація в Україні?
10 – 12	10. Яке значення екологічних досліджень для розв'язування глобальних екологічних проблем?

## § 47. ВИДИ ЗАБРУДНЕННЯ, ЇХНІ НАСЛІДКИ ДЛЯ ЕКОСИСТЕМ

Основні поняття й ключові терміни: **ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ. ЯКІСТЬ ДОВКІЛЛЯ.**

**Пригадайте!** Які основні екологічні проблеми світу?



### Поміркуйте!

«Коли ми спостерігаємо захід сонця крізь смог над забрудненими водами нашої рідної землі, ми мусимо серйозно запитати себе, чи справді бажаємо, щоб в майбутньому якийсь історик з іншої планети сказав про нас: "За усієї їхньої геніальності та вміння вони вичерпали дар передбачення, чисте повітря, воду, їжу та ідеї", – так говорив у своїй доповіді Генеральний секретар ООН У Тан. А що спричиняє забруднення довкілля і чи можна передбачити наслідки забруднення?



### ЗМІСТ

#### Які джерела й види забруднення довкілля?

**ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ** – це надходження в навколошнє середовище речовин та енергії, що призводить до порушення структури й функцій біосистем.

Забруднення може статися внаслідок дії природних (землетруси, виверження вулканів, зсуви) і антропогенних (**забруднення атмосферного повітря, водойм, ґрунту, екосистем**) чинників. Основними антропогенними забруднювачами є: хімічна промисловість, металургія (чорна та кольорова), сільське господарство, енергетика (нафтопереробні заводи, ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, АЕС), транспорт (передусім автомобільний).

Забруднювачем (полютантом) є будь-який фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид, котрий потрапляє в довкілля чи виникає у ньому в кількості, що виходять за межі звичайної наявності. Їх класифікують за тривалістю дії (стійкі та нестійкі), впливом на біоту (забруднювачі прямої й непрямої дії), походженням (первинні й вторинні). За природою забруднювачів розрізняють такі види забруднення:

- **механічне** – засмічення довкілля стійкими продуктами діяльності (пластмасові вироби, скло, цегла), відходами гірничодобувної промисловості (так, з 1 т видобутої корисної копалини лише 1–3 % перетворюються на корисну продукцію, а 98 % йдуть у відходи) (ил. 74);
- **фізичне** – забруднення, пов'язане зі змінами фізичних параметрів середовища (*теплове, світлове, електромагнітне, радіаційне, шумове, електромагнітне забруднення*), пов'язане з роботою високовольтних ліній електропе-



Іл. 74. Механічне забруднення пластиком є глобальною екологічною проблемою

редачі, електростанцій, телерадіостанцій, а також мікрохвильових печей, комп'ютерів, мобільних телефонів);

- **хімічне** – привнесення в довкілля ксенобіотиків або великої кількості речовин, що є найзначнішою формою забруднення: забруднення сполуками важких металів, нафтове забруднення, фармакологічне забруднення (так, 70–80 % антибіотиків, антипаразитарних препаратів потрапляють у річки); у глобальному масштабі переважають шість забруднювачів: Плюмбум, Кадмій, Хром, ртуть, пестициди та радіонукліди;
- **біологічне** – привнесення й масове розмноження в довкіллі організмів: зоогенне (наприклад, вселення колорадського жука), фітогенне (наприклад, поширення опунції), мікробіогенне (наприклад, масове розмноження ціанобактерій), генетичне (пов'язане з розвитком генної інженерії).

Отже, забруднення довкілля відбувається внаслідок надходження нехарактерних механічних, хімічних, фізичних або біологічних забруднювачів.

### Які наслідки забруднення для екосистем і людини?

Екологічними наслідками забруднення є результат дії різних видів забруднення, що виявляється у негативних змінах стану й функціонування біосфери, природних і штучних екосистем, популяційних механізмів саморегуляції та процесів життєдіяльності організмів.

Серед екологічних наслідків біосферного забруднення глобального значення набули парниковий ефект, озонові діри, кислотні опади, смог, цвітіння води, евтрофікіція водойм та ін.

На рівні екосистем привнесення або вилучення певних речовин спричиняє порушення їх структури й функціонування. Такі порушення можуть привести до негативних наслідків на рівні екосистем: накопичення забруднювачів трофічними рівнями, збільшення або зменшення таксономічного різноманіття екосистеми, зниження первинної продуктивності екосистеми, що впливає на видовий склад редуцентів і консументів, її стійкість і стабільність та ін.

На популяційно-видовому рівні у більшості видів рослин спостерігаються: зниження енергії проростання насінин, гальмування процесів росту й розвитку, морфологічні порушення кореневої системи та пагонів. У природних популяціях тварин змінюються вікова, генетична, просторова й статева структура, інтенсивність розмноження, вік досягнення статевої зрілості та ін. Найбільший негативний вплив відчувають живі організми, чия життєдіяльність пов'язана з ґрунтом (едафобіонти) та дном водойм (бентос), оскільки саме в цих ділянках накопичуються забруднювачі.

На рівні організмів найвразливішими до забруднення є тканини, у яких відбуваються активні процеси поділу. Через те меристеми зелених рослин, ретикулярні тканини червоного кісткового мозку хребетних тварин і людини зазнають найбільшої шкоди. Результатом такого впливу є онкологічні захворювання. Найчутливішим до забруднювачів є ранні стадії розвитку: негативна дія полютантів призводить до появи різних вад розвитку.

Отже, наслідки забруднення ведуть до змін стану довкілля, порушень екологічних процесів і зв'язків на усіх рівнях організації життя.

## **Які критерії забруднення довкілля?**

**ЯКІСТЬ ДОВКІЛЛЯ** – міра відповідності навколошнього середовища і природних умов потребам людей та інших організмів. Ця найзагальніша властивість довкілля оцінюється передусім через вплив і розвиток негативних процесів у екосистемах. Організаційні засади оцінювання впливу на довкілля, спрямованого на запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екобезпеки, охорони довкілля, раціонального природокористування, регулюються Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» від 2017 р. Для визначення, обмеження, передбачування змін й якості довкілля застосовують певні механізми. Це екологічна експертиза, екологічні нормування, прогнозування, сертифікація, стандартизація, ліцензування, екологічний аудит.

Оцінювання впливу забруднення на довкілля здійснюється на державному рівні шляхом **екологічної експертизи** за певними параметрами (наприклад, кількість сполук важких металів, деяких ксенобіотиків, температура, кількість кисню, CO<sub>2</sub>, NO в атмосфері). Нормування в галузі охорони довкілля визначає показники, що мають зменшувати антропогенний вплив і сприяти процесам самовідновлення й саморегуляції екосистем.

**Екологічне нормування** – це закріплення на законодавчому рівні певних правил, вимог, стандартів щодо охорони довкілля, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки.

Система екологічних нормативів якості довкілля включає:

- 1) **нормативи екологічної безпеки** (наприклад, нормативи якості атмосферного повітря);
- 2) **гравично допустиму кількість викидів і скидів у довкілля забруднювачів** (наприклад, гранично допустима концентрація, ГДК – максимальний рівень забруднення, що його людина витримує без шкоди своєму здоров'ю);
- 3) **рівні шкідливого впливу забруднювачів** (наприклад, усі шкідливі речовини за ступенем дії на організм людини поділяють на такі класи безпеки: I – надзвичайно небезпечні (ртуть, нікель), II – високонебезпечні (сірководень, нітроген (IV) оксид), III – помірно небезпечні (сажа, цемент), IV – малонебезпечні (бензин, фенол).

**Екологічне прогнозування** – це діяльність із застосуванням специфічних методів для передбачення можливих змін довкілля. Результатом прогнозування є екологічний прогноз, прогнозні карти; наприклад, прогноз кліматичних змін, карта родючості ґрунту тощо. Існує три основні групи методів прогнозування: методи експертного оцінювання (способи отримання інформації за участі спеціалістів-експертів), методи екстраполяції (перенесення даних, отриманих у певній галузі діяльності, на аналогічні галузі), методи моделювання процесів (створення спрощеної версії екологічного процесу).

Отже, однією з обов'язкових умов організації охорони довкілля є створення системи критеріїв визначення якості довкілля.



### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота. Види забруднювачів**

Визначте належність наведених забруднювачів: 1) ВІЛ; 2) чадний газ від неповного згоряння; 3) електромагнітні поля високовольтних ліній; 4) штучні

ізотопи Цезію, Стронцію; 5) теплі води електростанцій; 6) шум транспорту; 7) оксиди Нітрогену металургійних заводів; 8) Кадмій у золі під час спалювання сміття на звалищах; 9) пестициди; 10) поліетиленові пакети, пластмасові пляшки; 11) стічні води цукрового заводу, м'ясокомбінату; 12) сполуки Хлору з цементного заводу. Обґрунтуйте твердження про комплексний вплив та взаємодію основних видів забруднювачів.

Хімічні	Біологічні	Фізичні	Механічні

### **Біологія + Географія. Krakatau й природне забруднення довкілля**

Діючий вулкан Krakatau відомий потужним виверженням, що спричинило катастрофічні наслідки в 1883 р. Попіл цього виверження (а це близько 50 млрд тонн) розповсюдився на значну частину поверхні Землі й спричинив зменшення притоку сонячної енергії до поверхні Землі на 10–20 %. У Північній півкулі температура повітря знизилася на 0,5 °C. Якими були екологічні наслідки цього природного забруднення для екосистем? А де розташований вулкан Krakatau на фізичній карті світу?



### **СТАВЛЕННЯ**

### **Біологія + Побут. Формальдегід і здоров'я**

Серед речовин, що їх використовують для виготовлення деревинно-стружкових (ДСП), деревинно-волокнистих (ДВП), орієнтовано-стружкових плит (ОСП) і становлять серйозну загрозу здоров'ю людини, називають **формальдегід**. Його ГДК у повітрі – 0,1 – 0,12 мг/м<sup>3</sup>, проте у повітрі сучасних квартир концентрація цієї сполуки становить у середньому близько 0,5 мг/м<sup>3</sup>, а в окремих випадках досягає 3 мг/м<sup>3</sup>. Назвіть можливі джерела цієї речовини в квартирах. Яка фізіологічна дія цієї речовини на організм людини?



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке забруднення довкілля? 2. Назвіть основні види забруднення. 3. Що таке екологічні наслідки забруднення? 4. Що таке екологічне прогнозування? 5. Що таке якість довкілля? 6. Назвіть критерії забруднення довкілля.
7 – 9	7. Які джерела й види забруднення довкілля? 8. Як наслідки забруднення для екосистем й людини? 9. Які критерії забруднення довкілля?
10 – 12	10. Висловіть судження щодо необхідності розробки критеріїв оцінювання забруднення довкілля.

*Або люди зроблять так, щоб на Землі було менше димів,  
Або дими зроблять так, щоб на Землі було менше людей.*

Л. Баттон

## § 48. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА АТМОСФЕРУ

**Основні поняття й ключові терміни: ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ. Охорона атмосфери.**

**Пригадайте!** Які є види забруднень?



### Поміркуйте!

Головними хімічними складниками повітря є азот (78,08 %), кисень (20,96 %) та інертні гази (0,94 %). Кількість їх у повітрі не змінюється, вони є сталими складниками повітря. У повітрі є ще й змінні складники ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$ ), кількість яких може змінюватись, особливо в умовах техногенного забруднення атмосфери. Якими є змінні складники повітря в умовах забруднення атмосфери?



### ЗМІСТ

#### Яким є антропічний вплив на атмосферу?

**ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ** – надходження в повітря газуватих хімічних речовин, твердих часточок і біологічних матеріалів, що можуть чинити негативний вплив на організми та їх угруповання. Часто ефект забруднювачів є опосередкованим та виявляється лише через тривалий час (наприклад, дія фреонів на природні екосистеми через руйнування озонового шару). Забруднення атмосфери може бути локальним й глобальним, природним (вулкани, космічний вплив, лісові пожежі) й антропічним.

**Основні антропогенні забруднювачі атмосфери.** Найбільш поширеними та небезпечними категоріями забруднювачів є: атмосферний пил (попіл, сажа), аерозолі, вуглеводні ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , поліциклічні ароматичні вуглеводні, бензопірен), вуглекислий газ, чадний газ ( $\text{CO}$ ), оксиди Нітрогену ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), оксиди Сульфуру ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ), ванадій( $\text{V}$ ) оксид ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ), тропосферний озон (сильний фотоокисник з небезпечною дією на органи дихання).

**Види забруднень атмосфери.** За будовою та характером впливу на атмосферу забруднення умовно поділяють на: **механічні** (пил цементних заводів, дим і сажа від спалювання вугілля) та **хімічні** (пилуваті або газуваті речовини, що можуть вступати в хімічні реакції). За агрегатним станом усі забруднювачі поділяють на **твірді, рідкі й газуваті**. Саме газуваті забруднювачі становлять майже 90 % загальної маси речовин, що надходять в атмосферу.

**Основні джерела атмосферного забруднення** – теплоенергетика, промисловість, автотранспорт, нафто- і газопереробна промисловість, випробування ядерної зброї тощо. Атмосферу забруднюють практично всі види сучасного транспорту, кількість якого постійно збільшується в усьому світі. Серйозної шкоди довкіллю завдають хімічна промисловість і сільське господарство (забруднення амоніаком). Дуже серйозними для людства є загрози забруднення атмосфери

радіоактивними речовинами та зменшення вмісту кисню внаслідок спалювання палива різних видів.

Отже, склад атмосфери в умовах антропічного впливу почав якісно змінюватися; у ній у все більших кількостях накопичуються шкідливі речовини.

### Які екологічні проблеми є наслідками забруднення атмосфери?

Руйнування озонового шару вуглеводнями (наприклад, хлорофторовуглеводнями  $\text{CFCl}_3$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , що використовуються в холодильній промисловості й у виробництві аерозолів) призводить до утворення озонових дір. **Озонові діри** – локальні ділянки озонасфери, де концентрація стратосферного озону істотно (на 40–50 %) менша за звичайну. Поява озонових дір становить реальну екологічну небезпеку для відповідного регіону через послаблення захисту всього живого від згубної дії «жорсткого» ультрафіолетового випромінювання.

Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  і  $\text{CH}_4$  внаслідок спалювання органічного палива зумовлює *парниковий ефект*. **Парниковий ефект**, тепличний ефект – нагрівання нижніх шарів атмосфери і поверхні Землі внаслідок поглинання водяною парою, вуглекислим газом відбитого від поверхні планети теплового випромінювання. За останні 200 років вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері зрос майже на 25 %, а температура підвищилася на 0,5 °C.

Викиди вихлопних газів – основна причина перевищення ГДК токсичних і канцерогенних речовин в атмосфері великих міст й утворення смогів. **Смог** – видиме сильне забруднення повітря, що характеризується поєданням часточок пилу, краплин туману, газуватих забруднювачів і дими. Джерелами смогу є й продукти згоряння вугілля, мазуту, дизельного палива (тетраетилсвинець, оксиди Сульфуру).

Утворення кислотних опадів внаслідок забруднення атмосфери сульфур(IV) оксидом, оксидами Нітрогену, хлороводнем. **Кислотні опади** – атмосферні опади, кислотність яких перевищує нормальне значення ( $\text{pH} \leq 5,5$ ). Оксиди, що викидаються в атмосферу внаслідок роботи ТЕС і автомобільних двигунів, сполучаються з атмосферною водою й утворюють дрібні краплинки сульфатної та нітратної кислот, що випадають на поверхню Землі. Фільтруючись у ґрунті, вода кислотних дощів забирає багато необхідних біоелементів (Кальцію, Магнію, Калію, Натрію). Їхнє місце займають токсичні метали, що чинять негативну дію на видовий склад редукцентів (іл. 75).

Близько 20 % забруднювачів атмосфери є мутагенами і становлять загрозу здоров'ю не тільки нинішнього, а й наступних поколінь. Забруднення повітря:

- 1) знижує адаптаційні можливості організму і, як наслідок, стійкість до негативних чинників;
- 2) підвищує рівень захворюваності, насамперед органів дихальної системи;
- 3) негативно впливає на рівень смертності.



Іл. 75. Ліс після кислотних опадів

У населення, яке проживає в місцях з інтенсивним забрудненням атмосферного повітря, підвищується кількість імунодефіцитів. Зростають кількість захворювань на хронічний бронхіт і поширеність бронхіальної астми, підвищується рівень онкологічних захворювань дихальної системи.

Отже, головними глобальними екологічними наслідками забруднення атмосфери є парниковий ефект, озонові діри, кислотні опади, смог.

### **Які заходи охорони атмосфери від забруднення?**

**Охорона атмосферного повітря** – система заходів, пов’язаних із збереженням, поліпшенням та відновленням стану атмосферного повітря, запобіганням і зниженням рівня його забруднення та впливу на нього хімічних, фізичних і біологічних забруднювачів. Сталий розвиток країн передбачає регулювання усіх сфер діяльності таким чином, аби економічний розвиток сприяв соціальному благополуччю населення, не завдаючи при цьому шкоди довкіллю.

До основних заходів охорони атмосферного повітря належать:

- **економічні заходи** (застосування підприємствами екологічних фільтрів, абсорберів для очищення повітря, раціоналізація процесів спалювання, створення безвідходних технологій виробництва);
- **організаційні заходи** (створення санітарно-захисних зон для підприємств – джерел забруднення, озеленення й зонування населених місць, перехід на експлуатацію екологічного транспорту, впровадження «зелених» альтернатив);
- **соціальні заходи** (контроль технічного стану транспортних засобів, складу палива; утилізація сміття);
- **законодавчі правові заходи** (розробка нормативів, стандартів, прийняття законів).

Для визначення якості повітря фактичні концентрації забруднювачів порівнюють з ГДК. На цій основі й формується комплексний індекс забруднення атмосферного повітря (КІЗА). За цим індексом найбільш забрудненими містами України у 2018 р. (дані Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського) вважалися Маріуполь, Одеса, Луцьк, Дніпро, Київ, Кривий Ріг, Запоріжжя. Найменш забрудненим повітря було в таких містах, як Горішні Плавні Полтавської області, Ізмаїл, Світловодськ, Чернівці.

Спостереження за концентрацією пилу, нітроген (IV) оксиду, сульфур (IV) оксиду, карбон (IV) оксиду (вуглевислого газу), пломбум (IV) оксиду, бензопірену, формальдегіду та радіоактивних речовин є обов’язковими. Інші речовини можуть бути включені до програми спостережень за рішенням органів місцевого самоврядування відповідно до специфіки екологічної ситуації.

У нашій країні правові й організаційні основи та екологічні вимоги в галузі охорони атмосферного повітря визначає Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (1992).

Отже, для охорони атмосфери необхідні різноманітні та скоординовані заходи на різних рівнях організації суспільства.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

**Самостійна робота з таблицею.**

### **Змінні складники повітря й забруднення атмосфери**

Заповніть таблицю та визначте екологічне значення змінних складників частин повітря в умовах забруднення атмосфери. Сформулюйте висновок про наслідки змін хімічного складу повітря.

Назва	Джерело	Екологічне значення
Вуглекислий газ		
Вуглеводні		
Сульфур (IV) оксид		
Нітроген (IV) оксид		
Тропосферний озон		
Метан		

### **Біологія + Поезія. Смог**

У Ліні Костенко є рядки:

В Лос-Анжелесі пальми синтетичні  
уже вrostають коренем в асфальт.  
Там смог навис, і сонце тяжко гріє,  
потік машин тісніший череди...



У наукі виокремлюють три види смогу: крижаний (аліскового типу), вологий (лондонського типу) та сухий, або photoхімічний (лос-анджелеського типу). Визначте причини та наслідки смогу, від якого потерпають великі міста усього світу.



## СТАВЛЕННЯ

### **Біологія + Сталий розвиток. Медицина та економіка**

За оцінками ВООЗ, близько 7 млн людей щороку помирають внаслідок дії забрудненої атмосфери на легені й серцево-судинну систему. Існують економічно доступні стратегії зі зменшенням викидів у транспортному, енергетичному, сільськогосподарському, житловому секторах та сфері утилізації відходів. Назвіть захворювання, що їх спричиняє забруднене повітря. Наведіть приклади стратегій для зменшення викидів.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке забруднення атмосфери? 2. Назвіть основні джерела забруднення атмосфери. 3. Назвіть екологічні проблеми, що виникли внаслідок забруднення атмосфери. 4. Що таке парниковий ефект? 5. Що таке охорона атмосфери? 6. Наведіть приклади заходів захисту атмосфери.
7 – 9	7. Який є антропічний вплив на атмосферу? 8. Які екологічні проблеми є наслідками забруднення атмосферного повітря? 9. Назвіть заходи охорони атмосфери від забруднення.
10 – 12	10. Назвіть захворювання, що їх спричиняє забруднене повітря та наведіть приклади стратегій для зменшення викидів.

*Ми пізнаємо цінність води лише коли колодязь пересихає.*  
Бенджамін Франклін

## § 49. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ

Основні поняття й ключові терміни: **ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ. Якість води. Охорона водойм.**

Пригадайте! Якими є межі біосфери?



### Опорні знання

**Гідросфера** – водна оболонка Землі, що виконує дуже важливі екологічні функції. Вода є природним ресурсом, забезпечує екологічні взаємозв'язки в популяціях, екосистемах, біосфері, у ній здійснюється міграція елементів у біогеохімічних циклах, гідросфера є складовою частиною усіх живих організмів (іл. 76).

ГІДРОСФЕРА
1. Води Світового океану (93,96 %)
2. Вода суходолу:
• підземні води (4,38 %); • поверхневі води (1,659 %)
3. Вода атмосфери (0,001 %)



### ЗМІСТ

#### Яким є антропічний вплив на гідросферу?

**ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ** – це надходження у водойми рідких, твердих і газуватих речовин у кількостях, що змінюють властивості води і є шкідливими для водних екосистем.

Основні забруднювачі гідросфери. До найстійкіших і найпоширеніших забруднювачів водойми належать **нафтопродукти, стічні води, пестициди, нітрати, фосфати, синтетичні мийні засоби, пластикові вироби, поліетиленові пакети**. Нині надходження цих речовин зазвичай перевищує здатність водойм до самоочищення, тому забруднювачі гідросфери (пестициди, сполуки важких металів, радіонукліди) мають здатність накопичуватися в ланцюгах живлення (**біоакумуляція**). Підтвердженням цьому є приклад з інсектицидом ДДТ, вміст якого в тканинах птахів може бути перевищеним у 1 млн разів, порівняно з вихідним вмістом у воді. Негативну дію чинять і високі концентрації біогенних елементів (N, P, K), що надходять у водойми зі стоками мінеральних добрив із суходолу.

Види забруднень гідросфери. Фахівці вказують на негативне значення усіх типів забруднення: **хімічного** (засмічення, забруднення піском, глиною), **хімічного** (нафта, нафтопродукти, пестициди, сполуки важких металів, діоксини, антибіотики, добрива), **фізичного** (тепло, радіонукліди Цезій-137, Сtronцій-90, Калій-40) та **біологічного** (бактерії, ентеровіруси, яйця гельмінтів, спори грибів). Найбільш небезпечним для водних екосистем є хімічне забруднення. Його особливими видами є теплове, фарма-кологічне та пластикове забруднення.

Основні джерела гідросферного забруднення. Забруднення Світового океану здійснюється через суходіл (стічні



Іл. 76. Кругообіг води в природі

води, стоки сільськогосподарських виробництв і населених пунктів) й атмосферу (з димом, пилом, вихлопними газами), з якими гідросфера тісно пов'язана кругообігом води. Найінтенсивнішими забруднювачами поверхневих і підземних вод є целюлозно-паперові, хімічні, нафтопереробні, металургійні комбінати, сільське господарство.

Отже, особливості забруднення гідросфери визначаються її зв'язком з літо- й атмосферою, поширенням і величезною масою водних ресурсів, властивостями води і різноманітністю водного біорізноманіття.

### **Які наслідки забруднення гідросфери?**

Наслідками забруднення гідросфери є: 1) зниження первинної біологічної продукції (за оцінками вчених, на 10 %) і, відповідно, зниження приросту інших мешканців моря; 2) деградація й руйнування водних екосистем; 3) скорочення запасів прісної води; 4) погіршення якості води; 5) збільшення частоти інфекційних захворювань, збудники яких передаються через воду (холера, дизентерія, онхоцеркоз).

Основними екологічними проблемами гідросфери є такі.

**Проблема стічних вод**, що утворюються в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності. Дуже небезпечними для природних водних екосистем є стоки, що утворюються на підприємствах целюлозно-паперової промисловості.

**Проблема промислових відходів**, що містять сполуки важких металів (ртуть, Плюмбум, Кадмій), пестициди, добрива, мийні засоби, радіонукліди. Відомі випадки масового отруєння людей сполуками ртути, що містилась у рибі (хвороба Мінаматі), кадмієм унаслідок вживання недоброкісної води (хвороба ітай-ітай).

**Евтрофікація водойм** – підвищення біологічної продуктивності водних екосистем унаслідок накопичення у воді біогенних елементів (Нітроген, Фосфор, Калій), що призводить до заростання водойм, обміління, скорочення рибних ресурсів, утворення боліт та ін.

**Цвітіння води** – масове розмноження фітопланктону, що спричиняє зміну забарвлення води і погіршує кисневу забезпеченість вод.

**Забруднення через розливи нафти.** Нафта й нафтопродукти утворюють на поверхні води плівки й порушують обмін речовин між Океаном і атмосferою, що впливає на клімат, спричиняє загибель гідробіонтів. Вуглеводні можуть розчинити інші забруднювачі (пестициди, важкі метали), що отруюють воду (іл. 77).

**Дефіцит водних ресурсів** – відсутність достатніх запасів для забезпечення потреб населення в чистій питній воді. Від дефіциту питної води страждає більш ніж 40 % населення світу.

**Танення льодовиків** – зменшення площин льодовиків по всьому світу, що істотно впливає на наявність джерел прісної води, існування гірських екосистем та рівень води в океанах.



Іл. 77. Наймасштабніший розлив нафти в Перській затоці (під час війни у 1990 р. іракські війська, відступаючи, відкрили засувки наftovix терміналів)

Отже, порушення екологічної рівноваги загрожує значним погіршенням стану водойм й водних ресурсів.

### **Які причини порушення якості природної води та заходи охорони водойм?**

Одним із найважливішим наслідків забруднення води є те, що, потрапляючи у водойми, забруднювачі погіршують її якість. **Якість природної води** – це сукупність фізичних, хімічних, біологічних і бактеріологічних показників, що зумовлюють придатність води для використання. Порушення якості води виявляється у зміні її фізичних властивостей (прозорості, запаху, присмаку) та хімічного складу (кислотності, кількості домішок, вмісту отруйних речовин), у зменшенні вмісту кисню, зміні кількості та видового складу мікроорганізмів, появі хвороботворних бактерій.

**Які причини погіршення якості природних вод?** Природні води забруднюються внаслідок посилення впливу людини: безсистемна господарська діяльність, надмірне використання водних ресурсів, замулення, забруднення та заростання річок, недотримання режиму господарювання на прибережних захисних смугах. Передусім на водні ресурси впливає забруднення промисловими та комунальними стічними водами.

**Як оцінюється екологічний стан природних водойм?** Оцінювання якості природних вод здійснюють трьома способами: фізико-хімічним, бактеріологічним і біологічним. Метод оцінювання якості води за видовим складом і показниками кількісного розвитку видів-індикаторів і структури утворюваних ними угруповань називається **біоіндикацією**.

**Охорона водойм** – сукупність заходів, спрямованих на запобігання забрудненню та виснаженню вод. Основними заходами охорони водойм є:

- **правові** (дотримання природоохоронних законів, нормування якості води, державний моніторинг вод);
- **організаційні** (створення санітарних зон, прибережних захисних смуг);
- **економічні** (технології очищення стічних вод, оборотного водопостачання);
- **соціальні** (виховання бережливого ставлення до води, екологічна освіта).

Для ефективного, науково обґрунтованого використання вод та їх охорони від забруднення й засмічення в Україні прийнято низку державних документів, серед яких «Водний кодекс України», Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення».

Отже, перед людством постало важливе завдання охорони гідросфери та збереження рівноваги в біосфері.



#### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

##### **Самостійна робота з таблицею.**

##### **Екологічні проблеми гідросфери**

За допомогою таблиці визначте сутність та причини найпоширеніших екологічних проблем щодо гідросфери.

Назва	Сутність	Причини
Дефіцит питної води		
Цвітіння води		
Евтрофікація водойм		
Стічні води		
Забруднення через розливи нафти		

### **Біологія + Географія. Велика тихоокеанська сміттєва пляма**

Це найбільше скупчення антропогенного сміття, розташоване у північній частині Тихого океану. На цій ділянці сконцентровано надзвичайно щільні масиви пластику, рибальських сіток, канатів та інших відходів, занесених течіями. За оцінками вчених, на цей час маса сміття становить понад 3,5 млн тонн, а площа плями – понад 1 млн км<sup>2</sup>. Чому з'явився цей «острів сміття»? Якої шкоди завдає ця пляма морським екосистемам?



### **СТАВЛЕННЯ**

#### **Біологія + Медицина. Хвороба Мінамати**

Упродовж сотень років рибаки селища Мінамата займалися промислом риби, креветок, крабів, морського окуня та ін. Морепродукти були для них основним джерелом їжі. Але на початку ХХ ст. компанія Chisso побудувала на околицях невеликий хімічний завод. Відтоді й починається історія виникнення захворювання, що на сьогодні входить до усіх медичних довідників під назвою «хвороба Мінамати». Що стало причиною цієї хвороби? У чому суть кумулятивного ефекту, основою якого є закон концентрування речовин у ланцюгах живлення? Висловіть судження щодо наслідків забруднення гідросфери для живих організмів і людини зокрема.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке забруднення гідросфери? 2. Наведіть приклади забруднень Світового океану. 3. Назвіть основні екологічні проблеми гідросфери. 4. Що таке цвітіння води? 5. Що таке якість природних вод? 6. Назвіть причини порушення якості природних вод.
7 – 9	7. Що визначає особливості забруднення гідросфери? 8. Які наслідки забруднення гідросфери? 9. Які причини порушення якості природної води та заходи охорони водойм?
10 – 12	10. Висловіть судження щодо наслідків забруднення гідросфери для живих організмів і людини зокрема.

## § 50. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА ГРУНТИ

**Основні поняття й ключові терміни: ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ. Охорона ґрунтів.**

**Пригадайте!** Що таке ґрунт?



### Поміркуйте!

«Чверть усього живого на Землі можна знайти під нашими ногами», – такими словами починається один розділів звіту Всеєвітнього фонду природи «Жива природа-2018» під назвою «Що такого особливого в ґрунтах?». А справді, що такого особливого в ґрунтах? Як позначається забруднення на екологічних функціях ґрунтів?

Екологічні функції ґрунтів
1. Середовище існування
2. Регуляція хімічного складу повітря
3. Регуляція водного балансу біосфери
4. Чинник біопродуктивності екосистем
5. Джерело поживних речовин
6. Мінералізація решток
7. Очищення вод
8. Вплив на клімат
9. Вивітрювання гірських порід



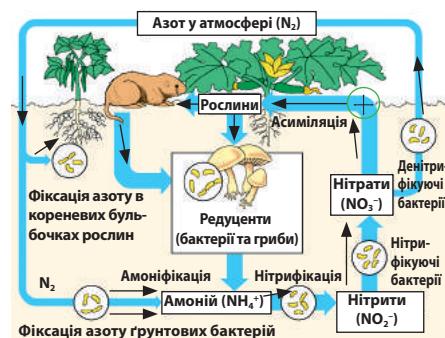
### ЗМІСТ

#### Які основні джерела антропічного забруднення ґрунтів?

**ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ** – надходження фізичних агентів, хімічних речовин й організмів, що змінюють властивості ґрунтів і порушують їхні функції. Особливості їхнього забруднення визначаються тим, що ґрунти – це біокосне тіло природи. Вони: 1) має структурні живу й неживу фази; 2) складається з органічних речовин, мінералів, води й повітря; 3) чинниками його формування є гірські породи й мінерали, вода, рельєф, повітря, тепло; 4) вирізняється такою властивістю, як родючість.

Основні забруднювачі ґрунтів. Найпоширенішими полютантами є хімічні речовини: 1) **пестициди** – отрутохімікати для боротьби з бур'янами (гербіциди), комахами (інсектициди), кліщами (акароциди), грибами (фунгіциди), для скидання листя перед збиранням врожаю (дефоліанти); 2) **мінеральні добрива**, що їх вносять для компенсації біогенних елементів (здебільшого N, K, P); 3) **сполуки важких металів** (переважно Pb, Cd, Sn, Hg); 4) **компоненти газодимових викидів** (діоксини, феноли); 5) **нафта і нафтопродукти** (бензин, мастильні матеріали); 6) **радіонукліди**.

Види забруднень ґрунтів. Найнебезпечніший вид забруднення ґрунтів – хімічне. Окрім названих хімічних забруднювачів спостерігаються порушення біогеохімічного кругообігу азоту й нітрогенне забруднення ґрунтів (іл. 78). Поширенім є **біологічне** забруднення, пов'язане із накопиченням (бактеріальні добрива), масовим розмноженням (хво-



Іл. 78. Кругообіг азоту як приклад осадових циклів

роботворні бактерії, збудники мікозів, личинки комах-шкідників), розвитком (стадії гельмінтів), появою нових мікроорганізмів, порушенням складу біоти редуцентів. Так, у надто забруднених ґрунтах збудники тифу і паратифу можуть зберігатися впродовж півтора року, тоді як у незабруднених – лише протягом двох-трьох діб. Ще одним видом біозабруднення є поширення алергенних видів рослин-бур'янів. Суттєвим є й **механічне** забруднення ґрунтів залишками будівельних матеріалів, азbestу, битого скла, кераміки.

**Основні джерела забруднення ґрунтів.** Значний вплив на хімічний склад ґрунтів чинить сучасне сільське господарство, що широко використовує добрива і пестициди. Радіоактивні елементи можуть потрапляти в ґрунт і накопичуватися в ньому внаслідок викидів промислових підприємств, аварій на АЕС. Поблизу великих центрів чорної і кольорової металургії ґрунти забруднено сполуками важких металів. Автомобільний транспорт є серйозним джерелом свинцевого забруднення. Нині усе гостріше постає проблема складання і збереження радіоактивних відходів військової промисловості. Теплоенергетика спричиняє появу сажі та незгорілих речовин, що викидаються в атмосферу.

Отже, забруднення ґрунтів визначається переважно хімічними й біологічними полютантами, що змінюють їх структуру й склад і впливають на самооновлення та родючість.

### Які наслідки антропічного впливу на ґрунти?

Загальними наслідками антропічного впливу на ґрунти стали зменшення площ земель, придатних для землеробства, та деградація ґрунтів.

**Зменшення площ земель, придатних для землеробства** відбувається внаслідок урбанізації, відведення земель під будівництво, транспортні мережі, водосховища, сміттєзвалища. Земля втрачається під час добування корисних копалин у відходах гірничодобувної промисловості.

**Деградація ґрунтів** – це поступове погіршення її властивостей, що супроводжується зменшенням вмісту гумусу і зниженням родючості. Чинниками деградації ґрунтів є: 1) неправильне землекористування; 2) знищення екосистем; 3) забруднення відходами; 4) зміни кліматичних чинників. Деградацію ґрунтів спричиняють втрата **гумусу** (органічна складова ґрунтів), ерозія, забруднення, вторинне засолення, заболочування, спустелювання. Так, у світі майже 33 % ґрунтів втратили родючість, а в Україні кількість забруднених і малопродуктивних ґрунтів сягає 15 млн гектарів, при цьому за останні 130 років склад гумусу в черноземах зменшився на 30 %.

Основними екологічними проблемами у відносинах «людина – ґрунт» є:

- **ерозія ґрунтів** – руйнування і знесення верхніх, найбільш родючих горизонтів ґрунту під дією вітру (вітрова еrozія), потоків води (водна), перевипасання (пасовищна), зрошення (іригаційна), оранки (агротехнічна) (іл. 79);
- **забруднення важкими металами** – це потрапляння й накопичення в ґрунті металів у концентраціях, що євищими від фонових. Це спричиняє зниження pH, зменшення кількості корисних бактерій (наприклад, бульбочкових бактерій або актиноміцетів), збільшення кількості хвороботворних грибів, зменшення кількості корисних ґрутових комах, червів та ін.



Іл. 79. Водна еrozія на полях

Грунт є початковою ланкою ланцюгів живлення, що призводить до накопичення сполук важких металів у харчових продуктах. Саме тому вісім металів (ртуть, кадмій, свинець, миш'як, мідь, стронцій, цинк, залізо) включені комісією ВООЗ до переліку компонентів, вміст яких обов'язково має контролюватися у харчових продуктах.

- **радіоактивне забруднення** – це потрапляння й накопичення в ґрунті радіонуклідів (Цезій-137, Стронцій-90, Калій-40) у концентраціях, що євищими від фонових;
- **засолення** – процес накопичення в ґрунтах легкорозчинних солей (хлоридів, сульфатів і карбонатів). Це явище може бути наслідком підвищеного вмісту їх у корінній породі й подальшим винесенням у ґрунт або тривалого накопичення в умовах високого випарування вологи з розташованих близько від поверхні ґрутових вод (ил. 80).



ил. 80. Засолені ґрунти

Отже, катастрофічний стан ґрунтів вимагає невідкладних, науково обґрунтованих заходів щодо їх охорони.

### У чому полягає необхідність охорони ґрунтів?

Найважливішим заходом збереження ґрунтів є правильне формування культурного агроландшафту. У кожній екосистемі має бути своє, науково обґрунтоване співвідношення між полем, лісом, луками, болотами, водоймами. Це дасть найвищий господарський ефект і збереже довкілля. Не менш важливою справою є організація й дотримання сівозмін. Зберегти ґрунт допоможуть і переход на прогресивні форми обробітку землі, ефективні та легкі машини й механізми, скорочення повторного обробітку ґрунту, переход на безплужний обробіток, а також впровадження органічного (біологічного) землеробства без застосування отрутохімікатів і неякісних мінеральних добрив. Ще один ефективний метод знезараження ґрунтів – **фітомедіація**. Цей метод полягає в тому, що рослинне коріння всмоктує пестициди й розкладає їх на шкідливі речовини. Застосування фіtotехнологій може не лише зменшити рівень забруднення довкілля стійкими органічними ксенобіотиками, а й повернути рекультивовані землі в систему землекористування та аграрного виробництва.

Для захисту ґрунтів від ерозії здійснюють лісомеліоративні (полезахисні смуги, насадження навколо ставків), гідротехнічні (водозатримувальні вали), агротехнічні (залуження багаторічними травами, скріплення коренями рослин) та інші заходи.

З метою охорони ґрунтів, забезпечення виконання ними функцій встановлюються державні нормативи якості ґрунтів, нормативи допустимих впливів на ґрунти тощо.

Правове регулювання у сфері охорони земель здійснюється відповідно до Конституції України, Земельного кодексу України, Закону України «Про охорону земель».

Отже, **охорона ґрунтів** – система правових, організаційних, технологічних та інших заходів, спрямованих на збереження й відтворення родючості та цілісності ґрунтів, їх захист від деградації, ведення сільськогосподарського виробництва з дотриманням ґрунтозахисних технологій та забезпеченням екологічної безпеки довкілля.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### **Самостійна робота з таблицею. Екологічні проблеми літосфери**

За допомогою таблиці визначте сутність та причини найпоширеніших екологічних проблем літосфери.

Назва	Сутність	Причини
Деградація ґрунтів		
Ерозія ґрунтів		
Забруднення важкими металами		
Радіоактивне забруднення		
Засолення ґрунтів		

### **Біологія + Екологія. ЧАЕС і ґрунти України**

Після аварії на ЧАЕС радіонуклідами забруднено понад 4,6 млн гектарів земель 12 областей України (іл. 81). Найбільш забрудненими залишаються лісові ґрунти, а ліси є найбільш критичними екосистемами з погляду надходження таких радіонуклідів, як Цезій-137 і Стронцій-90 по трофічних ланцюжках до людини. Що таке радіонукліди? Чому в наш час найбільшу небезпеку становлять ізотопи Цезію і Стронцію? Чому саме в лісовах ґрунтах ступінь радіоактивного забруднення є найбільшим?



Іл. 81. Рудий ліс у Чорнобильській зоні відчуження



## СТАВЛЕННЯ

### **Біологія + Економіка. Інвестиції в агробізнес**

«У найближчі 30 років фермери стануть найбагатшими людьми на планеті. Якби я шукав сферу інвестиції грошей, я став би фермером або вклад гроши в тямущого фермера. Якщо уряд України зможе допомогти своїм аграріям – вони незабаром будуть їздити на ламборгіні», – таку думку висловив відомий американський фінансовий аналітик Д. Роджер. Так, в Україні є родючі чорноземи й сприятливі погодно-кліматичні умови, і українці традиційно обізнані в аграрній справі й мають бажання нею займатися. Справа лише за одним – залученням інвестицій. Висловіть свої судження про те, що має зробити уряд для залучення інвестицій в український агробізнес. Яке значення в розвитку агроекосистем мають ґрунти?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке забруднення ґрунтів? 2. Назвіть найпоширеніші забруднювачі ґрунтів. 3. Назвіть основні джерела забруднення ґрунтів. 4. Назвіть екологічні проблеми ґрунтів, що виникли внаслідок діяльності людини. 5. Що таке охорона ґрунтів? 6. Наведіть приклади ґрунтозбережувальних заходів.
7 – 9	7. Які основні джерела антропічного забруднення ґрунтів? 8. Які наслідки антропічного впливу на ґрунти? 9. У чому полягає необхідність охорони ґрунтів?
10 – 12	10. Яке значення у розвитку агроекосистем мають ґрунти?

Зменшення біорізноманіття живої природи –  
найзагрозливіша серед змін довкілля, що відбуваються нині.  
Е. Уілсон

## § 51. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

**Основні поняття й ключові терміни: БІОРІЗНОМАНІТТЯ. Збереження біорізноманіття.**

**Пригадайте!** Що таке біорізноманіття?



### Вступна вправа

Живі організми виявляють дивовижну здатність до адаптацій. Перед вами організми-ендеміки найпосушливішої пустелі світу, розташованої на території країни, чий герб зображеній на ілюстрації. Виберіть із поданого переліку назви організмів і пустелі: саксаул, вельвічія дивна, орлан-крикун, орлан-білохвіст, антилопа гну, антилопа орікс, Гобі, Наміб. Чому, незважаючи на дивовижну адаптованість, видове різноманіття внаслідок антропічних впливів зменшується?



### ЗМІСТ

#### Які основні причини зменшення біорізноманіття?

**БІОРІЗНОМАНІТТЯ** – це розмаїття організмів, видів та їхніх угруповань. Нині внаслідок діяльності людини скорочується генетичне, видове й екосистемне біорізноманіття. За даними науковців, до 50 % таксономічних груп перебувають під загрозою зникнення, на 60 % зменшилась кількість видів хребетних тварин у світі. Скорочується біорізноманіття не лише в природних екосистемах. Це стосується й різноманіття порід або сортів у агрономічних екосистемах. Наука, що вивчає формування й еволюцію біорізноманіття, називається **диверсикологією**.

Загальною причиною стрімкого зменшення біорізноманіття екологи називають «велике прискорення» – *стрімке зростання показників діяльності людини* (видобуток корисних копалин, урбанізація, збільшення кількості населення).

Які ж основні причини деградації біорізноманіття?

**Руйнування природного середовища життя** – основна причина вимирання видів. Лісорозробки, гірничі роботи, вирубування дерев під пасовиська, будівництво дамб, автострад скороочують площі екосистем, позбавляють тварин місць живлення й розмноження. Загальний стан екосистем, або показники індексу живої планети, за останні десятиліття знизились на 37 %.

**Збільшення частки чужорідних видів** (біологічне забруднення). Інвазійні види – види, які розповсюджуються природним шляхом або за допомогою людини й становлять значну загрозу для флори й фауни певних екосистем, конкуруючи з місцевими видами за екологічні ніші. Процес розселення диких видів на нових територіях називається **біологічною інвазією**. Відомими прикладами таких видів є: колорадський жук, фітофтора, філоксера виноградна, кріль європейський, водяний гіацинт, елодея канадська (іл. 82).



Іл. 82. Інвазійні види: 1 – опунція (*Opuntia stricta*); 2 – китайський волохатий краб (*Eriocheir sinensis*); 3 – коза (*Capra hircus*); 4 – жаба ага (*Bufo marinus*)

**Надмірна експлуатація природних ресурсів.** За останнє тисячоліття площа лісів Землі зменшилася майже на третину, скоротилися рибні ресурси, зникають родючі ґрунти.

**Швидке зростання кількості населення.** За прогнозами вчених, через високі темпи росту кількості населення на планеті в найближчі 30 років воно становитиме близько 10 млрд людей.

**Зміна клімату й глобальне потепління.** Кліматичні моделі показують, що в ХХІ ст. середня температура поверхні Землі може підвищитися на 1,1 – 6,4 °C, що призведе до змін у кількості та розподілі атмосферних опадів, танення льодовиків Гренландії та Антарктики. Внаслідок цього можуть почастішати повені, посухи, урагани, знизяться різноманітність та врожайність сільськогосподарських культур.

Отже, антропічний вплив призводить до зменшення біорізноманіття внаслідок руйнування місць існування, збільшення частки чужорідних видів, зміни клімату, надмірної експлуатації ресурсів, зростання кількості населення.

### Які наслідки антропічного впливу на біорізноманіття?

Діяльність людини серйозно порушила стан довкілля, в т. ч. катастрофічно вплинула на біорізноманіття.

**Зникнення видів.** За оцінками фахівців, за останні декілька століть внаслідок діяльності людини темпи зникнення видів зросли майже в 1 000 разів порівняно зі звичайними темпами, характерними для різних етапів історії Землі.

**Проблеми вселення нових видів.** Встановлено, що з другої половини ХХ ст. загострилися проблеми біозабруднення, пов’язані з **акліматизацією** (пристосуванням до умов нового середовища та нових угруповань й екосистем) і **реакліматизацією** (переселенням організмів у місця, де вони раніше проживали, але з різних причин зникли).

Вселення чужорідних видів часто чинить негативний вплив на аборигенні види та природні екосистеми в цілому. Звільнившись від загрози, що надходила від хижаків у них на батьківщині, вони процвітають на нових територіях, монополізують джерела їжі й відтворюються з високою швидкістю. Крім того, існує небезпека їхньої гібридизації з корінними видами, які втрачають генетичну індивідуальність. Нині чужорідні види представляють усі таксономічні групи і загрожують біорізноманіттю в глобальному масштабі. Загальне число чужорідних видів, що адаптувалися до нових умов, зросло до 500 тисяч – це вдвічі більше, ніж 60 років тому. До найнебезпечніших видів-агресорів в Україні належать *папуга мандрівний*, *zmієголов*, *борщівник Сосновського*, *ротан-головешка*, *гірчак японський*, *рапана венозна*, *мнеміонцис*.

## **Поширення алергених видів рослин-бур'янів.**

Ввезення до країн різноманітної продукції рослинництва є однією з причин появи низки небезпечних бур'янів, поширення яких розглядається як загроза екологічній безпеці цих країн. Так, в Україні найбільш небезпечними для людини є: амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*), чорнощир звичайний (*Iva xanthiiifolia*), полин гіркий (*Artemisia absinthium*), лутуга розлога (*Atriplex patula*), лобода біла (*Chenopodium album*) (іл. 83).



Іл. 83. Амброзія полинолиста

**Масові епідемії.** Втрата біорізноманіття і порушення процесів саморегуляції в екосистемах стають причиною масових захворювань (наприклад, лихоманки Зіка, холери).

Отже, сучасний стан біорізноманіття викликає глибоке занепокоєння та потребує вжиття кардинальних заходів.

## **Чому збереження біорізноманіття є необхідною умовою стабільності біосфери?**

**Збереження біорізноманіття** – це сукупність заходів, спрямованих на охорону окремих популяцій, видів та екосистем у цілому разом з їхнім середовищем існування. Біорізноманіття як величезний генофонд планети є одним із дуже важливих механізмів забезпечення стабільності біосфери. Що він різноманітніший, то легше біосфера адаптується до нових умов.

**Стабільність біосфери** – це властивість, заснована на високому рівні різноманіття живих організмів, окрім групи яких виконують різні екологічні функції. Значення біорізноманіття для стабільності біосфери полягає в тому, що воно:

- виконує буферну роль у біосфері, завдяки чому зменшує негативний вплив абіотичних чинників (наприклад, поглинання й біоакумуляція забруднювачів);
- забезпечує біологічний кругообіг речовин та енергії (наприклад, участь мікроорганізмів у кругообігу Нітрогену, Сульфуру, Феруму);
- регулює кліматичні процеси на Землі (наприклад, вплив лісів на водний баланс Землі);
- бере участь у запобіганні масовим захворюванням (зменшення біорізноманіття супроводжується збільшенням кількості тварин-носіїв небезпечних інфекцій).

Для збереження і використання біорізноманіття в інтересах теперішнього і майбутнього покоління було прийнято **Конвенцію ООН про охорону біорізноманіття** (Ріо-де-Жанейро, 1992) і **Всесвітійську стратегію збереження біологічного та ландшафтного різноманіття** (Софія, 1995). Основні положення цих документів в Україні реалізуються на засадах Концепції Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005 – 2025 роки (2004).

Основними напрямами діяльності щодо збереження біорізноманіття є: збереження природних екосистем та оздоровлення аграрних екосистем; збереження видів та популяцій; створення екологічної мережі та природоохоронних документів; новий оселищний підхід до охорони біорізноманіття – збереження природних оселищ, тобто місць існування видів, що дає змогу зберегти види, їх угруповання й умови, необхідні для їхнього виживання та нормального розвитку.

Отже, головна причиною збереження біорізноманіття є його провідна роль у забезпеченні стабільності екосистем та біосфери в цілому.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

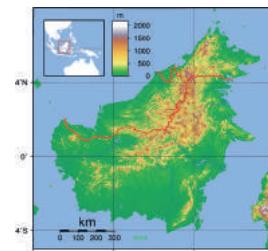
### Самостійна робота з таблицею. Причини деградації біорізноманіття

Заповніть таблицю характеристики причин деградації біорізноманіття. Поясніть, чому втрата біологічного різноманіття є однією з глобальних екологічних проблем.

Причина	Визначення	Приклади
Руйнування природного середовища життя		
Збільшення частки чужорідних видів живих організмів		
Надмірна експлуатація природних ресурсів		
Швидке зростання кількості населення		
Загроза глобального потепління		

### Біологія + Екоетика. Чи існують у природі «шкідливі» види?

В екології є класичний приклад про екологічні взаємозв'язки. Для того щоб позбутися комарів – переносників малярії, у 70-ті роки ХХ ст. на острові Калімантан в Індонезії обробили місцевість пестицидом ДДТ. Після цього там почали котися загадкові події. Спершу обавлювалися дахи будинків місцевих жителів, потім масово гинули кішки, а згодом на острові поширилася чума. Поєднайте взаємозв'язками такі організми, як чумна паличка, блохи, пацюки, таргани, терміти, ящірки, кішки, людина, і поясніть, чому так сталося. Висловіть судження щодо твердження про те, що з екологічного погляду «шкідливих» видів організмів у природі не існує.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Лісове господарство. Чи варто робити заліснення Степу?

У степах є ділянки, непридатні для оранки (схили, балки, кам'янисті та крейдові відслонення). Не маючи можливості висаджувати на таких ділянках, наприклад, жито, їх передали під лісорозведення, щоб «не дати землі гуляти». На таких територіях почали створювати штучні лісонасадження. Застосуйте екологічні знання та поясніть, чому саджати ліс у Степу більш шкідливо, ніж корисно.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біорізноманіття? 2. Назвіть основні причини деградації біорізноманіття. 3. Що таке акліматизація й реакліматизація? 4. Наведіть приклади видів-вселенців свого регіону. 5. Що таке збереження біорізноманіття? 6. Яке значення біорізноманіття для біосфери?
7 – 9	7. Які антропічні впливи на біорізноманіття? 8. Які наслідки антропічного впливу на біорізноманіття? 9. Чому збереження біорізноманіття є необхідною умовою стабільності біосфери?
10 – 12	10. Поясніть, чому втрата біологічного різноманіття є однією з глобальних екологічних проблем.

Плані захистити повітря та воду й дику природу  
насправді є планами захисту людини.  
С. Юдалл

## § 52. ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА В УКРАЇНІ

**Основні поняття й ключові терміни: ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА. Екологічна політика України.**

**Пригадайте!** Що таке біосфера?



### Поміркуйте!

«Ми – перше покоління, яке має чітке уявлення про цінність природи та наш величезний вплив на неї. І можемо стати останнім поколінням, яке здатне діяти, щоб змінити тенденції. Час відтепер і до 2020 р. стане вирішальним періодом в історії», – говориться у звіті Всесвітнього фонду природи (англ. World Wide Fund for Nature, WWF) «Жива планета-2018». Що можуть уряди, зокрема і в Україні, бізнес та громадські організації зробити для того, щоб взяти курс на сталий розвиток?



### ЗМІСТ

#### У чому полягає суть екологічної політики?

**ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА** – це діяльність суспільства і держави, спрямована на охорону та оздоровлення природного середовища, ефективне поєднання функцій природокористування і охорони довкілля, забезпечення екологічної безпеки громадян. Поява терміну свідчить про визнання людським суспільством третього виміру в політиці – екологічного (окрім економічного й соціального).

**Ієрархія екополітики** складається як мінімум з чотирьох рівнів: 1) **міжнародно-глобальної екополітики** (наприклад, встановлюються економічні зони в Світовому океані, квоти на вилучення природних ресурсів, вводяться заборони на скидання речовин); 2) **регіональної екополітики** (наприклад, створення прикордонних заповідників, співпраця країн щодо контролю за перенесенням біозабруднювачів); 3) **національної (державної) екополітики** (наприклад, прийняття і реалізація природоохоронних законів, міжнародних договорів); 4) **локальної екополітики** (наприклад, політика економічного району або міста).

**Цілі** екополітики встановлюються на глобальному та національному рівнях. На регіональному та місцевому рівнях вони конкретизуються, виходячи із специфіки території. На національному та регіональному рівнях використовується поняття **стратегічних цілей**, для реалізації яких намічають конкретні **напрями дій**. На основі визначених напрямів розробляються механізми та заходи їхньої реалізації – **інструменти екополітики** (наприклад, оцінювання впливу на довкілля, екологічний рейтинг забруднених територій).

**Основні принципи** сучасної екополітики реалізуються в рамках Концепції сталого розвитку, в основі якої – ідея узгодженого керування трьома взаємопов'язаними сферами – економікою, екологією та соціальними процесами. Зазвичай ці принципи закріплюються установчими договорами. Так, у статті Договору про заснування Європейського Співтовариства визначаються принципи

його екологічної політики: інтеграція, «забруднювач платить», попередження, перестороги, збереження біорізноманіття та ін.

Отже, екологічна політика є координуючою ієрархічною першоосновою для досягнення цілей у сфері раціонального природокористування, охорони довкілля і екологічної безпеки.

## Які засади екологічної політики України?

Реалізація екологічної політики здійснюється на міжнародному (глобальному), державному (національному), регіональному (обласному) та місцевому (міста, села) рівнях.

Екологічна політика на державному рівні формується **Міністерством екології та природних ресурсів України**. Основні пріоритети визначено у Проекті Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

Суб'єктами екологічної політики є не лише органи державної влади. Разом з державою реалізацію екологічної політики забезпечують політичні партії, наукові організації, громадські організації, що робить її об'єктом не лише державного, а й публічного управління.

Стратегічними цілями екополітики України є: 1) формування екологічної свідомості, цінностей та освіти; 2) сталий розвиток і збалансоване використання природних ресурсів; 3) впровадження екологічних вимог і норм в усі сфери діяльності; 4) зниження екологічних ризиків для екосистем та здоров'я громадян; 5) розвиток державної системи охорони довкілля (іл. 84).

Основними документами екологічної політики України є: закони (наприклад, «Про природно-заповідний фонд України», «Про тваринний світ»), концепції (наприклад, Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року), програми (наприклад, Концепція Загальноодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005 – 2025 роки), стратегії (наприклад, Національна стратегія поводження з відходами) та ін. Набули чинності Закони України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017), «Про стратегічну екологічну оцінку» (2018).

У всьому світі громадський екологічний рух давно став одним із суб'єктів екологічної політики. **До найвідоміших природоохоронних організацій світу належать:** Всесвітній фонд природи, Грінпіс (англ. Greenpeace, Зелений мир), Всесвітнє товариство захисту тварин (англ. World Society for the Protection of Animals, WSPA). Найвпливовішими екологічними організаціями України є: Національний екологічний центр, «МАМА-86», «Екологія-Право-Людина», Українська екологічна асоціація «Зелений світ», Всеукраїнська екологічна ліга.



Іл. 84. Стратегічні цілі екополітики України

Отже, **екологічна політика України** – це діяльність державних та неурядових органів, спрямована на забезпечення екологічно збалансованого розвитку.

## Що передбачає міжнародне співробітництво України у сфері екологічної політики?

Основними напрямами міжнародного співробітництва України є: охорона біорізноманіття, охорона транскордонних водотоків і міжнародних озер, зміна клімату, охорона озонового шару, охорона атмосферного повітря, поводження з відходами, оцінювання впливу на довкілля.

Історично першим глобальним форумом з питань охорони довкілля стала Стокгольмська конференція ООН 1972 р. За її ініціативою створено Програму ООН з довкілля (ЮНЕП). Важливою подією в діяльності міжнародного природоохоронного руху була Генеральна Асамблея МСОП у 1978 р. Тоді ж було запроваджено такі документи, як Червона книга, Зелена книга. У 1983 р. була створена Всесвітня комісія з навколошнього середовища і розвитку (Комісія Г. Х. Брундтланд). Якісно новим етапом щодо охорони довкілля стала Конференція ООН, що відбулася в 1992 р. в Ріо-де-Жанейро. Представники 179 урядів прийняли низку документів про принципи і основні дії з метою сталого розвитку. У 2015 р. на Саміті в Нью-Йорку було схвалено **Цілі сталого розвитку** на період до 2030 р. У рамках цієї концепції й реалізуються основні напрями сучасної екологічної політики України. Ведучу роль у міжнародно-правовій охороні довкілля виконують Генеральна Асамблея ООН і Всесвітня хартія природи.

Розвиток міжнародного співробітництва України у сфері охорони довкілля передбачає:

- врахування рекомендацій всесвітніх самітів зі сталого розвитку;
- забезпечення участі в діяльності таких міжнародних організацій, як Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО), Міжнародна спілка охорони природи (МСОП), Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ), Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Продовольча і сільськогосподарська організація ООН (ФАО), Всесвітня метеорологічна організація (ВМО);
- залучення зовнішньої допомоги в сектор охорони довкілля;
- актуалізація чинних міжнародних стандартів;
- забезпечення виконання важливих міжнародних документів (*Конвенція про оцінку впливу на навколошнє середовище у транскордонному аспекті*, *Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі*, *Конвенція із захисту озонового шару та ін.*). Так, для забезпечення функціонування єдиної європейської мережі природоохоронних територій, згідно з Бернською Конвенцією про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі, Україна розробила та винесла на обговорення проект Закону «Про території Смарагдової мережі».

Отже, міжнародне співробітництво України у сфері охорони довкілля розвивається на рівні узгодження і коригування дій державних органів у глобальних міжнародних програмах, а також шляхом допомоги ЄС у реалізації конкретних проектів.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею

Ознайомтеся з Проектом Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» та визначте за допомогою таблиці основні її особливості. Сформулюйте власну позицію щодо дієвості нової екологічної політики в Україні.



Ознака	Основні характеристики
Першопричини екологічних проблем України	
Мета державної екологічної політики	
Засади державної екологічної політики	
Принципи державної екологічної політики	
Інструменти державної екологічної політики	
Стратегічні цілі та завдання державної екополітики	
Етапи реалізації державної екологічної політики	
Моніторинг та оцінювання виконання	

### Біологія + Нові технології. Побутові відходи як екологічна проблема

Щороку людство продукує понад 2 млрд тонн сміття. А це близько 2 т на рік на людину. У багатьох країнах світу давно замислилися над тим, як уникнути перетворення планети на великий смітник. Виявляється, сміття можна переробляти і робити з нього або речі, або електричну енергію, або тепло, а сміттєспалювальні заводи перетворювати на теплоелектростанції і водночас мистецькі об'єкти. Поясніть необхідність правильної утилізації побутових відходів.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Політика. ЮНЕП і Україна

Програма ООН з довкілля (ЮНЕП) – міжурядова програма, створена за ініціативою Стокгольмської конференції ООН з довкілля. Україна співпрацює з ЮНЕП від часу заснування цієї організації. У 1994 р. утворений Український комітет співробітництва з ЮНЕП. У його складі 20 регіональних відділень, що діють на базі університетів, ботанічних садів і екологічних центрів. Яка мета ЮНЕП і якими є результати співпраці України з ЮНЕП?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке екологічна політика? 2. Яка основна мета екополітики? 3. Що таке екологічна політика України? 4. Назвіть цілі екологічної політики України. 5. Наведіть приклад міжнародних угод, в яких брала участь Україна. 6. Назвіть основні міжнародні природоохоронні організації, членом яких є Україна.
7 – 9	7. Які основні характеристики екологічної політики? 8. Які засади екологічної політики України? 9. Що передбачає міжнародне співробітництво України у сфері екологічної політики?
10 – 12	10. Сформулюйте власну позицію щодо дієвості екологічної політики в Україні.

Зброя, сітки та бульдозери: сьогодні старі загрози все ще  
домінують серед чинників знищення видів.  
Зі звіту «Жива планета-2018»

## § 53. ЧЕРВОНА КНИГА ТА ЧОРНИЙ СПИСОК ВИДІВ ТВАРИН. ЗЕЛЕНА КНИГА УКРАЇНИ

**Основні поняття й ключові терміни: ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ. ЧОРНІ СПИСКИ ВИДІВ ТВАРИН. ЗЕЛЕНА КНИГА УКРАЇНИ.**

**Пригадайте!** Що таке Червона книга? Зелена книга? Чорний список?



### Поміркуйте!

Основним показником, за яким визначається стан біорізноманіття, є *Індекс живої природи*. Окрім цього, застосовують ще три індикатори: *індекс оселищ видів* (характеризує зміни в поширенні видів), *індекс цілісності біорізноманіття* (аналізує зміни всередині виду) та *індекс Червоного списку МСОП* (відстежує ризики вимирання видів). А з якою метою був створений Червоний список МСОП?



### ЗМІСТ

#### Яке значення Червоного списку МСОП?

Перший Міжнародний червоний список з'явився у 1953 р. під егідою міжнародної неурядової організації при ЮНЕСКО – Міжнародної спілки охорони природи (МСОП). Цей список назвали «Червоною книгою фактів» (*Red data book*). Він був надрукований на папері червоного кольору. Назву «Червона книга» запропонував відомий англійський еколог *Літер Скотт* (1909–1989), який на той час був головою Міжнародної комісії з рідкісних видів. Із того часу в усіх країнах світу стали видавати подібні переліки, хоча папір для них використовується звичайний, а червоною залишається лише обкладинка.

Червоний список МСОП, на відміну від національних червоних книг, не є нормативним документом і жодна держава не зобов'язана виконувати її вимоги. Але завдяки авторитету МСОП вона досі є одним із найважливіших документів для охорони видів. Червоний список МСОП побудовано на критеріях оцінювання статусу видів і ризику їхнього зникнення. Аналіз найпоширеніших загроз для понад 8500 видів із Червоного списку дав змогу виявити основні чинники зниження біорізноманіття. Ними все ще залишаються надмірна експлуатація територій та сільське господарство (іл. 85).



Іл. 85. Види Червоного списку МСОП: 1 – казуар шоломоносний; 2 – ірбіс;  
3 – горила гірська; 4 – тигр амурський; 5 – носоріг яванський

Отже, **Червоний список МСОП** – всеосяжний збірник відомостей про охоронний статус рослин і тварин в усьому світі.

## **Які види занесено до Червоної книги України?**

**ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ** – це список видів тварин, рослин, грибів, які перебувають під загрозою зникнення на території України. У 2009 р. вийшло 3-те видання Червоної книги України. До нього занесено 542 види тварин, 826 видів рослин і грибів. Питання охорони видів фауни і флори, занесених до Червоної книги України, регулюється Законами України «Про Червону книгу України», «Про охорону навколошнього природного середовища», «Про тваринний світ», «Про рослинний світ».

До Червоної книги України передусім заносять реліктові та ендемічні види, види, що перебувають на межі ареалу; види, що мають особливу наукову цінність, а також види, поширення яких швидко зменшується внаслідок господарської діяльності людини. Залежно від стану та ступеня загрози зникнення об'єкти Червоної книги України поділяють на категорії. У виданні Червоної книги 2009 р. для видів застосовано такі критерії:

- **зниклі:** види, про які після неодноразових пошуків, проведених у типових місцевостях або в інших відомих і можливих місцях поширення, немає будь-якої інформації про наявність їх у природі або в спеціально створених умовах (наприклад, тюлень-монах, довгокрил звичайний, кулан, сайгак, соболь, росомаха, стерв'ятник, степовий орел та ін.);
- **зниклі в природі:** види, які зникли в природі, але збереглися у створених умовах (зубр);
- **зникаючі:** види, які перебувають під загрозою зникнення у природних умовах і збереження яких є малоймовірним, якщо триватиме дія чинників, що негативно впливають на їхній стан (трюфель юстівний, ѹжак вухатий);
- **вразливі:** види, які у найближчому майбутньому буде віднесено до категорії зникаючих, якщо триватиме дія чинників, що негативно впливають на їхній стан (махаон, тис ягідний);
- **рідкісні:** види, популяції яких невеликі й на даний час не належать до категорії зникаючих або вразливих, хоча їм і загрожує небезпека (айстра альпійська, лелека чорний);
- **неоцінені:** види, про які відомо, що вони можуть належати до категорії зникаючих, вразливих або рідкісних, але їх ще не віднесено до неї (лілія лісова, видра річкова);
- **недостатньо відомі:** види, які не можна віднести до жодної із зазначених категорій через відсутність необхідної повної і достовірної інформації.

До назви кожного виду організмів у Червоній книзі додається опис характерних рис їхньої будови, поширення, чисельності, перелік заходів щодо їхньої охорони. У Книзі також містяться картосхеми розповсюдження та ілюстрації занесених до неї видів. Загальний обсяг кожного нарису був обмежений 2300 знаками.

Отже, Червона книга України – це державний документ, в якому узагальнено матеріали про сучасний стан рідкісних, і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів, на підставі якого розробляються заходи, спрямовані на їх охорону, відтворення і раціональне використання.

## **Які види тварин зникли на Землі внаслідок діяльності людини?**

Станом на 2008 р. у Червоному списку МСОП названо 844 види вимерлих тварин. Підставою для внесення певного виду до Чорного списку є відсутність

достовірних відомостей про його існування принаймні протягом останніх 50 років. У списку вимерлих видів тварин: *гагарка велика, гігантський одуд, голуб мандрівний, деревний шиншиловий щур Мачу-Пікчу, європейський лев, зебра квага, маврикійський дронт, мамут, морська корова, пелікан новозеландський, сумчастий тасманійський тигр, фолклендський вовк, яванський тигр, тур, тарпан та ін.* (il. 86).



Іл. 86. Тур (1), тарпан (2)

Найчастіше винищення зазнавали ендемічні види, які довгий час існували в специфічних умовах ізольовано. Такі види часто не мали природних ворогів і втрачали захисні пристосування, у т. ч. змінювалися поведінкові реакції, птахи втрачали вміння літати. Причиною вимирання таких видів міг бути не прямий, а опосередкований вплив людини: наприклад, завезені людиною навмисно або ненавмисно тварини (кішки, пацюки) або перетворення чи повне знищення природних екосистем через потреби сільського господарства, будівництва, промисловості та з іншою метою.

**Отже, Чорний список видів тварин** – міжнародний перелік видів рослин і тварин, які зникли з лиця Землі, починаючи з 1600 року.

### Які відмінності Зеленої книги від Червоної?

Зелена книга, на відміну від Червоної, є документом для розроблення охоронних заходів щодо збереження, відтворення та використання не окремих видів рослин, а природних рослинних угруповань. Ініціаторами створення Зеленої книги належить українським ботанікам. З'явилася **Зелена книга України** у 1987 р. і до неї було занесено 127 рідкісних й зникаючих угруповань. Найбільше серед них лісових (наприклад, угруповання звичайнососнових жовторододендронових лісів, ялинові ліси Полісся), водних (наприклад, формація латаття білого) і степових (наприклад, формації ковили української) ценозів (il. 87).



Іл. 87. Угруповання звичайнососнових жовторододендронових лісів

**Отже, ЗЕЛЕНА КНИГА УКРАЇНИ** – офіційний державний документ, в якому зведено відомості про сучасний стан рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, та типових природних рослинних угруповань, які підлягають охороні.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Практична робота 3

##### Оцінка екологічного стану свого регіону

**Мета роботи:** формувати уміння оцінювати екологічний стан території, розвивати навички проведення спостережень й аналізу впливу людини на довкілля.

**Актуалізація знань: Екологічний стан регіону** – це набір відомостей щодо екологічної ситуації певної території або екосистеми, яка склалася внаслідок впливу людини, в т. ч. інформація стосовно її екологічних проблем. Для оцінювання впливу на навколошнє середовище виокремлюють такі його компоненти: клімат і мікроклімат, повітряне середовище, геологічне середовище, водне середовище, ґрунти, рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти.

## Хід роботи

- I. **Оцініть природний комплекс свого регіону** за планом: 1) географічне положення; 2) особливості рельєфу; 3) кліматичні особливості; 4) гідрографічні особливості; 5) особливості ґрунтів; 6) домінуючі види рослин і тварин.
- II. **Схарактеризуйте зміни, що відбулися чи відбуваються внаслідок діяльності людини** за планом: 1) зміни рельєфу (кар'єри, дамби, зсуви); 2) зміни водних об'єктів (забруднення, замулювання, осушування в струмках, річках, озерах); 3) характеристика змін ґрунтів (ерозія, засолення, забруднення добривами, нафтопродуктами); 4) зміни видового складу рослин (вирубування, випалювання, випасання, поява нових видів); 5) зміни видового складу тварин (масове розмноження, відстрілювання, вселення).



- III. **Визначте антропічні впливи** (основні типи забруднення, джерела забруднення та екологічні проблеми гідросфери, атмосфери, ґрунтів та біорізноманіття). Запропонуйте способи їх розв'язування та складіть мапу екологічного стану свого регіону.

## IV. Підсумки роботи.



### СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Екологія. Зниклі види України

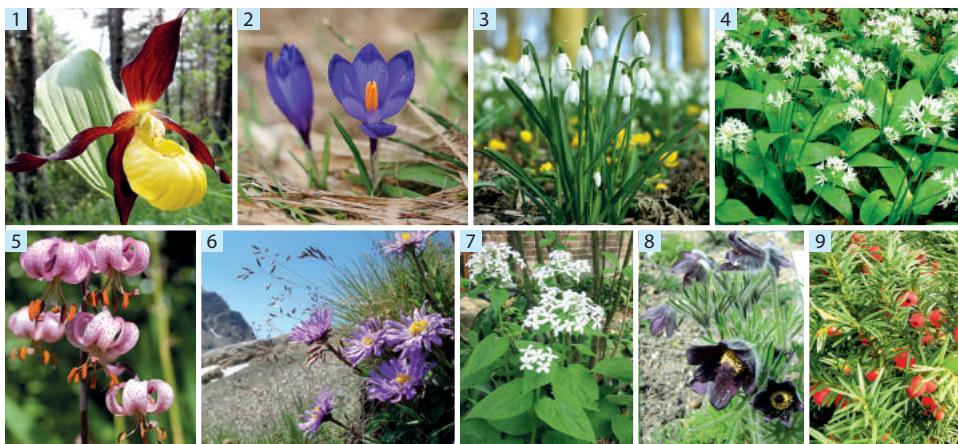
В Україні розпочато кампанію «Зниклі сторінки. 404», в якій звертають увагу українців на ті види, популяції яких зникли в країні протягом останнього півстоліття: *тулень-монах*, *ховрах європейський*, *довгокрил звичайний* та *осетер європейський*. Відповідно до даних Червоної книги ці тварини вважаються зниклими. Які причини їхнього зникнення? Що втратила природа зі зникненням цих видів?



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке Червоний список МСOP? 2. Що таке Червона книга України? 3. Наведіть приклади видів, занесених до Червоного списку МСOP і Червоної книги України. 4. Що таке Чорний список видів тварин? 5. Назвіть зниклі види тварин України. 6. Що таке Зелена книга?
7 – 9	7. Яке значення та категорії Червоної книги? 8. Які види тварин зникли на Землі внаслідок діяльності людини? 9. Які відмінності Зеленої книги від Червоної?
10 – 12	10. Оцініть екологічний стан свого регіону.

## Сторінка ілюстрацій



Іл. 88. Рослини Червоної книги України: 1 – зозулині черевички справжні (вразливий вид); 2 – шафран Гейфеля (неоцінений вид); 3 – підсніжник білосніжний (неоцінений вид); 4 – цибуля ведмежа (неоцінений вид); 5 – лілія лісова (неоцінений вид); 6 – айстра альпійська (рідкісний вид); 7 – місячниця (лунарія) оживаюча (неоцінений вид); 8 – сон лучний (неоцінений вид); 9 – тис ягідний (вразливий вид)



Іл. 89. Тварини Червоної книги України: 1 – жук-олень (рідкісний вид); 2 – махаон (вразливий вид); 3 – стерлядь прісноводна (зникаючий вид); 4 – саламандра плямиста (вразливий вид); 5 – мідянка звичайна (вразливий вид); 6 – лелека чорний (рідкісний вид); 7 – пугач (рідкісний вид); 8 – їжак вухастий (зникаючий вид); 9 – видра річкова (неоцінений вид); 10 – зубр (зниклий у природі)



Іл. 90. Гриби Червоної книги України: 1 – трюфель їстівний (зникаючий вид); 2 – зморшок степовий (рідкісний вид); 3 – боровик бронзовий (вразливий вид); 4 – решіточник червоний (рідкісний вид); 5 – модринова губка (зниклий вид)

Сталий розвиток – це такий розвиток суспільства, що задовільняє потреби нинішніх поколінь і не ставить під загрозу можливості наступних поколінь задовільняти свої потреби.

Г. Х. Брундтланд

## § 54. КОНЦЕПЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ

**Основні поняття й ключові терміни: СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПРИРОДИ Й СУСПІЛЬСТВА. РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

**Пригадайте!** Що таке сталий розвиток природи й суспільства?



### Вступна вправа

У світі спостерігається тенденція до скорочення чисельності запилювачів, серед яких **джміль кам'яний**.

Зіставте основні причини деградації біорізноманіття з ілюстраціями: 1 – зміна клімату; 2 – інвазійні види; 3 – руйнування природного середовища життя; 4 – надмірна експлуатація природних ресурсів; 5 – зростання кількості населення. За умови правильного зіставлення ви отримаєте назив автора інноваційної економічної теорії сталого розвитку.

й  
л  
і  
е  
д



### ЗМІСТ

#### **Яке значення Концепції сталого розвитку?**

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПРИРОДИ Й СУСПІЛЬСТВА** (англ. *sustainable development*) – розвиток суспільства, за якого економічне зростання, матеріальне виробництво і споживання відбуваються в межах, що визначаються властивістю екосистем до самовідновлення. Термін «сталий розвиток» пов'язують з ім'ям прем'єр-міністра Норвегії Г. Х. Брундтланд, яка сформулювала його в звіті «Наше спільне майбутнє» для ООН (1987). Стратегію сталого розвитку проголошено на Конференції ООН з навколошнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992). Концепція сталого розвитку набула свого сформованого вигляду в 2015 р. на Саміті ООН зі сталого розвитку в Нью-Йорку, на якому було схвалено глобальну програму, що містить 17 цілей сталого розвитку, яких світ має досягнути до 2030 р. (іл. 91).

Сталий розвиток полягає в збалансованому розвитку економічного, соціального та екологічного компонентів. Основною метою сталого розвитку є збереження людства, а завданнями – збереження умов існування екосистем і біосфери. Концепція сталого розвитку ґрунтуються на п'яти принципах.

1. За умови екологізації економіки й суспільного життя людство може надати розвитку суспільства сталого характеру, що відповідає потребам людей сучасного й майбутніх поколінь (**принцип екологізації**).
2. Обмеження, що існують у галузі експлуатації природних ресурсів, пов'язані із сучасним рівнем техніки і соціальної організації, а також із здатністю біосфери до самовідновлення (**принцип екоресурсної ємності**).
3. Необхідно задовільнити елементарні потреби всіх людей і всім надати можливість реалізувати свої надії на благополучне життя (**принцип соціальної рівноправності**).

4. Необхідно співвіднести споживання з екологічними можливостями планети, зокрема щодо використання енергії (**принцип сталого споживання та виробництва**).
5. Розвиток людства й природи має відбуватися в їхній постійній взаємодії (**принцип коеволюції**).



Іл. 91. Глобальні цілі сталого розвитку

У рамках цієї Концепції й реалізуються основні напрями сучасної екологічної політики України. 15 вересня 2017 р. уряд України представив Національну доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна». У доповіді представлено 17 глобальних цілей з урахуванням специфіки національного розвитку.

Отже, сталий розвиток – це модель розвитку суспільства, спрямованого на задоволення людських потреб з одночасним забезпеченням сталості довкілля.

### Які основні принципи природокористування в контексті сталого розвитку?

Природні ресурси класифікують за різними критеріями: за належністю до компонентів природи – мінеральні, кліматичні, лісові, водні; за можливістю відтворення в процесі використання – вичерпні (відновлювані й невідновлювані) й невичерпні. До природних ресурсів належать сонячна енергія, атмосфера, гідросфера, наземна рослинність, ґрунт, тваринний світ, ландшафт, корисні копалини.

Природокористування є теорією та практикою раціонального використання людиною природних ресурсів у середовищі суспільно-виробничої діяльності, спрямованої на задоволення потреб людства цими ресурсами, а також збереження різноманітності та якості довкілля.

Основними принципами раціонального використання в контексті сталого розвитку є:

- «нульовий рівень» споживання природних ресурсів;
- відповідність антропогенного навантаження ресурсному потенціалу певного регіону;
- збереження цілісності природних екосистем у процесі їх господарського використання;
- збереження природного кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності;
- погодження виробничого й природного ритмів;
- пріоритетність екологічної оптимальності на довгострокову перспективу.

Перехід суспільства до сталого розвитку залежить від екологічної освіти. Її суть полягає в тому, щоб кожна людина усвідомила пріоритетні загальнолюд-

ські цінності, знала про основні джерела порушення природної рівноваги, усвідомлювала свою відповідальність перед суспільством. Компонентом екологічної освіти є екологічне мислення. **Екологічне мислення** – це відображення дійсності, що передбачає усвідомлення людиною екологічних взаємозв'язків природи. Пошук шляхів формування такого мислення та розробка теорії коеволюційного розвитку природи й людської цивілізації є предметом дослідження екології людини, або соціальної екології.

Отже, **РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ** – сфера діяльності і вся сукупність засобів, що застосовує суспільство задля вивчення, освоєння, використання, відновлення, поліпшення й охорони природного середовища та природних ресурсів.

### **У чому полягає необхідність міжнародної взаємодії у справі охорони довкілля?**

Необхідність міжнародного природоохоронного співробітництва на сучасному етапі розвитку продуктивних сил зумовлюється такими чинниками, як:

- глобальний характер багатьох екологічних проблем;
- транскордонний характер забруднення довкілля;
- міжнародні зобов'язання України щодо охорони довкілля;
- наявність міжнародних природних ресурсів;
- вигода від міжнародного обміну досвідом та технологіями;
- можливості залучення міжнародних інвестицій.

Реалізувати стратегію виходу із сучасної екологічної кризи можна лише на основі спільних зусиль щодо природоохоронних дій всіх країн. На теперішній час жодна країна не спроможна розв'язати свої екологічні проблеми самостійно або співпрацюючи з декількома країнами.

Формами міжнародного співробітництва у сфері охорони довкілля є: 1) організація наукових і практичних зустрічей (самітів, конференцій); 2) створення міжнародних організацій (наприклад, Міжнародної комісії з навколошнього середовища й розвитку); 3) укладання офіційних договорів та угод, що координують спільні зусилля з охорони природи (наприклад, Всесвітня хартія природи (1982), Європейська хартія про навколошнє середовище та охорону здоров'я (1989), Міжнародна конвенція про захист рослин (1997), Конвенція про біологічне різноманіття (1993); 4) діяльність міжнародних громадських партій та організацій (наприклад, Грінпіс, Всесвітній фонд дикої природи, Всеукраїнська громадська організація «Жива планета»).

Отже, людство усвідомило навислу небезпеку життю і почало вживати активних заходів щодо охорони довкілля.



### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота з ілюстрацією. Екологічний слід**

**Екологічний слід** (англ. *ecological footprint*) – міра потреб людини в екосистемах планети. Населення часто використовує більше природного капіталу, ніж генерується на його території життя. Т. зв. екологічні межі, що дають змогу природі підтримувати баланс, становлять 2,2 га на одного мешканця. Розгляньте Світову mapu екологічного сліду та сформулюйте закономірності.

## Світова мапа економічного розвитку



## Біологія + Естетика. Краса живої природи й охорона довкілля

Джеральд Даррелл писав про свою зустріч з ягуаром: «На мене скажено блискав очима звір такої краси, що я зойкнув. Хутро в нього було коротким, шовковистим, соковитого золотаво-коричневого кольору, немов дикий мед... Але найдивовижнішими були очі: великі, ледь розкосі на золотавому писку... Очі зелені, точно листи під льодом, блискали, як слюда в променях згасаючого сонця». Що таке природоохоронна естетика? Обґрунтуйте значення естетики й екологічного мислення в розв'язуванні сучасних екологічних проблем.



### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Громадський рух «Жива планета»

##### Місія Всеукраїнської громадської організації «Жива планета»

«Жива планета» – розвиток екологічної демократії та поліпшення стану довкілля та якості життя в Україні. Пріоритетними напрямами діяльності організації у сфері сталого розвитку є «Стале споживання», «Стала енергетика», «Стале виробництво», «Стали закупівлі», «Сталий розвиток населених пунктів», «Сталий спосіб життя й освіта». Доведіть необхідність міжнародної взаємодії державних установ та громадських організацій у справі охорони довкілля.



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке сталий розвиток? 2. Назвіть основні принципи Концепції сталого розвитку. 3. Що таке природні ресурси? 4. Що таке раціональне природокористування? 5. Що таке екологічне мислення? 6. Наведіть приклади, що підтверджують необхідність міжнародної співпраці в справі охорони природи.
7 – 9	7. Яке значення Концепції сталого розвитку? 8. Які основні принципи природокористування в контексті сталого розвитку? 9. У чому полягає необхідність міжнародної взаємодії у справі охорони довкілля?
10 – 12	10. Доведіть необхідність міжнародної взаємодії державних установ і громадських організацій у справі охорони довкілля.

## **Узагальнення теми 8. СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПРИРОДИ Й СУСПІЛЬСТВА** (англ. *sustainable development*) – розвиток суспільства, за якого економічне зростання, матеріальне виробництво і споживання відбуваються в межах, що визначаються властивістю екосистем до самовідновлення. Сталий розвиток полягає в збалансованому розвитку економічного, соціального та екологічного компонентів.

**РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ** – сфера діяльності й уся сукупність засобів, що застосовує суспільство задля вивчення, освоєння, використання, відновлення, поліпшення й охорони довкілля та природних ресурсів.

Прикладними галузями знань, основою для розумного використання ресурсів довкілля, його охорони та забезпечення умов сталого розвитку суспільства є **середовищезнавство** (інвайронментологія) й **охорона довкілля** (інвайронменталістика).

СЕРЕДОВИЩЕЗНАВСТВО. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	
<b>Глобальні екологічні проблеми</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Зміни глобального клімату</li><li>2. Стихійні лиха (пожежі, цунамі, урагани)</li><li>3. Забруднення довкілля</li><li>4. Деградація ґрунтів</li><li>5. Скорочення обсягів чистої води</li><li>6. Загроза продовольчій безпеці</li><li>7. Скорочення біорізноманіття</li></ol>	<b>Види забруднення довкілля</b> <i>За природою поліутантів</i> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Механічне</li><li>2. Фізичне</li><li>3. Хімічне</li><li>4. Біологічне</li></ol> <i>За компонентами біосфери</i> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Забруднення атмосферного повітря</li><li>2. Забруднення водойм</li><li>3. Забруднення ґрунтів</li><li>4. Забруднення екосистем</li></ol>
<b>Стратегічні документи охорони довкілля</b> Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (проект) Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» Закон України «Про охорону атмосферного повітря» Закон України «Про питну воду, питне водопостачання» Закон України «Про охорону земель» Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року Концепція Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005 – 2025 роки Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року (проект)	<b>Джерела забруднення довкілля</b> Хімічна промисловість, металургія, сільське господарство, енергетика, транспорт
<b>Міжнародні природоохоронні організації</b> Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки, культури (ЮНЕСКО) Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП) Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) Всесвітня метеорологічна організація (ВМО)	<b>Наслідки забруднення атмосферного повітря</b> Озонові діри. Парниковий ефект. Смог. Кислотні опади
	<b>Наслідки забруднення водойм</b> Проблема стічних вод і промислових викидів. Евтрофікація водойм. Цвітіння води. Нафтове забруднення. Дефіцит водних ресурсів. Танення льодовиків
	<b>Наслідки забруднення ґрунтів</b> Зменшення площі земельних ресурсів. Деградація ґрунтів
	<b>Наслідки впливу на біорізноманіття</b> Проблеми акліматизації та реакліматизації видів. Поширення алергенних рослин-бур'янів. Масові епідемії. Зникнення видів



## Тема 9. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СЕЛЕКЦІЇ, МЕДИЦИНІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Селекція реалізовує можливості, які є нереальними для природної еволюції.  
З підручника

### § 55. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СЕЛЕКЦІЇ

Основні поняття й ключові терміни: **СЕЛЕКЦІЯ**.

Пригадайте! Що таке селекція?



#### Поміркуйте!

На фрагменті натюрморта Джованні Станкі (1608–1675) зображено кавуни із шістьма серцевинками, що їх споживала людина в середині XVII ст. А поруч – триплоїдні гібридні кавуни без кісточок, що їх вирощують сьогодні. Чому і яким чином кавун звичайний (*Citrullus vulgaris*) так змінився?



#### ЗМІСТ

Які основні напрями сучасних селекційних досліджень?

**СЕЛЕКЦІЯ** (від лат. *selectio* – добір) – наука про створення нових і поліпшенні вже існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Сучасна селекція вирішує свої завдання у трьох аспектах діяльності: 1) поліпшення існуючих сортів культурних рослин й одомашнених тварин; 2) створення нових міжвидових гібридів, порід, сортів і штамів; 3) введення в культуру нових видів (наприклад, введення в культуру ламінарії, салатних рослин – руколи, спаржі, близиліку). Таким чином, селекція реалізовує можливості, що є нереальними для природної еволюції.

Селекційні дослідження є актуальними й у такому аспекті, як інтродукція та реакліматизація видів. Прикладами успішної інтродукції є вселення ондатри болотяної, нутрії, лані європейської,

Селекція як наука	
Розділи селекції	Селекція рослин. Селекція тварин. Селекція мікроорганізмів
Об'єкти селекції	Сорти рослин. Породи тварин. Штами мікроорганізмів
Методи селекції	Штучний добір. Гібридизація. Метод поліплоїдізації. Метод експериментального мутагенезу. Методи генетичної інженерії
Теоретична основа	Генетика. Еволюційна біологія. Екологія. Молекулярна біологія. Молекулярна генетика. Біохімія. Мікробіологія
Сучасні напрями	Маркерна, геномна, адаптивна селекція

фазана звичайного. Відсутність селекційного підходу може мати й негативні наслідки. Так, причиною загибелі зубрів Надвірнянської субпопуляції (Івано-Франківська область) стало неправильне формування стада, в якому виявилися найближчі родичі. Їх близькоспоріднене схрещування призвело до збільшення частоти зустрічальності різноманітних летальних генів і порушень ембріогенезу.

Основними напрямами сучасних селекційних досліджень є маркерна, геномна та адаптивна селекція.

**Маркерна селекція** (англ. *marker assisted selection*) – це використання маркерів для визначення наявності й розташування генів, що відповідають за селекційно-цінні ознаки. Нині найширше використовують молекулярні маркери з ДНК-чіпами. Поширені в селекції рослин і тварин для добору за генотипом та дослідження моногенічних ознак й основних генів локусів полігенічних (кількісних) ознак.

**Геномна селекція** (англ. *genomic selection*) – це тестування геному одразу за великою кількістю маркерів. Сканування геному відбувається за участі ДНК-чіпів з десятками тисяч маркерів. Геномну селекцію застосовують у селекції рослин і тварин для добору організмів за генотипом та дослідження полігенічних ознак.

**Адаптивна селекція** (англ. *adaptive selection*) – виведення сортів і порід з високим адаптивним потенціалом, тобто стійкістю до несприятливих кліматичних змін і захворювань, до різних стресів. Створення адаптивних сортів і порід з високою й стійкою продуктивністю в різних умовах довкілля, стійких до екстремальних умов вирощування, основних захворювань – актуальна проблема сучасної селекції.

Отже, розвиток сучасної селекції відбувається в найтіснішій взаємодії з молекулярною біологією, біохімією, біотехнологією та екологією.

### Які досягнення та завдання сучасної селекції?

Досягнення селекції застосовують у рослинництві, тваринництві, медицині, харчовій, мікробіологічній та інших галузях промисловості, в побуті. Застосування результатів досліджень молекулярної біології (метод полімеразної ланцюгової реакції, ДНК-гібридизації), біохімії (отримання ферментів), застосування методів генної (генетичне рекомбінування) й клітинної (метод культури клітин, метод клонування) інженерії відкрили нові перспективи розвитку. Все ширше використовуються можливості біотехнології (наприклад, технологія генетичного редактування за допомогою систем TALEN і CRISPR/Cas9), що у поєднанні з мікробіологічним синтезом значно пришвидшує селекційний процес.

Селекція сприяла забезпеченню продовольчої безпеки, адже саме завдяки їй було створено нові, стійкі проти вилягання й більш продуктивні сорти рису, пшениці, кукурудзи. Завдяки селекції у 1940–1960 рр. було проведено «Зелену революцію» в Мексиці, Пакистані та Індії.

Нині селекція може стати основою реалізації багатьох глобальних цілей стального розвитку. Це передусім подолання бідності й розв'язування проблем голоду. Станом на 2016 р., за даними Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО), у світі від голоду страждають 815 млн людей, а це 11 % населення Землі. Селекція та її дослідження є важливими для забезпечення міцного здоров'я й благополуччя (створення сортів для органічного землеробства, культур, зернояких має дієтичні та лікувальні властивості), отримання доступної й чистої енер-

гії (створення штамів для отримання біопалива), отримання чистої води та належних санітарних умов (створення сортів рослин, штамів мікроорганізмів для очищення водойм). Отримання штамів мікроорганізмів для розщеплення забруднювачів, створення стійкого посадкового матеріалу для відтворення лісових ресурсів аборигенних видів, підвищення стійкості та біорізноманіття штучних лісових насаджень, створення лісових насаджень з метою отримання продукції (активованого вугілля, живиці, ефірних олій) може забезпечити захист екосистем суходолу (іл. 92).



Іл. 92. Пріоритетні цілі сталого розвитку для селекції

Отже, сучасна селекція є важливою науковою з визначними досягненнями й важливими перспективами для забезпечення сталого розвитку.

### Який внесок вітчизняних учених у розвиток селекції?

Селекційну діяльність в Україні на державному рівні організовує **Національна академія аграрних наук України**, в складі якої такі відомі науково-дослідні установи, як Всеукраїнський науковий інститут селекції у Києві, Інститут картопліарства НААН України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, Селекційно-генетичний інститут в Одесі, Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України, Інститут зернових культур у місті Дніпро, Національний науковий центр Інститут бджільництва ім. П. І. Прокоповича, Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України в Полтаві, Інститут рибного господарства НААН України та ін.

Дуже вагомим є внесок видатних українських науковців у становлення селекції. Всесвітньо відомими селекціонерами є:

- Л. П. Симиренко (1855 – 1920), В. Л. Симиренко (1891 – 1938) – видатні помологи і вчені-садівники;
- В. М. Ремесло (1907 – 1983) – закріпив за Україною статус «житниці Європи», селекціонував 40 сортів зернових колосових культур, які й досі є донорами для сортів пшениць вітчизняної й зарубіжної селекції;
- П. Х. Гаркавий (1908 – 1984) – селекціонер-рослинник, вивів 14 сортів озимого і 23 сорти ярого ячменю;
- М. Ф. Іванов (1871 – 1935) – селекціонер тварин, вивів асканійську породу тонкорунних овець і українську степову білу породу свиней;
- В. С. Пустовойт (1886 – 1972) – селекціонер-рослинник, створив 34 високоолійні сорти соняшнику;
- Л. Л. Семоловський (1868 – 1960) – селекціонер-рослинник, займався створенням сортів цукрового буряку;
- В. Я. Юр'єв (1879 – 1962) – селекціонер рослин, вивів багато сортів озимої і ярої пшениці, проса, кукурудзи та інших культур;
- О. С. Алексєєва (1926 – 2006) – селекціонерка рослин, працювала в галузі селекції гречки, виведено й передано на сортовипробування 30 сортів, 12 з яких районовано.

Отже, вітчизняні селекціонери створили чимало сортів і порід, що стали надбанням національної й світової селекції.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота. Сучасна селекція як основа сталого розвитку

Назвіть цілі сталого розвитку, для реалізації яких селекція може стати основою реалізації. Заповніть таблицю і сформулюйте висновок про роль селекції у розв'язуванні глобальних проблем людства.

Цілі сталого розвитку	Значення селекції

### Біологія + Садівництво. Помологія і династія Симиренків

**Ренет Симиренка** – зимовий сорт яблуні домашньої, один із найвідоміших сортів яблук. Сорт названий Левком Симиренком на честь свого батька Платона, а внук Володимир присвятив своє життя розвитку садівництва.

*To ж, друзі, нам того згадати слід,  
Хто борозну життя провів не мілко.  
Той в пам'яті народу не зачах,  
Як він, що вірив в плодоносний Мліїв.*  
Олекса Ющенко

Що таке помологія? Яке значення мала діяльність родини Симиренків у розвитку селекції рослин? Висловіть своє судження про внесок вітчизняних учених у розвиток селекції.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Цивілізації. Кукурудза і селекція

Кукурудза є найдавнішою культурною хлібною рослиною, що разом з квасолею та гарбузом стала харчовою тріадою доколумбових цивілізацій. Найвідоміші цивілізації ацтеків (Мексиканське нагір'я), майя (півострів Юкатан, Гватемала), інків (Анди, Болівійське нагір'я), чибча (гірська Колумбія) існували завдяки агрокультурі, основою якої була кукурудза. Оцініть значення біологічних наук у селекції цієї культури від дрібної дикої рослини (теосінте) до сучасних високопродуктивних гетерозисних різноварвних сортів.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке селекція? 2. Назвіть напрями розвитку сучасної селекції. 3. Наведіть приклад досягнень селекції. 4. Які основні завдання сучасної селекції? 5. Назвіть селекційні центри України. 6. Назвіть імена видатних вітчизняних селекціонерів.
7 – 9	7. Які основні напрями сучасних селекційних досліджень? 8. Які досягнення та завдання сучасної селекції? 9. Який внесок вітчизняних учених у розвиток селекції?
10 – 12	10. Висловіть своє судження про внесок вітчизняних учених у розвиток селекції.

*Що таке селекція? Це вміння відшукувати у пригорщи  
піску маленьку золоту зернину.*  
*В. М. Ремесло*

## § 56. СУЧАСНІ МЕТОДИ СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН, РОСЛИН І МІКРООРГАНІЗМІВ

Основні поняття й ключові терміни: **Добір. Гібридизація. Індукований мутагенез. Поліплоїдизація. Гетерозис.**

**Пригадайте!** Що таке селекція?



### Новини науки

**Соняшник однорічний** (*Helianthus annuus*) є однією з основних культур України. Вітчизняні селекціонери працюють над створенням високоолійних, промислових і кондитерських сортів, стійких до паразитів (наприклад, вовчка соняшникового) й гербіцидів із застосуванням класичних і нових методів селекції. А якими є ці методи селекції?



### ЗМІСТ

### Які сучасні методи селекції тварин, рослин і мікроорганізмів?

Основними методами селекції є добір, гібридизація, штучний мутагенез і поліплоїдизація.

- **Добір** – метод відбору й збереження особин з певними, цінними для людини ознаками і сприяння їхньому розмноженню. У селекції застосовують масовий (за фенотипом) та індивідуальний (за генотипом) форми добору.
- **Гібридизація** – це метод одержання нащадків внаслідок поєднання генетичного матеріалу різних клітин або організмів. Схрещування можливе як у межах одного виду (внутрішньовидова гібридизація, що буває спорідненою й неспорідненою), так і між особинами різних видів (міжвидова гібридизація).
- **Індукований мутагенез** – метод штучного одержання мутацій, зумовлений спрямованою дією різних мутагенів. У контролюваних умовах цим шляхом можна отримати мутації, що трапляються в природі зрідка або взагалі не виявляються.
- **Поліплоїдизація** – метод отримання організмів зі збільшеною кількістю хромосом, що кратна гаплоїдному набору. Метод застосовують у селекції рослин для підвищення врожайності, подолання стерильності гібридів та ін. А якими є нові пріоритети й методи в селекції?

**I. Розширення спектра генетичної мінливості.** Однією з умов успішної селекційної роботи є різноманітність вихідного матеріалу. З цією метою в сучасній селекції застосовують методи генетичної інженерії (**трансгенез, рекомбіногенез, цисгенез**), створюють генетичні банки. **Генетичні банки** – це сховище насіння, меристем, статевих і соматичних клітин, придатних для відтворення представників видів, сортів і порід. Найбільший генетичний банк у світі – Свалбардський глобальний банк насіння рослин на о. Шпіцберген (Норвегія). В Україні існує Національний центр генетичних ресурсів рослин, в якому на тривале збереження закладено насіння 27 000 зразків 203 видів рослин.

**II. Підвищення ефективності відбору.** Застосування результатів досліджень молекулярної біології, молекулярної генетики, біохімії дають змогу селекціонерам підвищувати ефективність основних методів селекції. Так, у селекції тварин науковці вже здійснюють індивідуальний добір одразу після народження, не очікуючи на прояви ознак чи появу нащадків, що значно прискорює селекційний процес. Перспективним виявився молекулярний підхід, а саме добір за допомогою молекулярних маркерів, що став основою маркерної геномної селекції. Метод гібридизації застосовується на молекулярному (метод гібридизації ДНК) і клітинному (метод гібридизації соматичних клітин) рівнях. Виник новий напрям селекційних досліджень – клітинна селекція. Для екологічної організації селекційного процесу формується адаптивна селекція, методи якої спрямовані передусім на створення високопродуктивних гетерозисних гібридів.

**III. Підвищення інформативності селекційного процесу** досягається завдяки інформаційним технологіям, комп’ютеризації, впровадженню методів моделювання. Наприклад, ефективним є використання в селекції рослин **фітомотронів** (камер штучного клімату), в яких моделюють умови вегетації рослин для експериментальних досліджень, отримують кілька врожаїв за рік і тим самим значно прискорюють селекційний процес.

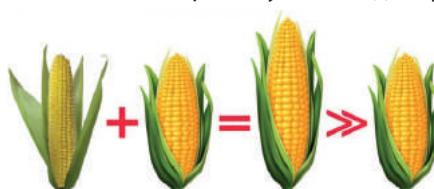
**IV. Скорочення термінів створення сортів, порід і штамів.** Для прискорення процесів селекції було розроблено нові методи, що підвищують результативність. Так, у селекції все ширше використовують методи генної та клітинної інженерії. Набувають поширення новітні біотехнологічні методи (метод соматичного ембріогенезу, метод активації пазушних меристем), що стали основою технології клонального мікророзмноження рідкісних і цінних сортів культурних рослин, відтворення й реакліматизації рідкісних порід і видів тварин, отримання нових штамів мікроорганізмів для розщеплення забруднювачів та ін.

Отже, в сучасній селекції використовують потужний арсенал класичних і новітніх методів для створення й поліпшення вже існуючих порід, сортів й штамів.

### Які генетичні основи гетерозису?

Одним із шляхів підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин і тварин, розв'язування проблеми продовольчої безпеки є застосування явища гетерозису (іл. 93).

Гетерозис, «гібридна сила» – це явище, за якого перше покоління гібридів, одержаних унаслідок неспорідненого схрещування, має підвищена життєздатність і продуктивність порівняно з вихідними батьківськими формами. Генетичними основами гетерозису є різні типи взаємодії алельних і неалельних генів. В одних випадках це може бути **домінування** (домінантні алелі пригнічують шкідливу дію рецесивних алелів у гетерозиготних гібридів), в інших – **наддомінування** (у генотипі гібридних нащадків можуть поєднуватися сприятливі домінантні алелі обох батьків), у третіх – **комплементарність** (поєднання в генотипі сприятливих неалельних домінантних генів). Окрім того, прояв гетерозису за-



Іл. 93. Ефект гетерозису (найкращий прояв у першому поколінні, а потім – згасання)

лежить від умов середовища, значну роль в його появі відіграють взаємодії ядра й цитоплазми. За даними біохімії, у гетерозисних форм часто спостерігається ширший набір ферментів порівняно з батьківськими.

Практичне використання гетерозису ґрунтуються на міжпородному (міжсортовому) і міжлінійному схрещуванні. У рослинництві гетерозис широко використовують під час вирощування соянишника, кукурудзи, цукрового буряку, сорго, у тваринництві – для розведення свиней й бройлерних порід курей. Проблема закріплення гетерозису в рослин розв'язується на основі вегетативного розмноження гібридів, подвоєння наборів хромосом, використання гаплоїдії та методів генетичної інженерії.

**Отже, генетичними основами гетерозису є різні типи взаємодії генів.**

### **Які переваги застосування методів генетичної інженерії у сучасній селекції?**

У створенні нових порід, сортів або штамів селекція стикається з такими проблемами, як несхрещуваність видів, некерованість ззовні процесами рекомбінації ДНК, непередбачуваність комбінацій ознак серед нащадків та ін. На селекційний процес з використанням класичних методів затрачається дуже багато часу, вплив мутагенів чинить шкідливу дію на генетичний матеріал, результати не завжди відповідають очікуваним сподіванням та ін. Через те в сучасній селекції широко застосовують методи генетичної інженерії.

**Генетична інженерія** – напрям науки, метою якого є створення генетичних структур та організмів з новими комбінаціями спадкових ознак. Основними її методами, що мають найширше застосування, є: методи генної (метод молекулярних маркерів, методи секвенування) та клітинної (метод культур, метод гаплоїдів, метод клонування) інженерії.

Перевагою методів генетичної інженерії є забезпечення цілеспрямованої й контрольованої зміни ознак. У селекції ці методи застосовують для генетичного рекомбінування й перенесення генетичного матеріалу:

- **рекомбіногенез** – процес отримання нових поєднань генів, що здійснюється під час статевого розмноження шляхом кросинговеру, незалежного розходження гомологічних хромосом та поєднання гамет під час запліднення;
- **трансгенез** – отримання вихідного матеріалу внаслідок перенесення генів неспоріднених видів організмів (завдяки цьому методу отримано трансгенні сорти картоплі, стійкі проти колорадського жука, сорти цукрового буряку, стійкі проти гліфосату);
- **цисгенез** – отримання вихідного матеріалу внаслідок перенесення генів того самого або близькоспорідненого виду організмів, з яким можливе потенційне схрещування в природі (так, сучасні цисгенні фітофторостійкі сорти картоплі отримано шляхом перенесення генів стійкості від дикого виду картоплі до елітного сорту).

Методи генетичної інженерії значно прискорюють селекційні процеси: термін отримання нових форм організмів скоротився до 3–4 років замість 10–12 років, необхідних із застосуванням методів селекції. У цьому велике значення мають методи маркерної й геномної селекції з використанням **молекулярних маркерів**. Це фрагменти ДНК, що їх використовують для виявлення поліморфізму. Вони перебувають у тісному генетичному зв'язку з геном, відповідальним за аналізовану ознаку (найширше застосування в сучасній селекції мають ДНК-маркери).

І ще одна перевага полягає в тому, що генетична інженерія досліжує рекомбінації методи отримання нових генетичних структур поза організмом, оскільки молекулярна біологія довела, що природні механізми збереження стабільності геному змінити неможливо і небезпечно.

Отже, застосування методів генетичної інженерії забезпечує розширення спектра генетичної мінливості, підвищення ефективності добору та скорочення термінів створення сортів, порід і штамів.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Пріоритети й методи селекції

Заповніть таблицю та сформулюйте висновок про необхідність поєднання класичних новітніх методів селекції.

Пріоритет селекції	Метод селекції
I.	
II.	
III.	
IV.	

### Біологія + Селекція рослин.

#### Цукровий буряк і гетерозис

**Цукровий буряк** (*Beta vulgaris saccharifera*) є різновидом буряку звичайного. Це найважливіша технічна рослина в Україні. Для її вирощування в буряківництві використовують лише насіння гетерозисних гібридів. Які переваги мають гетерозисні гібриди цукрового буряку порівняно із сортами-популяціями?



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Селекція тварин. Голландська порода і селекція

**Голландська порода ВРХ** – найдавніша й найбільш поширенна порода корів молочного напряму, що її розводять у 33 країнах п'яти континентів. Виведена вона в Голландії внаслідок довготривалого поліпшення місцевої голландської породи в умовах доброї годівлі та належного утримання. Нині діяльність селекціонерів спрямована на підвищення жирності молока. А які методи використовують науковці для селекційного поліпшення породи?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Які методи селекції належать до основних? 2. Наведіть приклади нових методів селекції рослин, тварин і мікрорганізмів. 3. Що таке гетерозис? 4. Наведіть приклади використання гетерозису в селекції. 5. Що таке генетична інженерія? 6. Назвіть основні методи генної та клітинної інженерії.
7 – 9	7. Які сучасні методи селекції тварин, рослин й мікрорганізмів? 8. Які генетичні основи гетерозису? 9. Які переваги застосування методів генетичної інженерії у сучасній селекції?
10 – 12	10. Обґрунтуйте необхідність поєднання класичних і новітніх методів селекції.

## **§ 57. ВЧЕННЯ М. І. ВАВИЛОВА ПРО ЦЕНТРИ РІЗНОМАНІТНОСТІ ТА ПОХОДЖЕННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН**

**Основні поняття й ключові терміни:** **Культурні рослини. ЦЕНТРИ ПОХОДЖЕННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості.**

**Пригадайте!** Що таке селекція рослин?



### **Знайомтеся!**

«Кава – це щось більше, ніж просто рослина чи буденний напій. Кава – це настрій, присмак і спосіб життя... Кава – це окрема культура, оспівана і возвеличена багатьма митцями пера і слова... Кава – це стан душі.... Це щось незображенено загадкове і далеке... А розгадку цієї таємності слід шукати в двох зернятках вічнозеленого кавового куща» (Таємниця кавових зернят // Станіславський натуралист. 2007). А звідки походить найпоширеніший вид роду Кавове дерево – кава арабійська (*Coffea arabica*)? Це культурна чи дикоросла рослина?



### **ЗМІСТ**

#### **Які особливості походження й поширення культурних рослин?**

**Культурні рослини** – рослини, вирощувані людством для отримання харчових продуктів, кормів, ліків, сировини та задоволення естетичних потреб. Майже всі сучасні культурні рослини окультурено за кілька тисячоліть до нашої ери. Найдавніші з них – кукурудза, банан, гарбуз, кокосова пальма, ячмінь, боби, цибуля, картопля, рис, горох, цукрова тростина.

Культурним рослинам властиві особливі ознаки: 1) переважна більшість культурних рослин походить від вихідних дикорослих предкових видів; 2) поширені на різних континентах, незалежно від місця виникнення, але свого природного ареалу в них немає; 3) виникнення культурних рослин пов'язане із селекцією; 4) втратили пристосування для поширення, часто обмежені й їхні адаптаційні властивості, тому існують завдяки діяльності людини; 5) збільшенні (або зменшенні) розміри та знижена генетична мінливість. Культурні рослини класифікують на: зернові, бобові, плодові, овочеві, баштани, цукрові, прядильні, декоративні, лікарські, технічні, тонізуючі культури (іл. 94).



Іл. 94. Овочеві культурні рослини

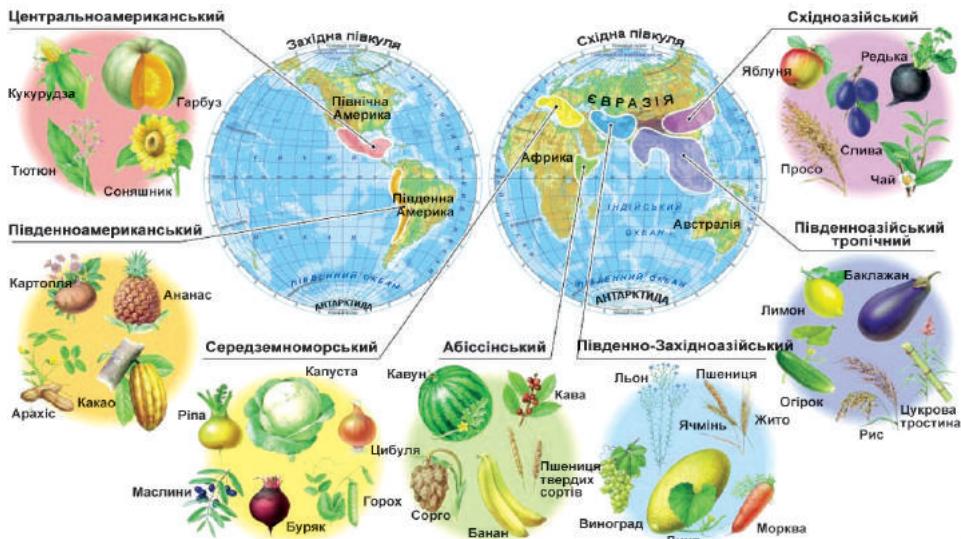
Раніше вважалося, що основні осередки давніх землеробських культур – широкі долини Тигру, Євфрату, Гангу, Нілу й інших великих річок. Завдяки дослідженням М. І. Вавилова встановлено, що майже всі культурні рослини з'явилися від дикорослих видів, що були поширені в гірських районах тропіків, субтропіків і помірного поясу. Так, батьківщина кави аравійської лежить у горах Ємену на Аравійському півострові, звідси і походить його назва. Основні географічні центри початкового введення в культуру більшості рослин пов'язані не тільки з видовим і генетичним різноманіттям, а й з найдавнішими цивілізаціями.

Отже, культурні рослини мають або мали в природі осередки, в яких виники і звідки поширилися по всій Землі.

## Яке значення для селекції має вчення про центри походження культурних рослин?

**ЦЕНТРИ ПОХОДЖЕННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН** – географічні центри генетичного різноманіття культурних рослин. Питання, пов’язані з походженням культурних рослин, вивчав видатний ботанік М. І. Вавилов. У своїй науковій праці «Вчення про походження культурних рослин після Дарвіна» (1939) науковець визначив 7 основних географічних центрів походження культурних рослин (іл. 95).

1. Південноазійський тропічний (33 %) (огірок, лимон, кокос, чай, апельсин).
2. Східноазійський (20 %) (рис, просо, яблуня, груша, персик, соя, грецький горіх, хурма).
3. Південно-Західноазійський (4 %) (м’які пшеници, ячмінь, жито, фінік, горох, диня).
4. Середземноморський (11 %) (капуста, буряк, морква, оліва, виноград).
5. Абіссінський (або Ефіопський) (4 %) (тверді пшеници, кавове дерево, бавовник, кунжут).
6. Центральноамериканський (10 %) (кукурудза, квасоля, гарбуз, какао).
7. Південноамериканський (або Андійський) (8 %) (картопля, помідор, хінне дерево, ананас, арахіс).



Іл. 95. Центри походження культурних рослин

Вчення про центри походження і різноманітності культурних рослин дало змогу встановити, що для різних видів культурних рослин існують свої центри різноманіття, де виявлено найбільшу кількість їхніх сортів і форм. Центри різноманіття культурних рослин є водночас і районами їхнього походження з найбільшим генетичним різноманіттям.

Вчення про центри походження культурних рослин розвивається й доповнюється. Так, тропічну Індію та Індокитай з Індонезією розглядають як два самостійні центри, а Південно-Західноазійський центр поділений на Середньоазійський та Передньоазійський. Виокремлено нові центри: Австралійський, Північноам-

риканський (звідки походить соняшник, два види гарбузів, ячмінь тощо), Європейсько-Сибірський.

Отже, центри походження рослин і тварин надають науковцям інформацію про вихідну різноманітність рослин і тварин, що є однією з умов успішного створення сортів і порід.

### Яке значення для селекції закону гомологічних рядів спадкової мінливості?

Досліджуючи спадкову мінливість ознак різних сортів культурних рослин і близьких до них диких видів, М. І. Вавилов виявив багато спільних спадкових змін. Це дало змогу сформулювати у 1920 р. **закон гомологічних рядів у спадковій мінливості** (закон Вавилова):

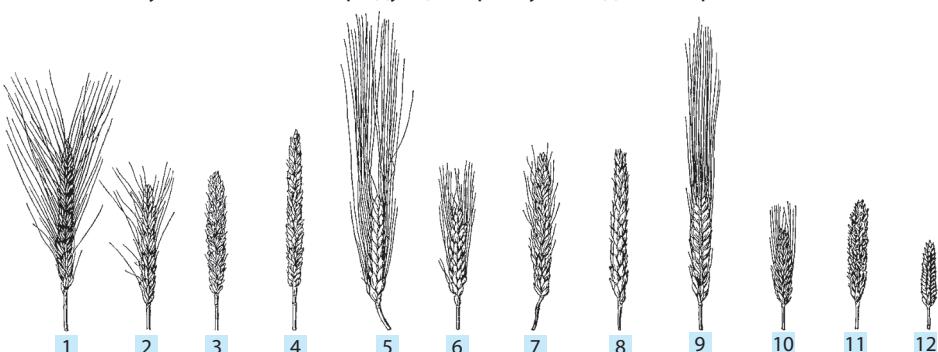
*генетично близькі види та роди характеризуються подібними рядами спадкової мінливості з такою правильністю, що вивчивши ряд форм у межах одного виду або роду, можна передбачити наявність форм з подібними поєднаннями ознак у межах близьких видів або родів.*



М. І. Вавилов  
(1887–1943)

Прикладами, що ілюструють цю закономірність є: у пшениці, ячменю і вівса трапляються білий, червоний і чорний кольори колосу; у злакових відомі форми з довгими і короткими остюками та ін. М. І. Вавилов указував, що гомологічні ряди часто виходять за межі родів і навіть родин. Основою гомологічних рядів є подібність, що виникає як результат дії генів, що зумовлюють подібні ланцюги біохімічних реакцій у організмі. Теоретичною основою гомології рядів спадкової мінливості у близьких таксономічних груп є уявлення про єдність їх походження шляхом дивергенції під дією природного добору.

Для селекції закон гомологічних рядів уможливлює передбачення мутацій, що можна використовувати для створення нових форм. Так, було передбачено ознаки озимої форми твердої пшениці, безостість у м'якої, твердої пшениці та ячменю, голі зерна у пшениці, ячменю, вівса (іл. 96). Okрім того, закон сприяє розробленню наукових основ інтродукції сортів у нові для них райони.



Іл. 96. Ряди спадкової мінливості колоскових злаків: м'яка пшениця (1 – 4), тверда пшениця (5 – 8) і ячмінь (9 – 12). Серед них є форми з довгими остюками (1, 5, 9), короткими остюками (2, 6, 10) та без остюків (4, 8, 12).

Отже, закон гомологічних рядів спадкової мінливості є біологічною основою методів селекції для цілеспрямованого отримання необхідних спадкових змін.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### **Самостійна робота з таблицею. Різноманітність культурних рослин**

Наведіть приклади культурних рослин. Заповніть у робочому зошиті таблицю та сформулюйте висновок про причини різноманітності культурних рослин.

Група	Злакові	Овочеві	Плодові	Олійні	Цукрові	Баштанні
Приклади						

### **Біологія + Нумізматика. Сорти пшениці й селекція**

«**Василь Ремесло**» – ювілейна монета номіналом 2 гривні випущена Національним банком України у 2017 р. Присвячена талановитому селекціонеру, академіку, «творцю» пшеничного колоса – Василемі Миколайовичу Ремеслу (1907 – 1983). Він закріпив за Україною статус «житниці Європи», селекціонував 40 сортів зернових культур, найвідомішими з яких є Миронівська-264, Миронівська-808. Обґрунтуйте значення вчення про центри походження культурних рослин для створення сортів пшениці.



## СТАВЛЕННЯ

### **Біологія + Цивілізації. Грецька цивілізація й культурні рослини**

Перша цивілізація в Європі виникла на території Греції. Великою мірою формування грецької цивілізації було пов'язано з тріадою культурних рослин. Назвіть ці культури, визначте центр походження та схарактеризуйте основні кліматичні умови цього центру. Наведіть інші приклади та обґрунтуйте твердження про те, що центри походження культурних рослин пов'язані з найдавнішими цивілізаціями.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Які рослини називаються культурними? 2. Назвіть групи культурних рослин. 3. Що таке центри походження культурних рослин? 4. Назвіть основні центри походження культурних рослин. 5. Хто сформував закон гомологічних рядів спадкової мінливості? 6. Як формулюється цей закон?
7 – 9	7. Які особливості культурних рослин? 8. Яке значення для планування селекційної роботи має вчення М. І. Вавилова про центри походження культурних рослин? 9. Яке значення для селекції має закон гомологічних рядів спадкової мінливості?
10 – 12	10. На конкретному прикладі обґрунтуйте значення вчення про центри походження культурних рослин для селекції.

Перший обов'язок медицини – збереження здоров'я,  
другий – лікування захворювань.  
Ф. Бекон

## § 58. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МЕДИЦІНІ

**Основні поняття й ключові терміни:** **Медицина.**

**Пригадайте!** Що таке сталій розвиток? Що таке здоров'я людини?



### Новини науки

Українські учени продовжують дивувати світ неймовірними розробками. Українські науковці за останні роки створили мамограф та унікальний титановий протез. Крім того, українські винахідники винайшли фазаграф, комп'ютерний фонендоскоп, що може передбачати інфаркт, засіб «Кровоспас», що зупиняє кровотечу в разі важких поранень, антибіотик батумін проти всіх видів стафілококів та ін.



### ЗМІСТ

#### Які розділи та основні завдання сучасної медицини?

**Медицина** (віл лат. *medicina* – наука лікувати) – система наукових знань і практичної діяльності, спрямованої на збереження здоров'я й лікування захворювань. Основні розділи медицини – теоретична та практична медицина. **Теоретична медицина** є медичною теорією, що об'єднує різні медичні науки (наприклад, ос-теологія, нейрологія, міологія, дентологія). **Практична медицина** (медична практика) – це галузь медицини, що застосовує на практиці надбання медичної теорії. Практична медицина поділяється на напрями (наприклад, стоматологія – лікування захворювань зубів, урологія – лікування органів сечовидільної системи). За спрямованістю діяльності розрізняють такі розділи медицини, як клінічна, профілактична, спортивна, військова, медицина мандрівок, космічна, судова, вікова та ін.

Згідно з Цілями сталого розвитку на період 2016 – 2030 рр. зусилля сучасної медицини мають бути спрямовані на розв'язування завдань, об'єднаних в одну із 17 глобальних цілей – «Ціль 3. Забезпечення здорового способу життя та сприяння благополуччю для всіх у будь-якому віці» (глобальне визначення).

Основними національними завданнями в галузі медицини для реалізації «Цілі 3. Міцне здоров'я і благополуччя» (скорочене визначення) є такі:

- 3.1. Знизити материнську смертність.
- 3.2. Мінімізувати смертність, якій можна запобігти, серед дітей віком до 5 років.
- 3.3. Зупинити епідемії ВІЛ/ СНІДу та туберкульозу, у т. ч. за рахунок використання інноваційних практик та засобів лікування.
- 3.4. Знизити передчасну смертність від неінфекційних захворювань.
- 3.5. Знизити на чверть передчасну смертність населення, у т. ч. за рахунок упровадження інноваційних підходів до діагностики захворювань.
- 3.6. Знизити рівень отримання тяжких травм і смертності внаслідок ДТП, у т. ч. за рахунок використання інноваційних практик реанімування, лікування постраджалих унаслідок ДТП.

- 3.7. Забезпечити загальну якісну імунізацію населення з використанням інноваційних препаратів.
- 3.8. Знизити поширеність тютюнокуріння серед населення з використанням інноваційних засобів інформування про негативні наслідки тютюнокуріння.
- 3.9. Здійснити реформу фінансування системи охорони здоров'я.

Отже, основні завдання сучасної медицини спрямовані на забезпечення здорового способу життя та сприяння благополуччю для всіх у будь-якому віці.

### **Які теоретичні основи та напрями досліджень сучасної медицини?**

Медицина завжди була важливою галуззю для людини, й у майбутньому її значення лише зростатиме.

**Біологічні основи.** Загальна медична теорія в наш час формується із таких основних підходів: вчення про стрес, теорія хвороб цивілізації, екологічний підхід, психосоматика, етологічний (поведінковий) підхід, біоетика.

Теоретичною основою сучасної медицини є біологічні науки про організм людини, його властивості та інші живі організми (анатомія, фізіологія, ембріологія, генетика, вірусологія, мікробіологія тощо), екологічні (екологія людини, медична екологія), суспільні (філософія, етика, естетика, антропологія), технічні (інформатика, кібернетика) науки та ін.

Розвиток і становлення сучасної медицини пов'язано з багатьма відкриттями речовин, методів, процесів, серед яких синтез людського інсуліну, хіміотерапія, гормонотерапія, антибіотики, хлорохін для лікування малярії, метод діалізу під час захворювань нирок та багато інших.

**Основні напрями медичних досліджень.** Успіхи сучасної медицини значною мірою пов'язані з втіленням у клінічну практику досягнень репродуктивної медицини, трансплантології, донорства. З розвитком молекулярної біології, молекулярної генетики та біохімії почали бурхливо розвиватися нові розділи медицини – генотерапія, цитотерапія, ембріотерапія. Значних успіхів у лікуванні захворювань печінки, серцево-судинних захворювань, хвороб ока, травм центральної нервової системи досягла регенеративна медицина. Розробки технічних і штучних біологічних об'єктів, а також медичну техніку та технології її виробництва створює біомедична інженерія. Медична біотехнологія займається виробленням лікарських засобів, біорегуляторів і вакцин, генною діагностикою, тканинною інженерією на основі стовбурових клітин. Дослідження ДНК відкрили в медицині новий етап – перехід від діагностики і лікувань окремих органів до системної роботи над зміцненням здоров'я людини, до персоніфікованої медицини. У недалекому майбутньому з'являться нові медичні спеціальності, як-то інформаційні технології у медицині й біології, лікар внутрішньої медицини, ерготерапевт, парамедик, біоетика, біоінформатика, біоінженерія та ін.

Однією з важливих складових міжнародного співробітництва України в галузі медицини є співробітництво із Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) (англ. *World Health Organization, WHO*), що є спеціалізованою установою ООН, яка опікується проблемами охорони здоров'я у світовому масштабі.

Отже, сучасна медицина має міждисциплінарний характер, що виявляється у дедалі більшій інтеграції природничих, соціальних й технічних наук з науковими підходами.

## **Який внесок вітчизняних вчених у розвиток медицини?**

Медична наука України пишається великими вченими, які зробили величезний внесок у становлення медицини на міжнародному рівні.

**I. I. Мечников** (1845 – 1916) – лауреат Нобелівської премії з фізіології і медицини за працю «Імунітет при заразних хворобах». Відкрив явище фагоцитозу, розробив фагоцитарну теорію імунітету та заклав основи імунології.

**М. Ф. Гамалія** (1859 – 1949) – вивчав сказ, холеру, чуму, відкрив холероподібний вібріон птахів. Створив протихолерну вакцину, опрацював теорію утворення антитіл.

**Д. К. Заболотний** (1866 – 1929) – мікробіолог і епідеміолог, досліджував вогнища чуми та організував боротьбу з нею, довів роль степових гризунів у розповсюдженні епідемії.

**М. Д. Стражеско** (1876 – 1952) – видатний терапевт, сприяв розвитку кардіології, обґрунтував теорію ревматизму, виявив зв'язок між ендокардитом і ревматизмом.

**В. П. Філатов** (1875 – 1956) – видатний офтальмолог, створив методи відновної хірургії ока, розробив проблему трансплантації рогової оболонки, творець тканинної терапії.

**Ю. Ю. Вороний** (1895 – 1961) – видатний хірург, досліджував проблеми трансплантації, здійснив першу в світі пересадку нирки, чим започаткував новий етап трансплантології.

**М. М. Амосов** (1913 – 2002) – видатний хірург, винайшов і упровадив апарат штучного кровообігу, протези серцевих клапанів, розробив основи біологічної та медичної кібернетики.

**В. Ю. Чаговець** (1873 – 1941) – видатний електрофізіолог, упровадив у практику метод електрогастрографії, створив біоелектричну теорію нервово-м'язової провідності.

**О. О. Богомолець** (1881 – 1946) – видатний фізіолог, розвинув вчення про сполучну тканину, її функції, концепцію старіння як ослаблення трофічної функції сполучної тканини, створив вчення про взаємодію пухлини і організму.

**В. В. Фролькіс** (1924 – 1999) – видатний фізіолог-геронтолог, створив адаптивно-регуляторну теорію вікового розвитку та генно-регуляторну теорію старіння, висунув уявлення про процеси антистаріння.

У сучасній Україні розвиткові медицини в державній політиці приділяється особлива увага. Головним державним органом є *Міністерство охорони здоров'я України*. Спрямованість фундаментальних досліджень визначає й організовує Національна академія медичних наук України.

Отже, як висновок з дуже короткого огляду, вітчизняні науковці здійснили багато важливих відкриттів і винаходів, що увійшли до скарбниці світової медицини.



### **ДІЯЛЬНІСТЬ**

#### **Самостійна робота. Визначні відкриття та розвиток медицини**

Розвиток медицини певною мірою пов'язаний з визначними науковими досягненнями жінок-науковиць, зображеніх на ілюстраціях. Визначте їхню роль для розвитку медицини.

Прізвище	Відкриття	Медичне значення
Дороті Ходжкін		
Франсуаза Барре-Сінуссі		
Гейл Мартін		



### Біологія + Здоров'я. Адаптаційний потенціал людини

**Завдання.** Визначення адаптаційного потенціалу за частотою пульсу. Визначте частоту пульсу на променевій артерії лівої руки біля зап'ястка за 1 хв після 15 хв спокою. Адаптаційний потенціал визначають за рівнянням:

$$АП = 1,238 + (0,09 \cdot ЧП),$$

де АП – адаптаційний потенціал, бали; ЧП – частота пульсу, уд./хв; 1,238 та 0,09 – коефіцієнти рівняння.

**Результати:** ≤ 7,2 бала – оптимальний; від 7,21 до 8,24 бала – напруженій; від 8,25 до 9,85 бала – незадовільний; > 9,86 бала – критичний.

Доведіть значення фізіологічних досліджень у медицині.



### СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Медична географія. Медицина й природничі науки

**Гіппократ** у своїй книжці «Про повітря, води й місцевості» зазначав: «Якщо хтось прийде в незнайоме місце, то він має звернути увагу на його розташування щодо сторін світу, якою водою користуються люди, заросла чи гола земля...». Французький лікар Жан Буден писав: «Народження, життя, захворювання і смерть – все змінюються залежно від клімату і ґрунту». Що вивчає медична географія? Обґрунтуйте необхідність зв'язків медицини з географією.



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке медицина? 2. Назвіть основні розділи медицини. 3. Які науки є теоретичною основою медицини? 4. Назвіть відкриття, що вплинули на розвиток медицини. 5. Які сучасні науки визначають розвиток медицини? 6. Назвіть імена вітчизняних учених, які зробили вагомий внесок у розвиток медицини.
7 – 9	7. Які розділи та основні завдання сучасної медицини? 8. Які теоретичні основи й напрями досліджень сучасної медицини? 9. Який внесок вітчизняних учених у розвиток медицини?
10 – 12	10. Обґрунтуйте необхідність зв'язків медицини з природничими науками.

*Милосердя – це величезна сила, що пов'язує й об'єднує людей.*  
*Mаті Тереза*

## § 59. ДОСЯГНЕННЯ ТРАНСПЛАНТОЛОГІЇ, РЕПРОДУКТИВНОЇ МЕДИЦИНИ ТА ДОНОРСТВА

Основні поняття й ключові терміни: **Трансплантологія. Репродуктивна медицина. Донорство тканин і органів.**

**Пригадайте!** Що таке медицина?



### Знайомтеся!

**Роберт Джеффрі Едвардс** (1925–2013) – британський учений-фізіолог, лауреат Нобелівської премії з фізіології і медицини (2010 р.) «за розробку технології штучного запліднення».

На світлині: Р. Едвардс і Луїза Джой Браун – перша людина «з пробірки», яка народилася в 1978 р.



### ЗМІСТ

**Які сучасні можливості та перспективи репродуктивної медицини?**

У репродуктивній медицині використовуються знання біологічних (генетики, кріобіології, цитології, молекулярної біології) та медичних (гінекології, репродуктології) наук.

За останні десятиліття у репродуктивній медицині розроблено новітні методики, що спрямовано на реалізацію репродуктивної функції подружжі пар, які не можуть зачати дитину природним шляхом: а) сурогатне материнство; б) заморожування ембріонів; в) банк донорської сперми; г) методика стимульованих циклів; д) пронуклеарне перенесення ядер (у донорську яйцеклітину, позбавлену ядра, переносять ядро з іншої яйцеклітини).

Ці та інші методики стали основою **допоміжних репродуктивних технологій**, що їх використовують для лікування безпліддя, за якого деякі етапи відбуваються поза межами організму людини. До таких технологій належать: *внутрішньоматкове осіменіння* (введення попередньо обробленої сперми чоловіка або донора в порожнину матки жінки), *донорство яйцеклітин*, *ін'єкція сперматозоона в цитоплазму ооцитів* (іл. 97).



Іл. 97. Ін'єкція сперматозоона в ооциті

Основною технологією сучасної репродуктивної медицини є **екстракорпоральне запліднення** (ЕКЗ, штучне запліднення *in vitro*, «запліднення в пробірці»). Це методика, згідно з якою яйцеклітини жінки запліднюються поза її організмом і через кілька діб вводяться в порожнину матки з метою створення вагітності. Екстракорпоральне запліднення вперше в історії людства було проведено в 1978 р.

Розвивається **репродуктивний туризм** – це діяльність, пов'язана з тимчасовим виїздом до іншої країни для репродуктивного лікування. Його можна розглядати як напрям медичного туризму, що дає змогу поєднати медичне обслуговування з відпочинком в оздоровчих, SPA- і Wellness-центратах. Найпопу-

лярнішими країнами для репродуктивного туризму в Європі стають Австрія, Південна Корея, а також Україна. Головними напрямами цього виду туризму в нашій державі є донорство й сурогатне материнство.

Досягнення українських спеціалістів у галузі репродуктивної медицини не поступаються досягненням медиків у інших країнах. Інститут репродуктивної медицини в Києві – це міжнародний медичний центр з лікування як жіночого, так і чоловічого безпліддя. Центр має відділення ембріології, репродуктології, власний кріобанк.

Отже, **репродуктивна медицина** – це галузь медицини, що займається відновленням репродуктивного здоров'я та розв'язуванням проблем народження дітей і планування сім'ї.

## Які досягнення трансплантології?

Кінець ХХ ст. відзначився стрімким розвитком у медицині такого наукового й практичного напряму, як **трансплантологія**. Це розділ медицини, що вивчає трансплантацію органів, і галузь медичної практики, котра здійснює пересадку. За сучасними уявленнями, **трансплантація** – це спеціальний метод лікування, що полягає в пересадці анатомічного матеріалу (органів, тканин, клітин людини або тварини, фетальних матеріалів людини) від донора реципієнту і спрямований на відновлення здоров'я людини.

В останні десятиліття розвиваються три напрями трансплантології: 1) отримання анатомічного матеріалу та його імплантациі (пересадка людині біо-імплантатів, ксеноімплантатів і штучно виготовлених замінників органів); 2) вирощування клітин, тканин й органів поза організмом (експлантація); 3) використання трансплантатів від інших організмів свого виду (алотрансплантація) або організмів інших видів (ксенотрансплантація).

Новим у трансплантології є розділ, пов'язаний зі створенням і застосуванням штучних органів для тимчасової або постійної заміни того чи іншого органа людини. Так, наприклад, імплантованим органом можуть слугувати штучні клапани серця, якими замінюють уражені. Застосовують трансплантацію протезів судин, кришталика ока, зроблених із синтетичних матеріалів. Є моделі мініатюрних мембраних оксигенаторів, легень, підшлункової залози, печінки, нирок, серця. Перспективним є отримання органів за допомогою 3D-принтерів.

Вирощування окремих клітин, тканин і органів поза організмом на живильних середовищах і в певних умовах називається **експлантацією**. Цей метод використовують у наукових дослідженнях для з'ясування багатьох питань теоретичної і практичної біології та медицини. Клітинні культури використовують для отримання ділянок шкіри, деяких ферментів, антитіл. Останнім часом значне практичне значення має метод культивування клітин кісткового мозку. Культивувати в певних умовах можна також цілі ізольовані органи, що їх узято від живого або загиблого організму. Для цього використовують спеціальні камери, в яких створюють відповідні умови.

Дуже подібними до людських є органи свині, кози, приматів. На сьогодні дослідники вже успішно видаляють ендогенні ретровіруси з генома свині, використовуючи техніку редактування гена CRISPR/Cas9, і вирощують свиней, позбавлених вірусів. Це, у свою чергу, усуває одну з найбільших перешкод для трансплантації органів від свиней до людини.

Трансплантація органів у нашій державі здійснюватиметься за новим Законом України «Про застосування трансплантації анатомічних матеріалів людині» (2018). Такі операції проводитимуть у медичних закладах України, серед яких Київський центр трансплантації кісткового мозку, Національний інститут раку України, «Охматдит», Інститут патології крові та трансфузійної медицини НАМН України (Львів), Національний інститут хірургії та трансплантології ім. О. О. Шалимова НАМН України.

Отже, перспективи трансплантології пов'язують із вирощуванням органів і тканин, отриманням штучних органів і використанням органів і тканин від інших організмів.

### **Які види і значення донорства?**

**Донорство органів і тканин** (від лат. *donare* – дарувати) – це добровільний акт волевиявлення людини, що полягає у даванні крові або її компонентів, живої тканини або певних органів для дальнього безпосереднього використання. В Україні донором може бути будь-яка здорова й фізично повноцінна людина, яка досягла 18 років. Розрізняють декілька видів донорства (ил. 98).

**Донорство цільної крові або плазми.** Основною і найбільш повноцінною групою донорів є особи вікової категорії від 20 до 40 років, кровотворна система яких здатна швидко поновлювати крововтрату, а серцево-судинна, нервова, гормональна системи є сформованими та стабільними. Береться кров з вени на руці у кількості 450 мл за один раз. Процедура триває від 5 до 10 хв. Плазму можна здавати до 6 – 12 раз на рік з інтервалами не менш ніж 2 тижні, а цільну кров – не більш ніж 3 – 5 разів на рік з інтервалами в 3 місяці.



Іл. 98. Найбільш поширений вид донорства – здача цільної крові

**Донорство стовбурових клітин.** Клітини для пересадки найчастіше беруть з крові. Кров донора пропускають через спеціальний прилад, вилучаючи стовбурові клітини, та повертають кров донору. Джерелом стовбурових клітин може бути і кістковий мозок донора.

**Донорство яйцеклітин** – це передача декількох яйцеклітин від однієї здорової жінки до іншої. Донорські яйцеклітини є єдиною можливістю для жінок, які не можуть самостійно завагітніти. Причини, з яких жінка змушена вдаватися до донорських яйцеклітин, можуть бути різними, але їх можна об'єднати в дві великі групи: або в жінки практично немає своїх яйцеклітин, або ці яйцеклітини не придатні для зачаття.

**Донорство сперми** – це добровільна передача власних сперматозоонів для лікування безпліддя. Донація сперми за чоловічого безпліддя практикується уже впродовж багатьох років.

Отже, донорство органів і тканин використовується в медицині для лікування, виготовлення лікарських препаратів або в наукових дослідженнях.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### **Самостійна робота з таблицею. Напрями розвитку сучасної медицини**

Заповніть таблицю та схарактеризуйте біологічні основи новітніх напрямів розвитку медицини. Назвіть проблеми розвитку цих напрямів сучасної медицини в Україні.

Напрям	Наука, що є основою	Біологічні процеси, що є основою
Репродуктивна медицина		
Трансплантування		
Донорство		

### **Біологія + Професії. Медичний навігатор?**

«На якісну медицину має бути попут. Попут створює населення. А в Україні, на жаль, попут на якісну медицину дуже низький. Є лише маленький прошарок населення, який знається на терміні «**доказова медицина**» та розуміє бонуси, що вона дарує, – розповідають медики. – Тож перспектива професії **медичного навігатора**, і її потенціал – величезний». Що таке доказова медицина? У чому суть професії медичний навігатор?



## СТАВЛЕННЯ

### **Біологія + Медицина. Трансплантація – за і проти**

Величезна кількість медичних відкриттів полегшили життя людині, і серед них важливе місце посідає трансплантація органів. Практика трансплантування органів на сьогоднішній день глобалізована, науково вивчена і успішно застосовується в усьому світі, що, втім, не виключає існування правових, медичних, етичних, моральних і релігійних проблем. Якими, на вашу думку, є ці проблеми?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке репродуктивна медицина? 2. Яка технологія є основою сучасної репродуктивної медицини? 3. Що таке трансплантування? 4. Які основні напрями сучасної трансплантування? 5. Що таке донорство тканин і органів? 6. Які є види донорства?
7 – 9	7. Які сучасні можливості та перспективи репродуктивної медицини? 8. Які досягнення трансплантування? 9. Які види і значення донорства?
10 – 12	10. Які основні проблеми сучасної медицини в Україні?

## § 60. ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ В МЕДИЦИНІ. ДОСЯГНЕННЯ РЕГЕНЕРАТИВНОЇ МЕДИЦИНІ ТА ОНКОЛОГІЇ

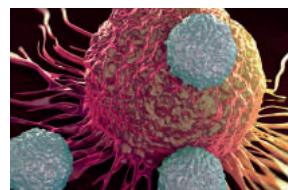
**Основні поняття й ключові терміни:** Генотерапія. Регенеративна медицина. Онкологія.

**Пригадайте!** Що таке генна інженерія, регенерація, онкологія?



### Новини науки

У боротьбі зі СНІДом медицина досягла значних результатів, але ліків проти ВІЛ до цих пір не створено. Можливо, допоможе генна інженерія. Спеціалісти Каліфорнійського університету за допомогою методів генної інженерії «озброяли» стовбурові клітини рецептором вірусного антигена, щоб вони могли відшукати і знищити заражені вірусом людські клітини. Унікальність таких клітин полягає ще й у тому, що вони живуть в організмі протягом майже 2 років і формують імунітет до ВІЛ.

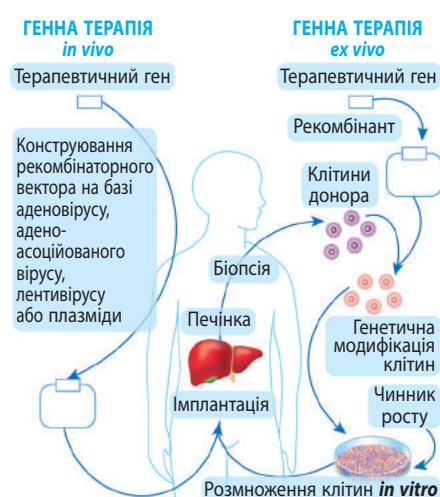


### ЗМІСТ

#### Які досягнення генної інженерії у медицині?

**Генна інженерія**, як ви уже знаєте, є напрямом молекулярної біології та генетики, що розробляє лабораторні методи цілеспрямованого утворення організмів з новими комбінаціями спадкових властивостей. Генна інженерія виявилася дуже перспективною для медицини передусім у створенні нових методів біотехнології: отримання ліків (інсулін, соматостатин, інтерферони, соматотропін), створення й застосування рекомбінантних вакцин (наприклад, проти гепатиту В і папіломи людини), генетичного тестування (наприклад, для визначення спадкової склонності новонароджених до певних хвороб). Найпоширенішими є методи генотерапії.

**Генотерапія** – це лікування захворювань шляхом заміни дефектних генів нормальними. Основою генотерапії є методи внесення змін у генетичний апарат клітин пацієнтів з метою спрямованої зміни генних дефектів або надання клітинам нових функцій. Залежно від способу введення ДНК у геном пацієнта генотерапія може відбуватися в культурі клітин (*ex vivo*) або безпосередньо в організмі (*in vivo*) (ил. 99). У генотерапії вирізняють такі види, як:



ил. 99. Основні стратегії генотерапії – *ex vivo* та *in vivo*

- фетальна генотерапія* – чужорідну ДНК вводять у зиготу (ембріон) на ранній стадії розвитку;
- соматична генотерапія* – введення генів у соматичні клітини пацієнта;
- позаорганізмова генотерапія* – введення генів у культивовані клітини і пересадка цих клітин пацієнтам;
- активація власних генів* організму з метою подолання дії мутантного гена.

Нині у світі вже близько 400 проектів перебувають на стадії клінічних випробувань, серед яких лікування *муковісцидозу*, *гемофілії*, *імунодефіцитів*, *серповодібно-клітинної анемії* тощо. Одним із основних інструментів для сучасних генотерапевтичних проектів є технологія редактування ДНК – CRISPR/Cas9. За допомогою цієї системи розроблено технології для видалення ВІЛ із клітин живого організму, лікування *хвороби Паркінсона*, *амаврозу Лебера*, *пухлин мозку*, *раку крові* та ін.

У світі розроблено препарати для лікування *вологої дистрофії стіківки ока* – однієї з найпоширеніших причин сліпоти в людей похилого віку. У 2018 р. затверджено застосування першого в світі препарату, механізм дії якого пов’язаний з РНК-інтерференцією. Це патисаран для лікування спадкового амілоїдозу. В Україні розроблено метод терапії інфаркту міокарда із застосуванням інтерферуючих РНК.

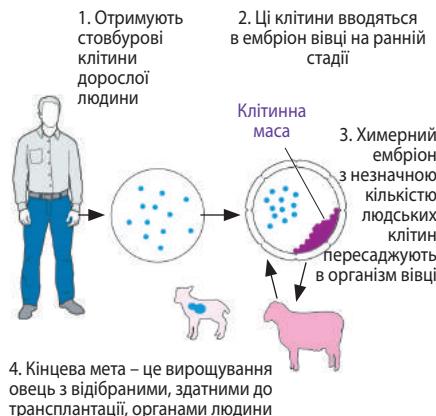
Отже, генотерапія уможливлює безпосередній вплив на гени, що є причиною виникнення багатьох моно- й полігенних спадкових захворювань людини.

## Які досягнення регенеративної медицини?

Регенеративна медицина формується на стику біології, медицини та інженерії. Вважають, що вона може докорінно змінити способи зміцнення здоров’я шляхом відновлення, підтримки і поліпшення функцій органів і тканін.

У наш час регенеративна медицина досягла значних успіхів у розробленні методів лікування різноманітних захворювань, зокрема печінки, серцево-судинних захворювань, хвороб ока, травм центральної нервової системи тощо. Нині для лікування цукрового діабету I типу можна застосовувати методику, за якої з підшлункової залози донора відбирають клітини, що можуть синтезувати інсулін, і вживлюють їх людині з діабетом. Розроблено методику, за якої для регенерації кісток в ушкодженні ділянку вводять подрібнену кісткову тканину, що стимулює процеси регенерації.

Багато досягнень у галузі регенеративної медицини пов’язано з використанням стовбурових клітин (ембріональних, клітин пуповинної кріви). Напрям у медицині, заснований на застосуванні регенеративного потенціалу стовбурових клітин дорослого організму для лікування низки важких захворювань, називається *цитотерапією*. Сьогодні в Україні дозволено проведення



Іл. 100. Створення химерних ембріонів клітин людини і вівці

клінічних випробувань з лікування таких патологій із застосуванням стовбурових клітин: *панкреонекроз, цироз печінки, гепатити, опікова хвороба, цукровий діабет II типу, розсіяний склероз.*

Вирощування органів зі стовбурових клітин поза організмом дає змогу розв'язати проблеми отримання потрібної кількості донорського матеріалу для трансплантації органів. Наприклад, технологія химерних ембріонів дає змогу зі стовбурових клітин отримати клітини серцевого м'яза, клапани серця з наступною їх трансплантацією пацієнтам з хворим серцем (іл. 100).

Перспективний напрям використання стовбурових клітин – створення банків *пуповинної крові*. Стовбурові клітини цієї крові мають високу здатність до поділу та подальшої диференціації, можуть тривалий час зберігатися і використовуватися для лікування захворювань (наприклад, онкологічних, серцево-судинних).

Отже, **регенеративна медицина** – це сукупність методів відновлення уражених хворобою або пошкоджених тканин за допомогою активації ендогенних стовбурових клітин або трансплантації клітин.

### **У чому суть найновіших підходів сучасної онкології?**

**Онкологія** (від грец. онкос – пухлина, логос – вчення) – розділ медицини, предметом якого є діагностика та лікування новоутворень. Сучасні уявлення про молекулярно-біологічні зміни в клітинах докорінно змінили підходи до розв'язування найгостріших проблем онкології.

Одним з таких підходів є **біотерапія** раку (використання інтерферону, його індукторів, пробіотиків), що уможливлює підвищення протипухлинного захисту організму, зниження токсичності цитостатиків.

Важливим підходом до розв'язування проблем сучасної онкології є також **вакцинотерапія**, головною метою якої є формування у хворого довготривалої імунної реакції, що здатна стримувати розвиток пухлинного процесу, попереджати розвиток рецидивів і метастазів. Результати вітчизняних клінічних досліджень довели, що застосування протипухлинної вакцини на основі продуктів мікробного походження забезпечує суттєве підвищення ефективності лікування хворих на рак легенів, шлунка, шлунково-кишкового тракту завдяки здатності «кілерних» клітин імунної системи розпізнати пухлинну клітину та знищити її.

Нині розвивається новий напрям у **променевій терапії**. Це терапія, що передбачає можливість формування поля опромінення, що повторює точні розміри і конфігурацію наявного пухлинного процесу, на який і припадає основне навантаження на тлі значного зменшення променевого впливу на навколошні тканини.

Найновіший і найперспективніший підхід у лікуванні онкологічних захворювань – це **імунотерапія**. «Сьогодні спрямованість лікування онкологічних захворювань нарешті змінилася від боротьби з клітинами пухлин на стимулування власних сил організму», – зазначають науковці. Імунотерапія – це метод лікування, що є максимально фізіологічним для організму людини і дає змогу досягти значного прогресу в лікуванні раку з мінімальною шкодою для здорових клітин організму. Метою сучасної імунотерапії є не знищення ракової клітини, а модифікація клітин імунної системи (T-лімфоцитів) для безпосередньої боротьби

з пухлинами. Подолати онкологічну хворобу можливо за допомогою активації власного імунітету пацієнта, і це довели лауреати Нобелівської премії 2018 р. в галузі фізіології і медицини американець Д. Еллісон і японець Т. Хондзе.

Отже, основними підходами в розвитку сучасної онкології є біотерапія, вакцинотерапія, променева терапія та імунотерапія.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота з таблицею. Новітні напрями розвитку медицини

Заповніть таблицю та схарактеризуйте основи новітніх напрямів розвитку медицини. Назвіть проблеми розвитку сучасної медицини в Україні у цих напрямах.

Напрям	Наука, що є основою	Біологічні процеси, що є основою
Регенеративна медицина		
Генотерапія		
Онкологія		

### Проект. Нанотехнології у медицині

Експерти склали такий перелік найважливіших, на їхню думку, розділів нанобіотехнології на наступні 15–20 років: адресна доставка ліків; індивідуальна діагностика; регенерація тканин й органів; імплантація клітин і тканин; генотерапія; геноміка й протеоміка; молекулярні біосенсори; нанороботи й нанокомп'ютери та ін. Підготуйте проект «Наномедицина: значення й перспективи».



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Фізика. Ядерна медицина

Ядерна медицина пов'язана із застосуванням радіоактивних речовин у діагностиці й лікуванні захворювань. Сьогодні відомо близько 80 радіонуклідів, що їх використовують в ядерній медицині. У тісному поєднанні з ядерною медициною застосовують і такі методи медицини, як дистанційна променева терапія, радіохірургія, радіонуклідна діагностика. На конкретному прикладі ядерної медицини обґрунтуйте роль фізики для розвитку ядерної медицини.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Наведіть приклади застосування генної інженерії у медицині. 2. Що таке генотерапія? 3. Що таке регенеративна медицина? 4. Які основні напрями використання стовбурових клітин у медицині? 5. Що таке онкологія? 6. Назвіть основні підходи в лікуванні онкологічних захворювань.
7 – 9	7. Які досягнення генної інженерії у медицині? 8. Які досягнення регенеративної медицини? 9. У чому суть найновіших підходів сучасної онкології?
10 – 12	10. Назвіть основні проблеми розвитку медицини в Україні.

*Етика – це безмежна відповідальність перед усім, що живе.*

*А. Швейцер*

## § 61. БІОЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕДИЦИНІ

**Основні поняття й ключові терміни: БІОЕТИКА. Біоетична проблема.**

**Пригадайте!** Що таке екологічна етика?



### Поміркуйте!

Український просвітитель-гуманіст, філософ, поет і педагог **Григорій Савич Сковорода** (1722–1794) так сформулював основний закон моралі: «Що може бути шкідливіше за людину, яка володіє знанням найскладніших наук, але не має доброго серця?» Чи справедливий цей закон для біології й медицини?



### ЗМІСТ

#### Якими є мета, об'єкт дослідження та завдання біоетики?

Наприкінці ХХ ст. людство усвідомило, що досягти істинного прогресу без високої моралі, моральних норм і правил неможливо. Вони конче потрібні для того, щоб захистити хворого або здорового, дитину або людину похилого віку, рослини і тварин, популяції видів, екосистеми й біосферу. Так виникла біоетика.

**БІОЕТИКА** (або *етика життя*) (від грец. *етикос* – звичай) – розділ науки, що вивчає проблеми моралі *насамперед стосовно людини та всього живого*, визначає, які дії щодо живого з морального погляду є *припустимими*, а які – *неприпустимими*. Вперше ідею про те, що людина відповідає за свою діяльність не лише перед іншими людьми, а й перед всіма іншими живими істотами, була сформульована видатним німецьким гуманістом, лауреатом Нобелівської премії з фізіології і медицини 1952 р. **Альбертом Швейцером** (1875–1965). Засновником біоетики є американський учений **Ван Р. Поттер** (1911–2001). Його концепція, викладена у праці «Біоетика – міст у майбутнє» (1969), сформувалася під впливом ідей американського еколога **Олдо Леопольда** (1887–1948), який став відомим у світі як засновник екологічної етики. Виникненню біоетики передував тисячолітній досвід розвитку медичної етики. У формуванні основних етических норм, правил, принципів сучасної медицини важливу роль відіграли Гіппократ, К. Гален, Авіценна (Ібн-Сіна), Парацельс, А. Везалій та багато інших видатних лікарів минулого.



Фундатори біоетики: 1 – А. Швейцер;

2 – В. Р. Поттер; 3 – О. Леопольд

Метою біоетики є збереження та розвиток життя за допомогою моральних норм і принципів. Об'єктом дослідження постає життя в цілісності та багатоманітності його проявів, а предметом досліджень – моральні ціннісно-нормативні механізми збереження та розвитку життя. Основним завдання є обґрутування базових принципів, на котрих може бути побудована несуперечлива, цілісна наука про моральні стосунки людини з живою природою.

Отже, біоетика є галуззю знання та людської практики про збереження й розвиток життя за допомогою етичних механізмів і принципів.

## У чому суть основних принципів біоетики?

Основоположними принципами біоетики є такі.

1. **Принцип неспричинення шкоди** (принцип «не нашкодь») – найстаріший у медичній етиці. Він пов’язаний не стільки з правами пацієнтів, скільки з професійними обов’язками лікаря і фармацевта виконувати свою роботу якісно і сумлінно.
2. **Принцип автономії** – індивід має право розпоряджатися своїм здоров’ям і благополуччям, навіть відмовлятись від лікування за умови, що це буде вартувати йому життя.
3. **Принцип інформованої згоди** означає, що медичний працівник повинен якомога повніше інформувати пацієнта про стан його здоров’я й надавати йому оптимальні рекомендації щодо лікування. Пацієнт, у свою чергу, дістає можливість вільно визначити курс своїх подальших дій, найбільш прийнятний для нього особисто.
4. **Принцип правдивості** вказує на необхідність достовірного інформування пацієнта про стан його здоров’я. Особливої гостроти ця проблема набуває в разі діагностування невиліковних хвороб.
5. **Принцип конфіденційності** – це принцип лікарської таємниці й недоторканості приватного життя; ідея не розголошування лікарем відомостей, що стосуються стану здоров’я пацієнта, його приватного життя і матеріального стану. У Женевській декларації ця теза набуває чіткої і категоричної форми: «... Пристягаюся поважати довірені мені секрети навіть після смерті пацієнта».
6. **Принцип справедливості** вимагає рівної доступності до медичної допомоги для кожного пацієнта та всіх соціальних груп суспільства.
7. **Принцип людської гідності** гарантує гідне ставлення до пацієнта в тому разі, якщо він позбавлений автономних рішень та дій; його, як правило, застосовують до людей, що перебувають у недієздатному фізичному та психічному стані, а також до малолітніх дітей.
8. **Принцип «роби благо»** означає дію на благо інших людей, що відбувається завдяки наявності в людини почуття відповідальності й обов’язку, альтруїзму, любові до близького, емпатії (здатності до розуміння й відчування емоційного стану інших людей, а також до сприйняття їхнього способу мислення).

Отже, одним із основних завдань біоетики є обґрунтування принципів, на котрих формується система моральних цінностей і нормативів для збереження та розвитку життя на Землі.

## Які основні біоетичні проблеми сучасної медицини?

**Біоетична проблема** – складне теоретичне або практичне питання медицини або біології, що не має однозначного розв’язання, суперечить існуючим знанням і потребує розв’язування за допомогою наукових досліджень. Діапазон медичних технологій неймовірно розширився, зросла їхня роль у лікуванні різних захворювань. Трансплантація органів, тканин і стовбурових клітин, використання ембріональних тканин і клітин, генна терапія, штучна зміна статі, застосування трансгенних організмів з метою отримання харчових продуктів,

клонування тварин і людини породжують чимало етичних суперечностей. Okрім того, серед проблемних питань на сучасному етапі розвитку біоетики виокремлюють: *наукові дослідження на тваринах, генетичні технології й втручання в репродукцію людини, ставлення до смерті та сучасних технологій подовження життя, соціальну справедливість у медицині.*

Завданням біоетики є не лише визначення проблем, а й формування суспільноприйнятої загальної позиції щодо неоднозначних питань медицини.

*Біоетика щодо дослідів з тваринами.* Загальноприйнятим світовим стандартом, що дав змогу добути новий науковий досвід і значною мірою скоротити кількість використовуваних лабораторних тварин, є «Концепція трьох R» (англ. *reduction, refinement and replacement*) – скорочення, удосконалення та заміни відносно експериментування на лабораторних тваринах.

*Біоетика про статус людського ембріона.* З позицій біоетики людський ембріон має право на життя з моменту запліднення. Це перше й основне право кожної людської істоти. Через те аборт – порушення основного права людини на життя.

*Біоетика щодо репродуктивних технологій.* Репродуктивні технології етично виправдано в разі безплідності, яка не піддається медикаментозному й хірургічному лікуванню, особливо у випадках імунологічної несумісності, нездоланих перешкод для злиття гамет.

*Біоетика щодо трансплантології.* З огляду на існуючі біоетичні складнощі й протиріччя, що стосуються предмета трансплантології, ВООЗ розробила основні принципи трансплантації органів, сутність яких зводиться до такого. Органи і тканини можуть бути вилучені від трупа або живої людини лише за умови отримання згоди на це відповідно до чинного законодавства. Одним із важливих етичних моментів, що стосуються трансплантології, є суворе дотримання лікарської таємниці відносно джерела одержання донорських органів.

*Біоетика щодо клонування людини.* Будь-яке втручання з метою створення людини, ідентичної до іншої людини, живої або мертвої, забороняється. У світі заборона клонування встановлюється в одній з трьох форм: формі прямої або непрямої повної заборони клонування людини; заборони виключно репродуктивного клонування людини; тимчасової заборони клонування людини.

*Біоетика щодо припинення життя невиліковно хворої людини (евтаназії).* Людське життя є найвищою соціальною цінністю й має бути захищене до моменту його природного завершення. Враховуючи етичний бік евтаназії, вважаємо недоцільним її легалізацію, оскільки це порушуватиме фундаментальне право людини на життя.

Отже, біоетика відповідальна за аналіз біоетичних проблем та створення загальноприйнятих етичних норм, що ґрунтуються на повазі до людської гідності й дбайливому ставленні до середовища життя.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

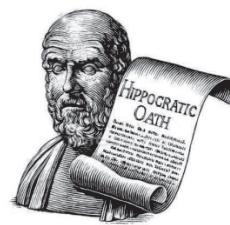
#### Самостійна робота. Основні принципи біоетики

Поясніть сутність основних принципів біоетики. Сформулюйте власну позицію щодо дотримання біоетики в біомедичних й біологічних дослідженнях.

Правило	Пояснення
Принцип «не нашкодь»	
Принцип автономії	
Принцип інформованої згоди	
Принцип правдивості	
Принцип конфіденційності	
Принцип справедливості	
Принцип людської гідності	
Принцип «роби благо»	

### **Біологія + Медицина. Присяга лікаря**

Побутує думка, що всі лікарі складають клятву Гіпократа й зобов'язані її дотримуватись. Насправді це не відповідає дійсності. Вітчизняні лікарі складають **Присягу лікаря**. Це урочиста й офіційна клятва, що її мають давати всі випускники вищих навчальних медичних закладів України. Текст Присяги лікаря зачитують і повторюють випускники вишу колективно. Підписана випускником, вона зберігається в його особистій справі. Якими мають бути морально-етичні принципи лікаря?



### **СТАВЛЕННЯ**

#### **Біологія + Етика. Генна інженерія: досягнення й ризики**

У біоетиці є таке образне порівняння: «Генна інженерія – це потяг, що полетів уперед. Перша станція називалась «Молекулярні механізми активності генів мікроорганізмів», друга – «Мозаїчна організація генів тварини і людини», третя – «Трансгенні мікроби – суперпродуценти білків людини». Кому в великий бізнес – виходь! Четверта станція – «Генотерапія людини», п'ята – «Трансгенні рослини та тварини», шоста – «Розкодування геному людини – кодуючої нас інформації». Поки ми на цій станції. Попереду ж ... сьома станція: «Клонування людини»... А далі, хто знає, чи то кінець, чи то початок» (Вельков В. В., 2002). Генна інженерія – це кінець чи початок? Зло чи добро? Досягнення чи ризики? Ви словіть свої судження про досягнення та ризики генної інженерії.



### **РЕЗУЛЬТАТ**

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біоетика? 2. Яка мета біоетики? 3. Яке основне завдання біоетики? 4. Назвіть основні біоетичні принципи. 5. Назвіть основні біоетичні проблеми медицини. 6. Наведіть приклад сформованої загальноприйнятої біоетичної позиції щодо проблем медицини.
7 – 9	7. Якими є основи біоетики? 8. У чому суть основних принципів біоетики? 9. Які основні біоетичні проблеми сучасної медицини?
10 – 12	10. Сформулюйте власну позицію щодо дотримання біоетики в біомедичних і біологічних дослідженнях.

## **§ 62. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОТЕХНОЛОГІЇ**

**Основні поняття й ключові терміни: БІОТЕХНОЛОГІЯ.**

**Пригадайте!** Що таке біотехнологія?



### **У світі цікавого**

Національна академія наук США оприлюднила доклад про те, що суспільство має готоватися до появи нових продуктів біотехнології у найближчі 5–10 років. Це бактерії, що діють як ліки, генетично модифіковані організми, м'ясо з пробірки, біолюмінесцентні організми, генний драйв для регуляції чисельності шкідників. А з якими напрямами біотехнології пов'язані ці продукти?



### **ЗМІСТ**

**Які основні завдання та напрями сучасної біотехнології?**

**БІОТЕХНОЛОГІЯ** – це комплекс наук, засобів, методів, спрямованих на одержання і використання процесів, клітин, продуктів життєдіяльності організмів у промисловому виробництві. Різні сучасні методи біотехнології використовують у промисловості (харчовій, легкій, хімічній, будівельній), сільському господарстві (рослинництві, тваринництві), медицині, міському господарстві, кібернетиці, природокористуванні тощо. Наукові дослідження сучасної біотехнології спрямовано на розробку методів і спеціальних виробничих технологій для різних галузей діяльності людини. Через те виокремлюють такі основні розділи, як **харчова, промислова, ветеринарна, екологічна, медична біотехнологія**.

<b>1</b> Подолання бідності	<b>2</b> Вирішення проблеми голоду	<b>3</b> Підтримання доброго здоров'я	<b>6</b> Чиста вода та належні санітарні умови
<b>7</b> Використання відновлюваної енергії	<b>8</b> Достойні робочі місця і економічне зростання	<b>9</b> Інноваційна інфраструктура	<b>11</b> Міста та спільноти, що живуть відповідно до принципів сталого розвитку
<b>12</b> Відповідальне споживання	<b>13</b> Захист планети	<b>14</b> Забезпечення життя під водою	<b>15</b> Забезпечення життя на землі

Іл. 101. Пріоритетні цілі сталого розвитку для біотехнології

**Основні завдання** біотехнології пов'язують з розв'язуванням глобальних цілей сталого розвитку, якими є: подолання бідності і голоду, поліпшення стану охорони здоров'я і якості довкілля, стабільний розвиток промисловості і сільського господарства (іл. 101). Сучасна екологічна біотехнологія передбачає пом'якшення наслідків зміни клімату, захист екосистем і морських ресурсів. Без цього неможливо подолати глобальну продовольчу, енергетичну, сировинну та екологічну проблеми, що постають перед людством.

**Основні напрями досліджень.** Засоби **генної інженерії** та трансгенні організми можна використати для підвищення продуктивності сільського господарства, розроблення вакцин і ліків проти СНІДу, малярії, туберкульозу та інших захворювань. **Клітинна інженерія** та її методи конструювання клітин застосо-

вують для розв'язування багатьох теоретичних проблем біології, у транспланто-логії, для охорони сексуального та репродуктивного здоров'я. Сфера діяльності **біоінженерії** простягається від створення штучних органів для компенсації знижених або втрачених фізіологічних функцій (біомедична інженерія) до молекулярного конструювання речовин із заданими властивостями (білкова інженерія, інженерна ензимологія). Для подолання бідності й забезпечення кожної людини достатнім харчуванням, чистою питною водою та засобами санітарії, утилізації токсичних відходів і забруднювальних речовин, створення будівельних матеріалів нового покоління (наприклад, біоцементу) реалізовують технологію **мікро-біологічного синтезу**.

Загострення екологічних проблем спричинило розвиток **екологічної інженерії**, спрямованої на отримання людиною чистої води, пом'якшення наслідків зміни клімату, збереження морських ресурсів, захист екосистем суходолу. Екологічні напрями біотехнології розв'язують проблеми екологічно чистих джерел енергії, громадського транспорту, створення зелених громадських територій.

Отже, основні завдання й напрями сучасної біотехнології пов'язані із реалізацією цілей сталого розвитку.

### **Які теоретичні основи й можливості сучасної біотехнології?**

Біотехнологія – це одна з найперспективніших галузей діяльності людини. У найближчі роки разом з нею швидко розвивається медицина, енергетика, переробка сировини й виробництво матеріалів, міське й сільське господарство. Теоретичною основою біотехнології є передусім біологічні науки. У багатьох випадках сучасна біотехнологія сприяє знаходженню нових розв'язків на стикові різних галузей. Так, виникають і розвиваються біоінформативний, біокібернетичний, біоінженерний напрями біотехнології. З'являються нові матеріали й пристрої – біопаливо, біоцемент, біосорбенти, біосенсори. Для розв'язування багатьох проблем, що виникають, досить часто залучають хіміків, фізиків, географів.

БІОТЕХНОЛОГІЯ		
Теоретична основа	Основні напрями	Галузі застосування
Молекулярна генетика	Генна інженерія	Промисловість
Молекулярна біологія	Клітинна інженерія	Сільське господарство
Біохімія	Біоінженерія	Медицина
Мікробіологія	Екоінженерія	Ветеринарія
Ембріологія	Мікробіосинтез	Комунальне господарство
Екологія		Природокористування

Напрями сучасної біотехнології розробляють і застосовують на всіх рівнях організації життя. За цим критерієм розрізняють такі технології:

- **нанотехнологія** – технологія наночастинок (наприклад, технологія адресної доставки ліків);
- **цитотехнологія** – клітинна технологія (наприклад, вирощування гібридів, отримання білків-інтерферонів, інсуліну, моноклональних антитіл);
- **гістотехнологія** – тканинна технологія (наприклад, вирощування штучного м'яса, шкіри, органів для трансплантації);
- **ембріотехнологія** – зародкова технологія (наприклад, пересаджування ембріональних стовбурових клітин пуповинної крові для лікування променевої хвороби, репродуктивна технологія екстракорпорального запліднення);

- **біоінженерна технологія** із застосуванням технічного підходу (наприклад, тестування ДНК з використанням біочипів, біопротезування, створення біосенсорів);
- **біотехнологія культивування організмів певних видів** (наприклад, клональне мікророзмноження рослин, вермикультура, технологія вирощування печериці двоспорою);
- **біотехнологія захисту екосистем** (наприклад, технологія фіторемедіації ґрунтів, біодеградації токсичних речовин).

Отже, сучасна біотехнологія демонструє необмежені можливості використання організмів у різних галузях народного господарства.

### **Який внесок вітчизняних вчених у розвиток біотехнології?**

Питанню сучасного розвитку біотехнології присвячено дослідження вітчизняних учених, зокрема А. А. Кучко, К. М. Ситника, Д. М. Гродзинського, В. С. Підгорського, В. В. Моргуна, В. П. Широбокова, Я. Б. Блюма, А. В. Єльської та ін.

Україна має певні наукові здобутки, що стосуються генної, клітинної інженерії, інженерної ензимології, створення нових видів ліків, вакцин, біопрепаратів для захисту рослин і тварин тощо. Досягнення вітчизняних учених безпосередньо пов'язані з дослідженням стовбурових клітин, створенням біодетекторів різноманітних забруднень, виробництвом біодобрив, рослинних біостимуляторів, пробіотиків, кормових ферментних домішок, отриманням комплексів ферментів для переробки сільськогосподарської сировини й побутових відходів.

Сьогодні теоретичні й практичні аспекти біотехнології розв'язують у ряді наукових і вищих навчальних закладів. Серед них – Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Інститут фізіології рослин та генетики НАН України, Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, Інститут картопліарства НААН України, Інститут садівництва НААН України, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Нікітський ботанічний сад та інші.

В Україні розроблено низку Державних програм, що визначають пріоритетні завдання новітніх біотехнологій:

- «Мікробна біотехнологія» (наприклад, довготривале зберігання промислових штамів мікроорганізмів);
- «Біотехнологія рослин та біобезпека» (наприклад, біотехнологія кріоконсервації культур клітин, картування геномів важливих культурних рослин);
- «Нові лікарські препарати» (наприклад, створення антибіотиків спрямованої дії);
- «Нові технології та засоби діагностики і лікування найбільш поширених захворювань» (наприклад, розроблення технології лікування онкологічних захворювань);
- «Генна та аналітична біотехнологія» (наприклад, технологія генної терапії атеросклерозу, отримання цитокінів людини, створення біосенсорних систем контролю промислових процесів).

Результатом дослідницької роботи лікарів і біологів Донецького інституту невідкладної і відновної хірургії ім. В. К. Гусака НАН України стала технологія вирощування кісток із стовбурових клітин. Методика ґрунтується на клітинній інженерії.

Отже, застосування результатів досліджень біотехнології є завданням пріоритетного значення, що може стати одним із суттєвих важелів підвищення ефективності економіки.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### Самостійна робота. Сучасна біотехнологія як основа сталого розвитку

Назвіть розділи біотехнології, біологічні науки, що є їх теоретичною основою та приклади конкретних технологій, що вже застосовуються. Заповніть таблицю і сформулюйте висновок про роль біотехнології у розв'язуванні глобальних проблем людства.

Розділ	Теоретичні основи	Приклади технологій

### Проект на тему «Трансгенні організми: за і проти»

Державні органи, дослідницькі інститути, неурядові організації й професійні об'єднання в усьому світі наводять аргументи «за» й «проти» штучного коригування генетичного коду організмів. Підготуйте проект і сформулюйте власну позицію щодо трансгенних організмів і перспективи використання генетично модифікованих харчових продуктів.



## СТАВЛЕННЯ

### Біологія + Вибір професії. Професії майбутньої біотехнології

У майбутньому розвиток біотехнології приведе до появи багатьох нових професій у галузях харчової, промислової, медичної, ветеринарної, екологічної біотехнології, серед яких *архітектор біосистем, архітектор медобладнання, урбаніст-еколог, системний біотехнолог, біофармаколог, біоетик, ГМО-агроном, city-фермер, IT-медик*. У чому суть цих професій?



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біотехнологія? 2. Назвіть розділи сучасної біотехнології. 3. Які біологічні науки є теоретичною основою біотехнології? 4. Наведіть приклад найвідоміших напрямів у біотехнології. 5. Назвіть імена видатних вітчизняних учених у біотехнології. 6. Наведіть приклад досягнень біотехнології в Україні.
7 – 9	7. Які основні завдання, розділи та напрями сучасної біотехнології? 8. Які теоретичні основи сучасної біотехнології? 9. Який внесок вітчизняних учених у розвиток біотехнології?
10 – 12	10. Сформулюйте власну позицію щодо трансгенних організмів і перспективи використання генетично модифікованих харчових продуктів.

*Штучний інтелект, енергетика, біотехнології – це перспективні галузі, де ви зможете багато що зробити.*  
Білл Гейтс

## § 63. ЗАСТОСУВАННЯ ДОСЯГНЕТЬ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ГЕНЕТИКИ, МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ ТА БІОХІМІЇ У БІОТЕХНОЛОГІЇ

**Основні поняття й ключові терміни: МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА. МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ. БІОХІМІЯ.**

**Пригадайте!** Які теоретичні основи біотехнології?



### Новини науки

Поки що не існує ефективних методів лікування спадкових захворювань сітківки (наприклад, пігментного ретиніту). Відбувається збій, через який фоторецептори починають гинути, що призводить до сліпоти. Для розв'язування цієї проблеми вчені намагаються створити біотехнологію доставки до цих клітин необхідних генів за допомогою вірусів або плазмід. Які біологічні науки можуть їм у цьому допомогти?



### ЗМІСТ

**Яке значення досягнень молекулярної генетики для біотехнології?**

**МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА** – це галузь біології, що вивчає молекулярні основи спадковості й мінливості живих організмів і вірусів. Найголовнішими досягненнями молекулярної генетики, що застосовуються в біотехнології, є закономірності організації та збереження генетичного матеріалу (хімічна природа гена, штучний синтез гена, механізми реплікації й репарації ДНК). Молекулярна генетика стала теоретичною основою **генної інженерії**, метою якої є створення генетичних структур та організмів з новими комбінаціями спадкових ознак.

До найважливіших методів молекулярної генетики, що їх використовують у генетій інженерії, належать:

- **метод гібридизації ДНК** з використанням ДНК-зондів – визначення фрагментів ДНК або РНК з певною генетичною інформацією за допомогою одноланцюжкових комплементарних фрагментів ДНК (ДНК-зондів);
- **методи секвенування генів** – встановлення послідовності нуклеотидів у молекулах ДНК;
- **метод полімеразної ланцюгової реакції** – збільшення кількості фрагментів ДНК у біологічному матеріалі;
- **метод генетичних маркерів** – ідентифікація фрагментів ДНК за допомогою специфічних нуклеотидних послідовностей з відомою первинною структурою;
- **методи перенесення генів** за допомогою вірусних векторів або плазмід.

Для отримання генів, їх поєднання з векторами (плазмідами або вірусами) в генетичній інженерії використовують ферменти: **ревертази** (ферменти, що

кatalізують синтез нитки ДНК на матриці iРНК), **рестриктази** (ферменти, що розрізають нуклеотидні послідовності в певних місцях), **лігази** (ферменти, що з'єднують нуклеотидні послідовності).

Отже, досягнення молекулярної генетики дають змогу отримувати гени й переносити їх з метою конструювання клітин й організмів зі зміненою спадковою інформацією.

### Яке значення молекулярної біології для біотехнології?

**МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ** – галузь біології, що вивчає біологічні процеси на рівні біополімерів – нуклеїнових кислот і білків та їх надмолекулярних структур. Для біотехнології фундаментальне значення мають такі досягнення цього розділу, як встановлення механізмів реалізації генетичної інформації, біосинтезу білків, мембраниого транспортування, ферментного каталізу, а також вивчення регуляторних механізмів цих процесів. Молекулярна біологія разом з молекулярною генетикою стали фундаментом для **клітинної інженерії**, мета якої – створення нових клітин та отримання тканин, органів й організмів з клітинного матеріалу.

Основними методами молекулярної біології, що їх застосовують у біотехнології, є:

- **метод соматичної гібридизації** – поєднання соматичних клітин різних тканин або організмів для отримання нових комбінацій ознак;
- **метод культури клітин (тканин)** – виділення й перенесення клітин з організму на поживні середовища для отримання генетично однорідних популяцій клітин;
- **метод клонування організмів** – отримання із застосуванням нестатевих способів розмноження клонів, що складаються з генетично однорідних клітин. Основою клонування є явище *томіпотентності* – здатність однієї клітини багатоклітинного організму давати початок цілому новому організму шляхом поділу. Технологія пересаджування ядер соматичних клітин в яйце-клітину, з якої власне ядро було вилучене, є наступне вирощування та отримання організму набуло широкого застосування як *соматичне клонування* (наприклад, клонування вівці Доллі). У клітинній інженерії розрізняють ще *ембріональне клонування*, за якого донорами ядер є морули або бластоцити (наприклад, отримання й клонування химерних мишей).

Отримання клітин і клітинних продуктів експресії було б неможливим без участі таких ферментів, як **полімерази** (ДНК-полімерази, РНК-полімерази), **синтетази** (ферменти синтезу білків), **протеази** (ферменти розщеплення білків), **нуклеази** (ферменти розщеплення нуклеїнових кислот).

Отже, досягнення молекулярної біології є основою більшості галузей біотехнології.

### Для яких напрямів біотехнології фундаментальною основою є біохімія?

**БІОХІМІЯ** – наука про хімічний склад і хімічні процеси, що відбуваються в клітинах живих організмів. Сучасна біохімія вивчає організми на молекулярному рівні за допомогою цілої низки методів: електрофорезу, хроматографії, електронної мікроскопії, ультрацентрифугування, полярографії, методу міченіх атомів.

На ґрунті її фундаментальних досліджень створюються біотехнології для медицини, сільського господарства, промисловості, охорони довкілля: одержання харчових продуктів (наприклад, кефірів, йогуртів, сухого молока, хліба, соків), отримання лікарських препаратів (наприклад, вакцин, антибіотиків, вітамінів, ферментів), безвідходні технології очищення довкілля (наприклад, біотехнологія розкладу штучних полімерних матеріалів), добування екологічно чистих видів палива (наприклад, біогазу, біодизелю), кормів для сільськогосподарських тварин (наприклад, кормових білків із парафінів нафти), створення засобів догляду й захисту рослин (наприклад, створення біодобрив, біогумусу). Великим є значення біохімії у розв'язуванні екологічної проблеми утилізації та переробки відходів, створенні будівельних матеріалів нового покоління та створенні біотехнології отримання біорозщеплюваних матеріалів (наприклад, полігідроксіалканоатів).

Успіхи біохімії є фундаментом для розвитку таких напрямів біотехнології, як:

- **інженерна ензимологія** – це галузь, що ґрунтуються на використанні каталітических функцій ферментів у ізольованому стані або у складі певних клітин для одержання продуктів (наприклад, біотехнологія отримання ферментів для освітлення фруктових соків);
- **мікробіологічний синтез** – галузь, що займається створенням промислових способів добування речовин і сировини за допомогою мікроорганізмів (архей, бактерій, нижчих грибів, одноклітинних рослин) і продуктів їхньої життєдіяльності (наприклад, біотехнологія одержання антибіотиків, штучних кормових білків, ферментів, вітамінів В<sub>2</sub>, В<sub>12</sub>, С, гіберелінів, стероїдних речовин);
- **екологічна інженерія** – галузь, завданням якої є поліпшення стану довкілля та створення технологій, що забезпечують очищення води, повітря, ґрунтів (основними інструментами галузі є «зелена хімія», «зелена енергетика», «зелений транспорт», біоочищення стічних вод, технологія очищення ґрунтів або водойм від забруднювачів за участі рослин – фіторемедіація) (ил. 102).



Іл. 102. Рослини-ремедіатори:

1 – верба п'ятитичинкова;

2 – гірчиця індійська

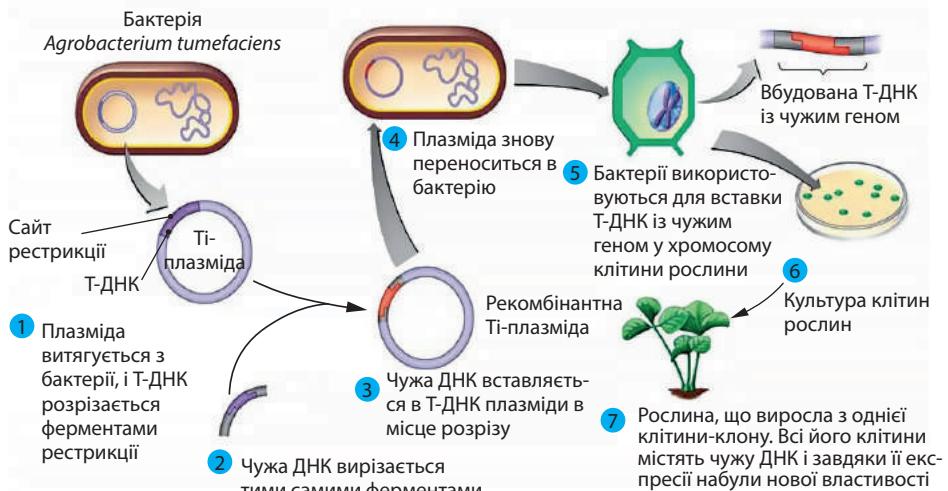
Отже, біохімія є фундаментальною основою таких напрямів біотехнології, як інженерна ензимологія, мікробіологічний синтез, екологічна інженерія.



### ДІЯЛЬНІСТЬ

#### Самостійна робота з ілюстрацією

Перед вами схема окремих етапів створення трансгенного сорту суніць. Назвіть ці етапи й укажіть методи й ферменти, що їх було використано під час створення сорту.



### Проект на тему «Клонування організмів»

5 липня 1996 р. – день народження вівці Доллі. Її поява символізувала видатний прорив у біотехнології. Підготуйте проект, в якому розкрийте досягнення й проблеми цього методу клітинної інженерії, сформулюйте перспективи клонування та висловіть свої судження щодо застосування клонування в сільському господарстві, промисловості, медицині, ветеринарії.



### СТАВЛЕННЯ

#### Біологія + Хімія. «Зелена хімія»

«Зелена хімія» – галузь екологічної інженерії, що займається створенням, розробленням і застосуванням хімічних продуктів і процесів, що зменшують або унеможливлюють використання й утворення шкідливих речовин. У 1998 р. П. Т. Анастас і Дж. С. Уорнер у своїй книжці «Зелена хімія: теорія і практика» сформулювали дванадцять принципів «зеленої хімії». Назвіть ці принципи. Обґрунтуйте значення біотехнології для досягнення цілей «зеленої хімії».



### РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке молекулярна генетика і генна інженерія? 2. Назвіть досягнення молекулярної генетики. 3. Що таке молекулярна біологія й клітинна інженерія? 4. Назвіть найвідоміші відкриття молекулярної біології. 5. Що таке біохімія й мікробіологічний синтез? 6. Яке значення біохімії для екологічної інженерії?
7 – 9	7. Яке значення досягнень молекулярної генетики для біотехнології? 8. Яке значення молекулярної біології для біотехнології? 9. Для яких напрямів біотехнології фундаментальною основою є біохімія?
10 – 12	10. Висловіть своє судження щодо застосування досягнень молекулярної генетики, молекулярної біології та біохімії у біотехнології.

Стережіться лихого в усякому вигляді!  
З Нового Заповіту

## **§ 64. ПОНЯТТЯ ПРО БІОЛОГІЧНУ НЕБЕЗПЕКУ ТА БІОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ**

**Основні поняття й ключові терміни:** **БІОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА.** **Біологічна зброя.** **Біологічний тероризм.** **БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.** **Біологічний захист.**

**Пригадайте!** Що вивчає біологія?



### **Вступна вправа**

Символ біологічної небезпеки був розроблений у 1966 р. компанією *Dow Chemical* для власних потреб. Нині символ використовується в місцях виробництва, зберігання або застосування шкідливих для здоров'я людини біологічних речовин, ним маркують біологічну зброю. Який із цих знаків є символом біологічної небезпеки?



### **ЗМІСТ**

#### **Якими є чинники біологічної небезпеки?**

**БІОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА** – це небезпека для здоров'я й життя людини, пов'язана із впливом на нього агентів біологічної природи. **До біологічних чинників небезпеки** належать:

- отруйні рослини (аконіт отруйний, блекота чорна, борщівник Сосновського, болиголов плямистий, віх отруйний, вовча ягода, дурман звичайний, тис ягідний) (іл. 103);
- отруйні гриби (бліда поганка, мухомор червоний і пантерний, несправжні опеньки, чортів гриб) (іл. 104);
- отруйні тварини (каракурт, тарантул, шершні, гадюка звичайна і степова) (іл. 105);
- патогенні неклітинні форми життя (віруси, пріони, віроїди);
- хвороботворні мікроорганізми (бактерії, одноклітинні твариноподібні);
- продукти життєдіяльності організмів (наприклад, токсини ціанобактерій, ботулотоксини, антибіотики, рицин);
- генетично модифіковані організми та генетичні конструкції (вірусні вектори, онкогени, гени білків-токсинів).



Іл. 103. Отруйні рослини України:  
1 – чемеріца біла; 2 – вовча ягода;  
3 – блекота чорна



Іл. 104. Отруйні шапинкові гриби:  
1 – бліда поганка; 2 – пантерний  
мухомор; 3 – червоний мухомор



Іл. 105. Отруйні тварини України:  
1 – медуза коренерот; 2 – каракурт;  
3 – гадюка звичайна

Біологічну та екологічну небезпеку становлять забруднення природних ресурсів, масове розмноження комах, зміни природного біорізноманіття та порушення біологічної рівноваги. До біологічних ризиків належать також ненавмисні наслідки наукових досліджень та біологічні інвазії. За останні роки швидко розмножуються і поширяються *слизняки*, які за відсутності контролю можуть пошкоджувати врожай практично усіх культур на городах і в садах. Впродовж 3 – 4 останніх років на водних теренах країни успішно «мігрує» *nictia sharuvata*, або водяний латук.

Основними джерелами виникнення біологічних загроз є: 1) епідемії та спалахи інфекційних захворювань людини; 2) масові захворювання тварин (епізоотії) й рослин (епітофії); 3) аварії на біологічно небезпечних об'єктах; 4) природні резервуари патогенних мікроорганізмів; 5) транскордонне перенесення патогенних мікроорганізмів і чужорідних видів; 6) диверсії на біологічно небезпечних об'єктах; 7) біологічний тероризм; 8) застосування біологічної зброї державою.

Отже, носіями біологічної небезпеки є біологічні явища, процеси, об'єкти, здатні у певних умовах завдавати шкоди здоров'ю людини.

### Що таке біологічна зброя?

**Біологічний тероризм** – застосування небезпечних біологічних агентів для завдання шкоди життю і здоров'ю людей заради досягнення цілей політичного або ідеологічного характеру. Зазвичай ідеться про навмисне «вивільнення» патогенних біологічних засобів з метою завдання максимальної шкоди людині, тваринам і рослинам для досягнення особистих, політичних, соціальних або релігійних цілей. У ХХ ст. було зафіксовано понад 100 підтверджених випадків використання біологічних агентів, з яких 19 були терористичними актами. Окремим випадком біологічного тероризму є агротероризм з використанням біологічної зброї проти культурних рослин або домашніх тварин.

**Біологічна зброя** – це спеціальні боєприпаси, прилади із засобами доставки, що споряджені біологічними агентами. Біологічні агенти – патогенні мікроорганізми, токсини, заражені комахи, а також синтетичні хімічні речовини – гербіциди та дефоліанти. З розвитком генетичної інженерії можна добути особливо небезпечні штами стійких до антибіотиків мікроорганізмів, які зможуть протистояти вакцинам. Біологічна зброя є засобом масового ураження й призначається для ураження людей, свійських і службових тварин, сільськогосподарських тварин і рослин. Навмисне застосування таких біологічних речовин для ураження або знищенння людей, а також сільськогосподарських тварин і рослин входить у поняття «біологічна війна». Для ураження людей найбільш ймовірне використання як біологічної зброї збудників натуральної віспи, сибірської виразки, чуми, туляремії, бруцельозу, висипного тифу, жовтої гарячки, токсину ботулізму (ил. 106).

Отже, біотероризм є незаконним використанням біологічних засобів проти людей для досягнення особистих, політичних, соціальних або релігійних цілей.



Іл. 106. За часів «холодної війни» острів Відродження в Аральському морі був випробувальним майданчиком для біологічної зброї

## Які основні напрями реалізації біологічної безпеки?

Термін «біобезпека» запропоновано в додатковій угоді до Конвенції про біологічне різноманіття, що відома під назвою «Картахенський протокол із біобезпеки», який було прийнято в Монреалі (2000 р.).

Відповідно до рекомендацій ВООЗ установлено чотири рівні біобезпеки:

- **I рівень** – вимагає ретельного виконання стандартних запобіжних заходів і не потребує застосування спеціальних бар'єрів крім засобів обробки рук і спеціального одягу;
- **II рівень** – рекомендується для лабораторій, які проводять роботи з більш небезпечними біологічними об'єктами, що спричиняють у людини захворювання середньої тяжкості;
- **III рівень** – стосується об'єктів, у яких робота виконується з біоагентами, що можуть спричинити важкі або смертельні захворювання, але для боротьби з якими існують методи лікування;
- **VI рівень** – необхідний для роботи з біоагентами, що спричиняють важкі та смертельні хвороби у людей і проти яких немає вакцин або інших методів лікування.

Національна біологічна безпека – це система організаційних і технічних заходів захищеності окремої особи та суспільства в цілому від потенційних і реальних біологічних загроз. В Україні розроблено концепцію Державної цільової програми біобезпеки та біологічного захисту на 2012 – 2015 рр., в якій визначено пріоритети державної політики в сфері біобезпеки.

**Біологічний захист** – це комплекс заходів з метою запобігання впливу шкідливих біоагентів на стан здоров'я людей, тварин і навколошнє середовище. Однією зі складових біозахисту є оцінювання біологічного зараження навколошнього середовища, що в даний час набуває все більшого значення. Збір, ідентифікація біологічних агентів і вживання заходів захисту мають бути завчасними настільки, щоб вони були ефективними.

Іншою складовою біозахисту є прийняття на державному і міжнародному рівнях документів, конвенцій, договорів. Найважливішою в цьому аспекті є **Конвенція про заборону біологічної й токсичної зброї**, що була відкрита для підписання 10 квітня 1972 р. і вступила в силу 26 березня 1975 р. Нині її учасниками є 163 держави, які зобов'язалися не розробляти, не виробляти і не накопичувати біологічну зброю. Згідно з концепцією для зменшення всезростаючої біологічної загрози від застосування біологічної зброї та епідемій інфекційних захворювань необхідно: 1) суворо дотримуватись угод усіма державами без винятку; 2) здійснювати жорсткий міжнародний контроль за розробленням біологічної зброї; 3) розробляти нові вакцини; 4) здійснювати всеохопну вакцинацію населення; 5) мати стратегічний запас вакцин; 6) здійснювати профілактику щодо запобігання інфекційним хворобам; 7) поліпшувати умови життя населення з метою запобігання спалахам невідомих інфекційних захворювань.

Отже, **БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА** – стан середовища життя людини, у якому немає негативного впливу біологічних чинників на людину в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також немає незворотного негативного впливу на біологічні об'єкти природних і штучних екосистем.



## ДІЯЛЬНІСТЬ

### **Самостійна робота з таблицею. Біонебезпечні інфекційні захворювання**

Визначте збудників і механізм передачі інфекційних захворювань, що можуть бути причиною біологічної небезпеки. Чому хвороботворні віруси й бактерії у зафікованих випадках були біологічною зброєю масового ураження? Які особливості відрізняють біологічну зброю від хімічної?

Захворювання	Збудник	Механізм передачі
Натуральна віспа		
Сибірська виразка		
Чума		
Висипний тиф		
Туляремія		

### **Біологія + Історія. Вірус натуральної віспи як біологічна зброя**

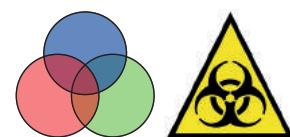
Одним з найдавніших прикладів використання віrusу віспи як біологічної зброї може слугувати випадок зараження корінних жителів Америки – індійців натуральною віспою через інфіковані ковдри хворих людей, що їх було передано ім на знак дружби білими колоністами в 1763 р. Тоді лише за декілька років населення континенту скоротилося з 75 млн до 600 тис. людей. Вірус натуральної віспи вважається найнебезпечнішим агентом. Чому? Висловіть судження про небезпеку біологічної зброї для життя на Землі.



## СТАВЛЕННЯ

### **Біологія + Логіка. Діаграма Венна і символ біологічної небезпеки**

Діаграма Венна – діаграма, що показує можливі логічні відношення для набору множин. Діаграму Венна використовують для вивчення елементарної теорії множин та ілюстрування простих співвідношень логіки, статистики, мовознавства, інформатики. Діаграма Венна ілюструє взаємодіючі компоненти та зв'язки між ними у вигляді перетинів. Застосуйте діаграму Венна та запропонуйте своє пояснення змісту, що має символ біологічної небезпеки.



## РЕЗУЛЬТАТ

Оцінка	Завдання для самоконтролю
1 – 6	1. Що таке біологічна небезпека? 2. Назвіть основні групи біологічно небезпечних чинників. 3. Що таке біологічний тероризм? 4. Що таке біологічна зброя? 5. Що таке біологічна безпека? 6. Назвіть основні напрями реалізації біологічної безпеки.
7 – 9	7. Якими є чинники біологічної небезпеки? 8. Що відрізняє біологічну зброю? 9. Які основні напрями реалізації біологічної безпеки?
10 – 12	10. Висловіть судження про небезпеку біологічної зброї для життя на Землі.

## Узагальнення теми 9. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СЕЛЕКЦІЇ, МЕДИЦИНІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Результатом біологічних досліджень є знання, необхідні для забезпечення сталого розвитку людства, розв'язування глобальних проблем, розроблення та впровадження досягнень біотехнології, що визначають рівень розвитку багатьох галузей, передусім селекції, медицини, сільського господарства, промисловості, охорони довкілля й біорізноманіття.

<b>СЕЛЕКЦІЯ</b> – наука про створення нових і поліпшення вже існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Основними розділами є <b>селекція, рослин, селекція тварин і селекція мікроорганізмів</b> .		
Основні напрями сучасних досліджень	Біологічні основи	Науки, що є теоретичною основою
<ul style="list-style-type: none"> <li>Маркерна селекція</li> <li>Геномна селекція</li> <li>Адаптивна селекція</li> </ul>	Вчення про центри походження культурних рослин Закон гомологічних рядів Вчення про мутації Вчення про гетерозис Біоетичний підхід	Молекулярна біологія, молекулярна генетика, біохімія, мікробіологія, екологія, генетика, еволюційна біологія
<b>МЕДИЦИНА</b> – система наукових знань і практичної діяльності, спрямованої на збереження здоров'я й лікування захворювань. Основними розділами є <b>теоретична медицина й практична медицина</b> .		
Основні напрями сучасних досліджень	Біологічні основи	Науки, що є теоретичною основою
Репродуктивна медицина Трансплантологія Донорство Біомедична інженерія Регенеративна медицина Генотерапія Онкологія	Вчення про стрес Теорія хвороб цивілізації Екологічний підхід Психосоматика Етологічний підхід Біоетичний підхід	Біологія людини, екологія людини, етологія людини, біотехнологія, вірусологія, мікробіологія, епідеміологія, імунологія, антропологія, біоінформатика
<b>БІОТЕХНОЛОГІЯ</b> – це комплекс наук, засобів, методів, спрямованих на одержання і використання процесів, клітин, продуктів життєдіяльності організмів у промисловому виробництві. Основними розділами є <b>харчова, промислова, ветеринарна, екологічна, медична біотехнологія</b>		
Основні напрями сучасних досліджень	Біологічні основи	Науки, що є теоретичною основою
Генна інженерія Клітинна інженерія Екологічна інженерія Біоінженерія Промислова мікробіологія	Закономірності збереження й реалізації генетичної інформації Екологічний підхід Геноміка Протеоміка Біоетичний підхід	Молекулярна генетика Молекулярна біологія Біохімія Мікробіологія Екологія Біологія людини Селекція

## **ЗМІСТ**

---

Як працювати з підручником?.....	3
<b>Тема 5. Адаптації</b>	
§ 1. Адаптація як загальна властивість біосистем .....	4
§ 2. Загальні закономірності формування адаптацій .....	8
§ 3. Формування адаптацій на молекулярному та клітинному рівнях організації. Стратегії адаптації організмів.....	12
§ 4. Поняття про екологічно пластичні та екологічно непластичні види. Поняття про адаптивну радіацію.....	15
§ 5. Життєві форми рослин і тварин як адаптації до середовища мешкання.....	18
§ 6. Екологічна ніша.....	21
§ 7. Поняття про спряжену еволюцію та коадаптацію .....	24
§ 8. Середовище існування .....	27
§ 9. Водне середовище існування .....	30
§ 10. Наземно-повітряне середовище існування.....	34
§ 11. Способи терморегуляції організмів .....	38
§ 12. Ґрунтове середовище існування .....	42
§ 13. Симбіоз та його форми .....	46
§ 14. Організм як середовище мешкання.....	50
§ 15. Паразитизм та його поширення .....	53
§ 16. Форми та роль паразитизму в природі.....	57
§ 17. Адаптації паразитів та їх хазяїв .....	60
§ 18. Адаптивні біологічні ритми .....	64
Узагальнення теми 5. Адаптації.....	68
<b>Тема 6. Біологічні основи здорового способу життя</b>	
§ 19. Науки, що вивчають здоров'я людини .....	69
§ 20. Здоровий спосіб життя, принципи й складові .....	72
§ 21. Статева культура й безпека життя людини.....	76
§ 22. Негативний вплив алкоголю на здоров'я людини.....	80
§ 23. Негативний вплив куріння на здоров'я людини .....	84
§ 24. Негативний вплив наркотиків на здоров'я людини .....	88
§ 25. Вплив стресових чинників на організм людини.....	92
§ 26. Вплив навколошнього середовища на здоров'я людини .....	96
§ 27. Імунна система людини, особливості її функціонування .....	100
§ 28. Імунокорекція. Імунотерапія .....	104
§ 29. Профілактика захворювань людини. Неінфекційні захворювання.....	107
§ 30. Профілактика інфекційних захворювань .....	111
§ 31. Профілактика інвазійних захворювань .....	115
§ 32. Профілактика захворювань, що передаються статевим шляхом.....	119
Узагальнення теми 6. Біологічні основи здорового способу життя.....	123
<b>Тема 7. Екологія</b>	
§ 33. Предмет вивчення екології, її завдання та методи.....	124
§ 34. Екологічні зв'язки. Екологічні закони .....	128
§ 35. Екологічні чинники та їхня класифікація.....	132
§ 36. Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їхні угруповання.....	136
§ 37. Популяції. Класифікація популяцій.....	140
§ 38. Популяції, їх характеристика.....	144
§ 39. Екосистемологія. Екосистеми, їх структурна організація.....	148
§ 40. Екосистеми, їх властивості та характеристики .....	152
§ 41. Екологічні сукцесії як процеси саморозвитку екосистем .....	156
§ 42. Агроекосистеми, особливості структури й функціонування .....	159
§ 43. Біосфера як глобальна екосистема, її структура та межі .....	163

§ 44. Біогеохімічні цикли як необхідна умова існування біосфери.....	167
§ 45. Вчення В. І. Вернадського про біосферу та ноосферу.....	171
<b>Узагальнення теми 7. Екологія .....</b>	<b>175</b>
<b>Тема 8. Сталий розвиток та раціональне природокористування</b>	
§ 46. Сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні .....	176
§ 47. Види забруднення, їхні наслідки для екосистем.....	180
§ 48. Антропічний вплив на атмосферу.....	184
§ 49. Антропічний вплив на гідросферу.....	188
§ 50. Антропічний вплив на ґрунти.....	192
§ 51. Антропічний вплив на біорізноманіття .....	196
§ 52. Екологічна політика в Україні.....	200
§ 53. Червона книга та Чорний список видів тварин. Зелена книга України .....	204
§ 54. Концепція сталого розвитку та її значення .....	209
<b>Узагальнення теми 8. Сталий розвиток та раціональне природокористування....</b>	<b>213</b>
<b>Тема 9. Застосування результатів біологічних досліджень у селекції, медицині та біотехнології</b>	
§ 55. Застосування результатів біологічних досліджень у селекції .....	214
§ 56. Сучасні методи селекції тварин, рослин і мікроорганізмів .....	218
§ 57. Вчення М. І. Вавилова про центри різноманітності та походження культурних рослин .....	222
§ 58. Застосування результатів біологічних досліджень у медицині .....	226
§ 59. Досягнення трансплантології, репродуктивної медицини та донорства.....	230
§ 60. Генна інженерія в медицині. Досягнення регенеративної медицини та онкології.....	234
§ 61. Біоетичні проблеми сучасної медицини .....	238
§ 62. Застосування результатів біологічних досліджень у біотехнології.....	242
§ 63. Застосування досягнень молекулярної генетики, молекулярної біології та біохімії у біотехнології .....	246
§ 64. Поняття про біологічну небезпеку та біологічну безпеку .....	250
<b>Узагальнення теми 9. Застосування результатів біологічних досліджень у селекції, медицині та біотехнології .....</b>	<b>254</b>

#### Навчальне видання

**СОБОЛЬ Валерій Іванович**

## **БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ**

**Рівень стандарту**

**Підручник для 11 класу закладів загальної середньої освіти**

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України**

**ВИДАНО ЗА ДЕРЖАВНІ КОШТИ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО**

В оформленні підручника використано фото та ілюстрації з:

<https://unsplash.com>; <https://www.pexels.com>; <http://free-stock.photo>; <http://albumarium.com>; <http://www.lifeofpix.com>; <https://pixabay.com>; <http://www.freestockphotos.biz>; <http://freeimages.com>; <https://www.flickr.com>; <http://www.visipix.com>; <http://www.dreamstime.com>; <http://www.freeimages.com>; <http://openphoto.net>; <http://www.stockvault.net>

Підписано до друку 16.05.2019. Формат 70x100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офсет.  
Ум. друк. арк. 20,8. Тираж 163 305 пр. Зам. № 396

ТОВ «АБЕТКА». Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції від 19.06.2001 р. Серія ДК № 495

32300, Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський, вул. Князів Коріатовичів, 9а  
Тел.: 0984253404, 0501931724, 0673808375; e-mail: abetka2017@ukr.net, <http://abetka.in.ua>

Надруковано у ПП «Юнісофт». 61036, м. Харків, вул. Морозова, 13 б,  
[www.unisoft.ua](http://www.unisoft.ua). Свідоцтво ДК №3461 від 14.04.2009 р. Зам. № 473/04