

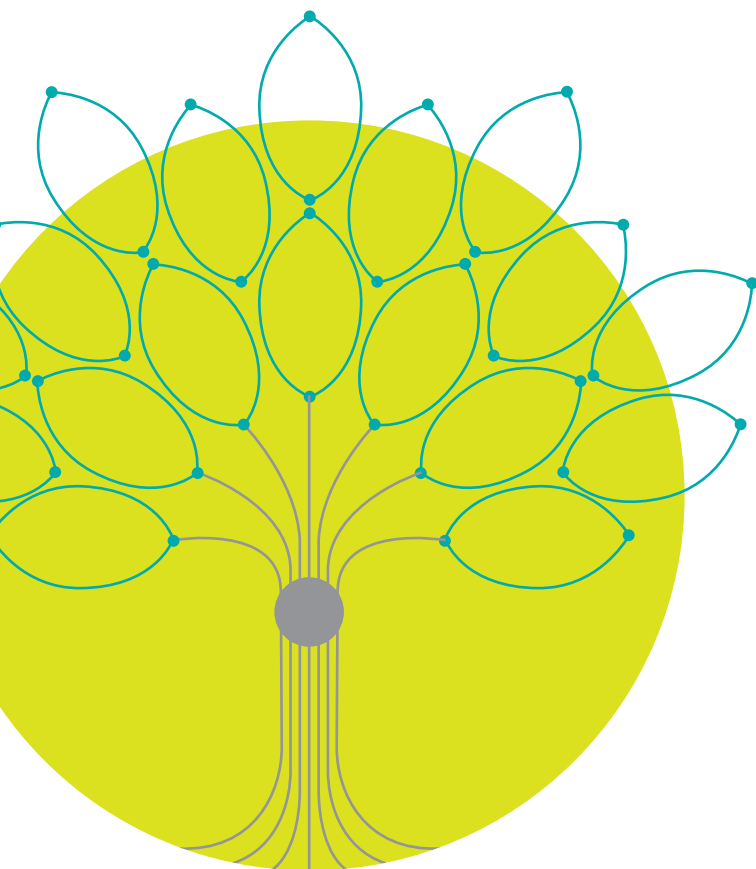
ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

11

Костянтин Задорожний
Ольга Утевська
Дмитро Леонтєв

БІОЛОГІЯ і ЕКОЛОГІЯ

ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ



Інтернет-
підтримка

Костянтин Задорожний

Ольга Утевська

Дмитро Леонтєв

БІОЛОГІЯ і ЕКОЛОГІЯ

Профільний рівень

Підручник для 11 класу
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України

Харків
Видавництво «Ранок»
2019

УДК 57/502:37.016(075.3)
З-15

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

Видаєно за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Задорожний К. М.
З-15 Біологія і екологія (профільний рівень) : підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти /
К. М. Задорожний, О. М. Утевська, Д. В. Леонтєв. — Харків : Вид-во «Ранок», 2019. —
240 с. : іл.

ISBN 978-617-09-5190-8

УДК 57/502:37.016(075.3)



Інтернет-підтримка
Електронні матеріали
до підручника розміщено на сайті
interactive.ranok.com.ua

ISBN 978-617-09-5190-8

© Задорожний К. М., Утевська О. М.,
Леонтєв Д. В., 2019
© Леонтєв Д. В., ілюстрації, 2019
© Нестеренко І. І., обкладинка, 2019
© ТОВ Видавництво «Ранок», 2019

Знайомство з підручником

Шановні одинадцятикласники і одинадцятикласниці! Цього року ви вивчатимете такі розділи біології:

- Адаптації
- Біологічні основи здорового способу життя
- Селекція та біотехнологія
- Екологія
- Сталий розвиток та збалансоване природокористування

Весь необхідний матеріал ви знайдете в підручнику, який містить п'ять розділів відповідно до тем, що ви будете вивчати.

Підручник побудовано таким чином, щоб вам було зручно з ним працювати. Погортайте сторінки і ознайомтеся з його структурою.

1. Кожний параграф розташований на одному розвороті. Весь матеріал одного уроку — перед очима. Таке розташування полегшить пошук потрібного параграфа.

2. На початку кожного параграфа пропонується декілька тем, які необхідно пригадати, перш ніж вивчати новий матеріал.

3. Параграфи, у яких це необхідно, містять практичні роботи.

4. Закінчується кожний параграф двома рубриками:

- «Ключова ідея» — це головна думка, висновок;
- «Запитання та завдання» — компетентні завдання.

5. Багато інформації наведено у вигляді схем, таблиць, ілюстрацій. Вони полегшать сприйняття й запам'ятовування нового матеріалу.

6. Кожний розділ закінчується узагальнюючим розворотом, у якому стисло подано інформацію, викладену в розділі.

7. У кінці підручника ви знайдете алфавітний покажчик, який полегшить пошук необхідної інформації.

Крім того, підручник має електронний додаток, розміщений на сайті interactive.ranok.com.ua. У ньому ви знайдете тестові завдання до тем.

Умовні позначення в підручнику



— Поміркуйте



— Згадайте



— Дізнайтеся більше



— Ключова ідея



— Практична робота



— Запитання та завдання

*Сподіваємося, що вам буде зручно і легко працювати за нашим підручником.
Бажаємо вам успіхів у навчанні!*

Тема 6. Адаптації



§ 1. Подразливість біологічних об'єктів

? Поміркуйте

Чи існують неживі системи, які б реагували на зовнішні впливи?

← Згадайте

- Властивості живого
- Будова клітинної мембрани
- Механізм дії гормонів

Подразливість як реакція на подразнення

Однією з базових властивостей живих організмів є подразливість. **Подразливістю** називають здатність організмів переходити в діяльний стан зі стану фізіологічного спокою у відповідь на дію певних факторів (подразників). Сам процес дії подразника на організм називають **подразненням**.

Здатність відповідати на вплив факторів властива не лише живим організмам. Так, рН буферних розчинів у відповідь на додавання невеликих кількостей кислот або лугів відновлюється самостійно. Але для живих організмів здатність до подразливості є обов'язковою для виживання. Без цієї властивості організми не спроможні підтримувати свій гомеостаз. Подразливість має місце на всіх рівнях організації живого.

Види подразників

Подразники, які здатні діяти на живі організми, можна розділити на такі групи: за природою, за силою та за біологічним значенням.

За природою подразники поділяють на фізичні, хімічні та змішані. **Фізичні** подразники діють на організми за допомогою фізичних факторів і, відповідно, бувають механічними, тепловими, світловими та електричними. Та-

кими подразниками, наприклад, є тиск води на мешканців водойм, світло сонця, низька чи висока температура середовища та ін.

Деякі речовини — кислоти, луги, гормони, вітаміни, продукти обміну речовин тощо — є **хімічними** подразниками для живих організмів. Ці речовини перебувають в організмах у вигляді молекул або окремих йонів і діють на клітинному рівні.

А змішані подразники здійснюють на організми комбінований вплив, який складається і з фізичних, і з хімічних компонентів. До таких подразників належать, скажімо, осмотичний тиск і рН середовища.

За силою подразники бувають пороговими, підпороговими і надпороговими. **Порогові** подразники мають силу, мінімально необхідну для виникнення відповідної реакції організму. У **підпорогових** подразників сила впливу на організм менша за порогову і не може викликати реакцію організму. У **надпорогових** така сила, відповідно, є більшою за порогову. Для різних організмів величина порогового показника може бути різною. Так, сова здатна бачити предмети за умови рівня освітлення, що набагато менший, ніж той, за якого ці ж предмети буде бачити людина.

За біологічним значенням подразники поділяють на адекватні й неадекватні. **Адекватними** є подразники, для сприйняття яких в організмі пристосовані певні збудливі структури. Наприклад, рецептори сітківки сприймають світло. А **неадекватними** є подразники, до дії яких відповідні структури організму не пристосовані. Ті ж рецептори сітківки не призначені для сприйняття механічних подразнень. Але в разі натискання на них можуть виробляти сигнали і передавати їх у мозок.

Подразливість на клітинному рівні. Клітинні рецептори

На рівні клітин подразливість здійснюється за допомогою спеціальних молекуляр-



них структур і різноманітних біохімічних механізмів. Основою для сприйняття дії подразників є клітинні рецептори.

Рецептори клітин є білковими молекулами, які розташовані на цитоплазматичній мембрані або всередині клітини і здатні реагувати шляхом зміни своєї конформації на дію певного фізичного фактора (світла, тепла тощо) або молекули певної речовини. Внутрішньоклітинні рецептори можуть розміщуватися на поверхні клітинних органел або в цитоплазмі.

Молекули певних речовин, що спроможні оборотно зв'язуватися з рецепторами нековалентними зв'язками, називають **лігандами**. Після зміни своєї конформації рецептори активізують ланцюжок сигналів, і запускається механізм відповіді клітини на подразнення (мал. 1.1).

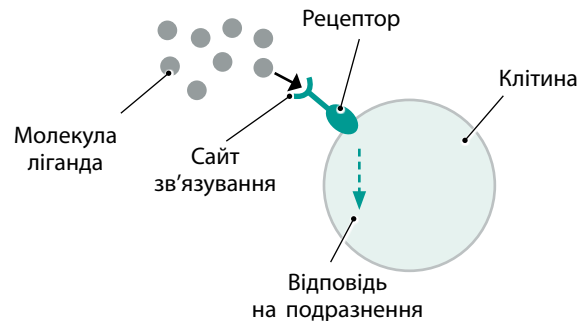
Для взаємодії з лігандами рецептори мають специфічні ділянки (сайти зв'язування), до яких ліганди приєднуються. Крім сайтів зв'язування, рецептори можуть мати й інші ділянки, до яких здатні приєднуватися речовини-**модулятори**. Ці речовини посилюють або послаблюють реакцію рецептора на дію ліганда. Така будова рецепторних молекул дозволяє ефективно регулювати їхню роботу.

Трансмембранна передача сигналу

Поширеними механізмами дії рецепторів мембран є:

- 1) зміна потенціалу мембран;
- 2) запуск каскаду метаболічних реакцій та ін.

Рецепторами, що змінюють потенціал мембран, є йонні канали. Через приєднання до них лігандів проникність каналу для йонів змінюється, як і, відповідно, мембранний потенціал. Такі рецептори забезпечують зв'язок між нейронами та клітинами, які отримують сигнали від нейронів.



Мал. 1.1. Механізм роботи рецептора

Рецептори, що запускають каскад метаболічних реакцій, після взаємодії з лігандами змінюють метаболічні процеси в клітині, стимулюючи дію вторинних посередників (сигнальних молекул або йонів). А вже ці посередники впливають на білки, що прямо задіяні в певних метаболічних процесах.

Рецептори, які запускають каскад метаболічних реакцій, поділяються на дві великі групи. Перша з них — це рецептори, що пов'язані з **G-білками**. Ці рецептори складаються із семи доменів, а їхній кінчик, який розташований у цитоплазмі, зв'язується зі спеціальним G-білком. G-білок має специфічну ферментну активність і може запускати каскад реакцій вторинних посередників для передачі сигналу. Такими рецепторами, наприклад, є рецептори, які взаємодіють із вазопресиноном.

Друга група — це рецептори, пов'язані безпосередньо з ферментами. Такі рецептори складаються з одного домену, внутрішньоклітинна частина якого сама діє на певний фермент без участі посередників. Така дія також запускає каскад реакцій вторинних посередників. До рецепторів цього типу належать рецептори, які взаємодіють з інсуліном.



Ключова ідея

Подразливість — це здатність живих організмів реагувати на дію певних факторів — подразників. Подразники можуть бути фізичними, хімічними або змішаними. На рівні клітини подразнення сприймають спеціальні молекулярні структури — рецептори. Найбільш поширеними рецепторами є такі, що змінюють потенціал мембран або запускають каскад метаболічних реакцій.



Запитання та завдання

1. У випадку цукрового діабету другого типу підшлункова залоза продовжує виробляти достатню кількість інсуліну. Але цукровий діабет продовжує розвиватися. Відомо, що ця проблема пов'язана з клітинними інсуліновими рецепторами. Запропонуйте можливий механізм цього явища та обґрунтуйте свою точку зору. **2.** Які клітинні рецептори еволюційно могли виникнути першими? Поясніть свою думку.

§ 2. Подразливість одноклітинних організмів та грибів

? Поміркуйте

Деякі одноклітинні організми (амеби, інфузорії, хламідомонади) постійно рухаються. Чим визначається напрямок цього руху?

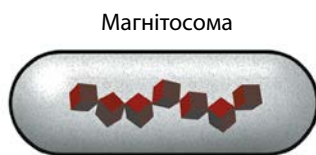
← Згадайте

- Рецептор
- Сигнал
- Світлочутливе вічко
- Бактерії та археї

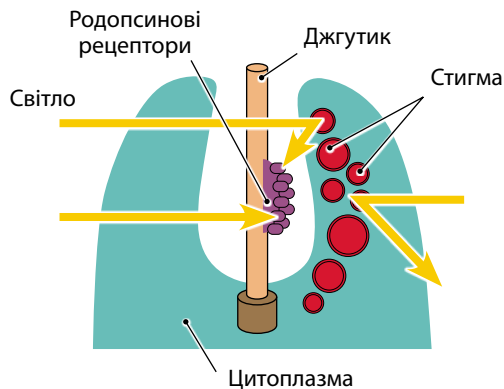
Подразливість у прокариотів, протистів і грибів

Як і в будь-яких живих організмів, життєдіяльність одноклітинних про- та еукариотів залежить від наявності харчових ресурсів, температури, кислотності, солоності, освітленості середовища тощо. Рецептори, відповідальні за сприйняття певних сигналів із навколишнього середовища, містяться на цитоплазматичній мембрані або всередині клітини одноклітинних організмів. Як правило, рецептори є окремими білковими молекулами. Таким чином, наприклад, влаштовані рецептори до цукрів у кишкової палички. Але іноді в одноклітинних розвиваються цілі органели, пов'язані з рецепторною функцією. Так, у деяких протеобактерій у цитоплазмі є *магнітосома* (мал. 2.1) — довгий ланцюжок, утворений кристалами Fe_3O_4 або Fe_3S_4 . Цей ланцюжок виконує функцію магнітної стрілки компаса, дозволяючи бактерії орієнтуватись у магнітному полі.

Важливу роль у житті організмів відіграє чутливість до світла. У цитоплазматичних мембранах бактерій містяться фоторецептори — *фітохром* та *криптохром* (докладні-



Мал. 2.1. За допомогою магнітосоми протеобактерії орієнтуються в магнітному полі



Мал. 2.2. Принцип роботи стигми в евглени

ше див. § 3). Археї та еукариоти використовують для світлочутливості білок *родопсин*, до складу якого входить терпеноїдна сполука *ретиаль* (провітамін А). У багатьох одноклітинних та колоніальних еукариотів у клітині є спеціальна органела — *стигма*, або *світлочутливе вічко*. Назва цієї структури може ввести в оману: сама стигма світла не відчуває. Натомість вона є скупченням гранул пігменту каротину. Залежно від положення джерела світла стигма або відбиває його проміні на родопсинові рецептори, або відкидає на них тінь (мал. 2.2). Це допомагає клітині визначитись із напрямком руху до світла.

Особливо складна будова характерна для світлочутливих органел деяких динофітових водоростей, наприклад варновії. У цього одноклітинного організму стигма має власну «роговицю», утворену видозміненою мітохондрією, «кристалик», утворений із цистерн ЕПС, та «сітківку», що є видозміненим хлоропластом (див. мал. 33.2 а, с. 69).

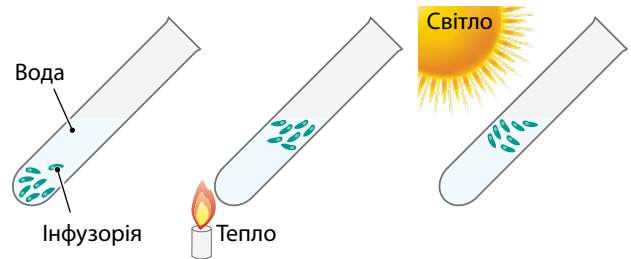
Рухові реакції клітин у відповідь на подразник, що діє з одного боку, називають *таксисами*. До таксисів здатні всі рухливі одноклітинні (бактерії, археї, протисти), а також вільні клітини багатоклітинних організмів: сперматозоїди, фібробласти, лейкоцити (мал. 2.3) тощо. Пересування клітин під час таксису забезпечується органелами руху (докладніше див. § 14).

Залежно від напрямку руху, до джерела подразнення чи від нього, виокремлюють, відповідно, *позитивні* і *негативні* таксиси.



Види таксисів за джерелом подразнення

Назва таксису	Напрямок руху
Фототаксис	У бік світла (водорості, гамети грибів) або від нього (молоді плазмодії слизовиків)
Термотаксис	До ділянки з оптимальною температурою (інфузорії, джгутиконосці)
Хемотаксис	У напрямку збільшення або зменшення концентрації певної речовини — глюкози, Натрій хлориду, сигнальної молекули (властивий усім рухливим одноклітинним)
Гідротаксис	У напрямку збільшення вологості (ґрунтові амеби)
Аеротаксис	У бік збільшення концентрації кисню (аеробні організми) або її зменшення (анаеробні організми)
Магнітотаксис	У магнітному полі (протеобактерії, інфузорії)
Геотаксис (гравітаксис)	Перпендикулярно до напрямку дії сили тяжіння (донні мікроорганізми)
Тигмотаксис	Зумовлений механічним контактом із подразником, наприклад хижакком



Мал. 2.3. Рух одноклітинних організмів забезпечує їх переміщення в більш сприятливі умови середовища

Міжорганізмova передача сигналів у прокариотів, протистів і грибів

Прокариоти та нижчі еукариоти здатні здійснювати *міжклітинну комунікацію* — обмін інформацією між окремими клітинами. Цей механізм дозволяє їм: 1) консолідовано реагувати на дію зовнішніх умов, наприклад присутність поживних речовин або антибіотиків (бактерії); 2) обмінюватися генетичною інформацією (бактерії, гриби); 3) утворювати скупчення — біоплівки, псевдоплазмодії, плодові тіла (міксобактерії, деякі слизовики; мал. 2.4.).



Мал. 2.4. Плодове тіло заввишки 1 мм, яке утворили міксобактерії, що зібрались разом завдяки міжклітинній комунікації



Ключова ідея

Прокариоти, протисти і гриби реагують на хімічні речовини, світло, дотик, магнітне поле, сигнали інших організмів. Чутливість до цих факторів забезпечується білковими рецепторами, подекуди зібраними у спеціальні органели — стигми, магнітосоми тощо. Рухові реакції одноклітинних організмів у відповідь на спрямовану дію певного фактора називають таксисами.



Запитання та завдання

1. Яку роль у житті бактерій може відігравати чутливість до магнітного поля?
2. Запропонуйте дослід із культурою хламідомонади, який довів би її здатність до фототаксису без використання мікроскопа.
3. Чи могла міжклітинна комунікація відіграти роль у виникненні багатоклітинних організмів?

§ 3. Подразливість у рослин



Поміркуйте

Чи здатні рослини відчувати дотик, світло, температуру? Як можна це перевірити?



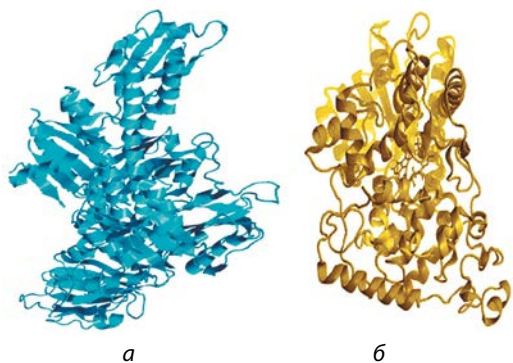
Згадайте

- Хлорофіл
- Комахоїдні рослини
- Фітогормони
- Лейкопласти

Фізіологічні основи подразливості у рослин

Життєдіяльність вищих рослин залежить насамперед від наявності світла, води і мінеральних речовин. Здатність реагувати на дію цих чинників забезпечується білковими рецепторами, що зосереджені на мембранах та в цитоплазмі рослинних клітин.

Унаслідок збудження рецептора відбувається виділення сигнальних сполук або електричне збудження клітин. Коли хімічний або електричний сигнал досягає своєї мішені, рослина здійснює пристосувальну реакцію, спрямовану на досягнення оптимальних умов існування. Вона накопичує або виділяє певні речовини, відкриває або закриває продихи, переходить до наступної стадії розвитку або у стан спокою, змінює напрямок росту. До особливо виразних реакцій рослин на зовнішній вплив належать швидкі рухи, помітні неозброєним оком (докладніше див. § 16).



Мал. 3.1. Молекули фітохрому (а) та криптохрому (б)

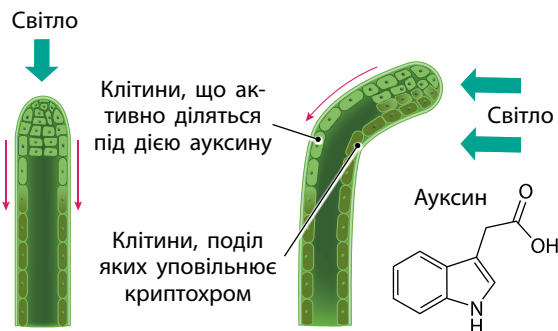
На відміну від багатьох тварин, рослини не мають специфічних органів чуття, але їхні рецепторні білки можуть бути зосереджені у складі спеціалізованих клітин та навіть тканин.

Реакція рослин на світло, гравітаційне поле, зміну температури і вологості

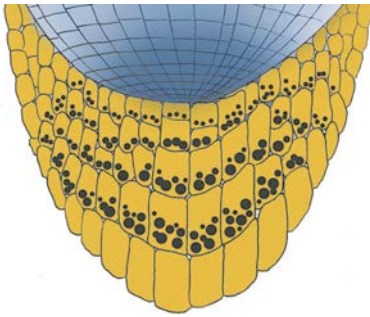
Рослини, за деякими винятками, критично залежать від світла, тож не викликає сумнівів, що вони здатні його розпізнавати. Однак, як не дивно, фоторецепція рослин ніяк не пов'язана з хлорофілом. Цю функцію забезпечують інші речовини, а саме фітохром та криптохром (мал. 3.1), присутні в цитоплазматичній мембрані та цитоплазмі.

Фітохром — рецепторні білки, до складу яких входять жовчні пігменти (*біліни*). Фітохром має синьо-зелене забарвлення і реагує на червоне світло — саме цей тип світла поглинається хлорофілом, тож є найважливішим для рослин. Під впливом фітохрому рослини проростають із насіння, утворюють листки та починають квітнути. Саме завдяки фітохрому хлорофіл синтезується лише на світлі. Нещодавно було доведено, що фітохром відіграє також роль основних терморекцепторів рослинного організму.

Криптохром — рецепторні білки, до складу яких входить флавоноїдний пігмент *птерин*. Вони мають жовте забарвлення і поглинають синє та ультрафіолетове світло. Криптохром відіграє важливу роль у відкриванні продихів, диференціюванні пластид у дозрілі хлоропласти, розкритті



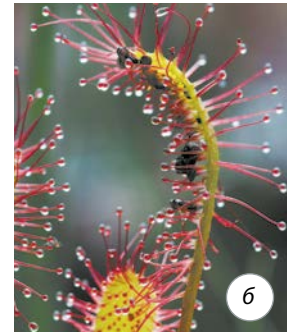
Мал. 3.2. Вигинання пагона в напрямку джерела світла



Мал. 3.3. Статоліти в рецепторних клітинах кореневого чохла



Мал. 3.4. Закриття листка в хижих рослин: венериної мухоловки (а) та росички (б)



сім'ядоль і розпрямленні верхівки молодого пагона. З дією цих пігментів пов'язане і вигинання стебла в бік джерела світла. Клітини верхівки молодого пагона виробляють фітогормон *ауксин*. Ця речовина збільшує приток поживних речовин у верхівку і сприяє прискоренню її зростання. Під дією криптохромів, збуджених світлом, вироблення ауксину зменшується. Тож частина рослини, яка освітлена гірше, починає рости швидше. У результаті пагін вигинається в бік джерела світла (мал. 3.2).

Орієнтація у просторі дозволяє корням рослин досягати ґрунту й одержувати звідти воду та поживні речовини. Здатність відчувати силу тяжіння (гравітаційне поле Землі) надають кореню *статоцити* — чутливі клітини, розташовані при основі кореневого чохла. У статоцитах присутні *статоліти* (мал. 3.3) — лейкопласти з великими крохмальними зернами. Відхилення від оптимального напрямку росту спонукає статоліти до зміни положення. Це у свою чергу реєструється механорецепторами, пов'язаними з актино-

вими мікрофіламентами. Дія цих рецепторів спричинює перерозподіл ауксину, в результаті чого корінь змінює напрямок росту.

У клітинах рослин є й багато інших типів рецепторів. Так, спеціалізовані хеморецептори, розташовані в цитоплазматичній мембрані, здатні реєструвати присутність важливих для рослини речовин, таких як вода, мінеральні йони, сигнали міжклітинної комунікації тощо.

Особливості подразливості в комахоїдних рослин

Рослини, що розвиваються в умовах нестачі Нітрогену (на болотяних ґрунтах, у водоймах, на стовбурах інших рослин), компенсують дефіцит цього елемента, полюючи на комах та інших дрібних тварин. Деякі комахоїдні рослини використовують пасивне полювання: їхні листки утворюють пастку, з якої комахи просто не можуть вибратися назовні. Більш досконалий, активний спосіб використовують венерина мухоловка та росичка (мал. 3.4). Розташовані на поверхні ловчого листка цих рослин клітини містять куполоподібні виступи, що реагують на дотик. Це стимулює проникнення йонів Кальцію в цитоплазму, наслідком чого стає виникнення електричного імпульсу. Імпульс поширюється по клітинах листка і викликає майже миттєве закриття пастки.

! Ключова ідея

Чутливість рослин до світла забезпечують білки фітохромі і криптохромі, чутливість до земного тяжіння — механорецептори, пов'язані зі статолітами (особливими пластидами), а чутливість до води і мінеральних речовин — різноманітні хеморецептори клітинної мембрани. Під дією цих рецепторів відбувається перерозподіл у тілі рослини фотогормонів, що спричиняє ріст у потрібному рослині напрямку. У комахоїдних рослин поширені тигморецептори, активація яких запускає електричний сигнал, і ловчий листок закривається.

Запитання та завдання

1. Корені мангрових рослин, на відміну від інших типів коренів, здатні рости вгору. Чим це зумовлено?
2. Як зміниться напрямок росту пагонів та коренів, якщо на довгий час помістити рослину в карусель або центрифугу?

§ 4. Подразливість у тварин



Поміркуйте

Які переваги ссавцям надає наявність на аксонах деяких їхніх нейронів мієлінової оболонки під час проведення ними нервових імпульсів?



Згадайте

- Нейрон
- Нервовий імпульс
- Збудження
- Збудливі тканини

Подразливість у тварин

Подразливість у тварин відбувається на основі внутрішньоклітинної та міжклітинної регуляції. Подразники можуть діяти як на рецептори на поверхні клітин, так і на внутрішньоклітинні структури (мембрани клітин, мітохондрії) або процеси (транскрипцію, трансляцію тощо).

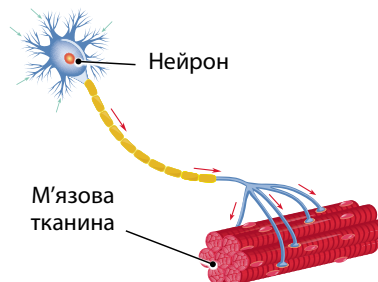
Тварини мають специфічні сенсорні системи, до складу яких входять різноманітні органи чуття. У них є багато типів рецепторів, які різняться між собою за характером подразнень, що сприймаються (фоторецептори, хеморецептори, механорецептори тощо).

Більша частина подразників у тварин викликає зміну електричного потенціалу на клітинній мембрані, що запускає певний механізм їхньої відповіді. Прийняття сигналів від подразників та відповіді на них у тварин забезпечують спеціальні збудливі тканини.

Збудливі тканини

До збудливих тканин у тварин відносять нервову, м'язову та секреторну (залозистий епітелій деяких залоз) (мал. 4.1). Клітини цих тканин здатні збуджуватися, тобто певним чином реагувати на дію подразника — у них виникає процес збудження. Збудження може виникати тільки за умови певної сили дії подразника. Сила дії подразника, яка може викликати цей процес, визначає поріг збудження. На процес збудження впливають також швидкість виникнення подразнення та його тривалість.

Характерною особливістю нервової тканини є здатність до проведення збудження і його передачі на інші збудливі тканини.



Мал. 4.1. Збудливі тканини організму людини

Так, сигнали від головного мозку передаються за допомогою клітини нервової тканини до м'язів, викликаючи відповідну реакцію.

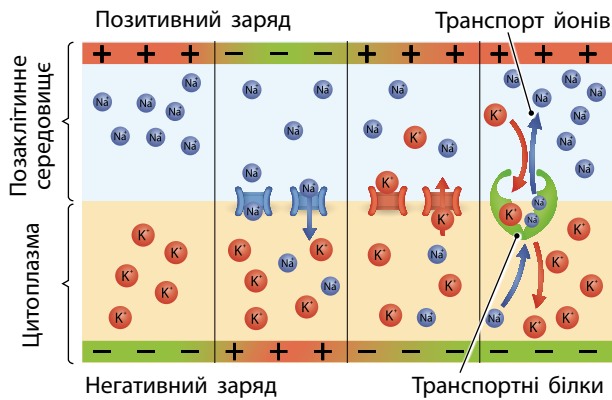
Мембранний потенціал

У всіх незбуджених клітинах збудливих тканин тварин існує різниця потенціалів між внутрішньою і зовнішньою боками мембрани. Цю різницю називають **мембранним потенціалом спокою**. Він виникає на поверхні будьяких клітин, як тих, що входять до складу збудливих тканин, так і тих, що належать до незбудливих.

Під час формування мембранного потенціалу спокою внутрішньоклітинний бік мембрани заряджається більш негативно, ніж зовнішній. Значення різниці потенціалів у більшості випадків перебуває в межах від -200 до -50 мВ. Мембранний потенціал потрібен для здійснення процесу збудження у збудливих тканинах. Крім того, він відіграє важливу роль у деяких процесах транспорту речовин крізь клітинну мембрану.

Утворення мембранного потенціалу спокою в клітинах можливе завдяки тому, що клітинна мембрана є напівпроникною (крізь неї можуть проникати не всі йони) і концентрація певних йонів по різні боки мембрани є різною (мал. 4.2).

Різниця в концентрації йонів створюється завдяки роботі спеціальних транспортних білків мембрани (так званих йонних насосів). Витрачаючи енергію АТФ, вони переміщують одні йони назовні клітини, а інші — всередину. Найбільшу роль у формуванні мембранного потенціалу спокою відіграють йони Калію, Натрію і Хлору.



Мал. 4.2. Утворення мембранного потенціалу

Потенціал дії

Мембранний потенціал спокою формується у клітинах, які не перебувають у стані збудження. Під час збудження клітин у них виникає потенціал дії. **Потенціалом дії** називають короточасні амплітудні зміни мембранного потенціалу спокою, які виникають у процесі збудження клітини.

Потенціал дії є електричним розрядом, який складає основу нервових імпульсів. У результаті виникнення потенціалу дії невелика ділянка зовнішнього боку мембрани тимчасово стає негативно зарядженою відносно сусідніх ділянок. Отже, і внутрішній бік мембрани змінює свій заряд на протилежний (у цьому випадку він стає позитивним) щодо своїх сусідніх ділянок.

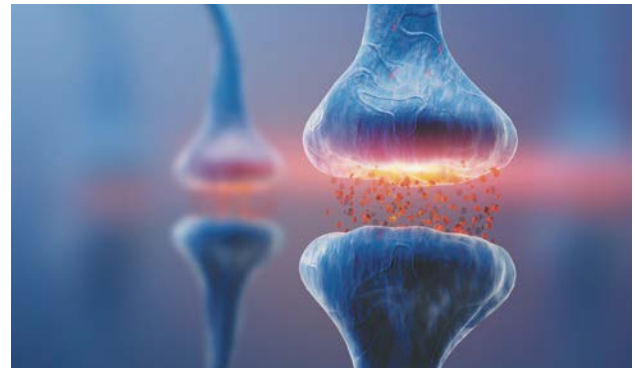
Виникнення потенціалу дії пов'язано з різким збільшенням проникності мембрани для йонів Натрію і Калію і розвитку деполяризації мембрани. Йони Натрію починають дуже швидко надходити в клітину, а йони Калію — виходити з неї. Наслідком цього і є зміна полярності ділянки мембрани на протилежну.

Потенціал дії виникає тільки за умови перевищення певного рівня швидкості процесу деполяризації. Цей рівень є різним для різних клітин. Якщо рівень сигналу, який



Ключова ідея

Сприйняття подразнень та відповідь на них у тварин забезпечують збудливі тканини. Для клітин цих тканин є властивою наявність мембранного потенціалу спокою. Під впливом подразнень на поверхні клітинної мембрани тварин виникає потенціал дії, який може поширюватися по мембрані й передаватися на інші клітини.



Мал. 4.3. Синапс нервової клітини

викликає цей процес, є нижчим за цей певний рівень, то потенціал дії не виникає, а якщо є вищим, то потенціал дії виникне обов'язково. Такий принцип роботи називають принципом «усе або нічого».

Зміна полярності мембрани триває дуже короткий час. Потім відбувається процес реполяризації, і мембранний потенціал спокою відновлюється. На певний час після завершення реполяризації ділянка мембрани клітини втрачає можливість відповідати на дію подразника. Цей проміжок часу називається **рефрактерним періодом**.

Після свого виникнення потенціал дії переміщується поверхнею клітини на нові ділянки мембрани, які зазнають деполяризації. Саме в такій формі нервові імпульси передаються по аксонах нервових клітин.

Для передачі потенціалу дії між різними клітинами у збудливих тканинах тварин використовуються спеціальні структури — **синапси**.

Синапси бувають двох типів — електричні й хімічні. В *електричних* синапсах мембрани сусідніх клітин розташовані дуже близько одна до одної і потенціал дії просто переміщується з однієї на іншу так, як переміщується між сусідніми ділянками мембрани однієї клітини. У *хімічних* синапсах потенціал дії викликає викид спеціальних речовин — нейромедіаторів — у широку синаптичну щілину (мал. 4.3).



Запитання та завдання

1. Чому секреторні тканини тварин також відносять до групи збудливих тканин?
2. Чому після проходження потенціалу дії для ділянки мембрани потрібен рефрактерний період?

§ 5. Види рецепторів. Сприйняття сигналів



Поміркуйте

Чи правильно говорять: «Бачать не очі, бачить мозок»? Обґрунтуйте свою відповідь.



Згадайте

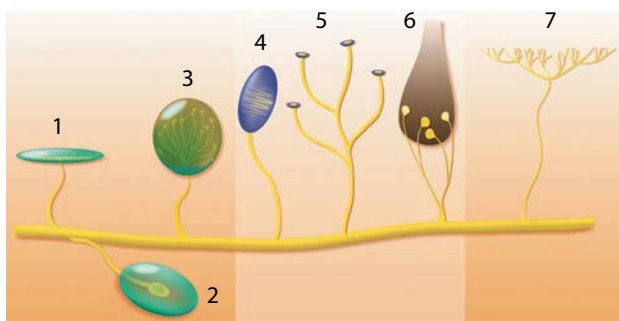
- Рецептор
- Подразник
- Подразливість
- Чутливий нейрон

Різноманіття рецепторів

Як ви вже знаєте, тварини сприймають різноманітні подразнення за допомогою рецепторів, які у відповідь на подразнення створюють потенціал дії та передають його нейронам нервової системи.

Рецептори тварин дуже різноманітні. Тому існує кілька варіантів класифікації рецепторів тварин. Так, *за розташуванням* в організмі рецептори поділяють на екстерорецептори (сприймають зовнішні подразнення) та інтерорецептори (сприймають внутрішні подразнення). Різняться вони і за кількістю типів подразнень, які можуть сприймати.

Більшість рецепторів, як, наприклад, рецептори сітківки, сприймають тільки один тип подразника. Але є рецептори, наприклад больові, які здатні сприймати кілька різ-



Мал. 5.1. 1 — тепла і розтягнення (тільце Руффіні); 2 — розтягнення, тиску, а також хеморецептор (тільце Пачіні); 3 — холоду (колба Краузе); 4 — дотику (тільце Мейснера); 5 — дотику (тільце Меркеля); 6 — механорецептори кореня волосини; 7 — температури, дотику і болю (вільні нервові закінчення)

них типів подразнень. Больові рецептори — це спеціалізовані клітини, які сприймають дію факторів, що пошкоджують організм (механічних, термічних, хімічних).

У багатьох випадках рецептори певного типу зосереджені в одному органі, як, приміром, фоторецептори ока. Але існують органи, які містять велику кількість різних рецепторів. Прикладом таких органів є шкіра ссавців (у тому числі й людини) (мал. 5.1). У шкірі є рецептори дотику, тиску, температури, болю.

Види рецепторів

Вид рецепторів	Які подразнення сприймає	Приклади
Фоторецептори	Світло	Рецептори сітківки
Хеморецептори	Молекули певних речовин	Нюхові та смакові рецептори
Механорецептори	Механічні стимули (тиск, коливання, дотик тощо)	Рецептори дотику, барорецептори
Терморецептори	Температура	Холодові та теплові рецептори шкіри
Осморецептори	Осмотичний тиск	Рецептори внутрішніх органів, які контролюють стан внутрішнього середовища організму
Електрорецептори	Електричне поле	Рецептори електричних органів риб
Магніторецептори	Магнітне поле	Рецептори перелітних птахів, які дозволяють їм орієнтуватися за допомогою магнітного поля
Больові рецептори	Комплекс факторів	Рецептори болю у ссавців



Фоторецептори

Фоторецептори забезпечують тваринам зір. Вони можуть бути розподілені по всьому тілу або зосереджуватися в очах тварини. Існують різні типи фоторецепторів. Так, у ссавців у сітківці є рецептори — *колбочки*, які сприймають тільки певну частину спектра, вони забезпечують кольоровий зір. В очах тварин може бути кілька типів колбочок. Крім того, в очах ссавців є рецептори — *палички*, які сприймають увесь спектр видимого світла й забезпечують сутінковий зір.

Інші групи тварин можуть мати інші типи фоторецепторів. Так, у бджіл є рецептори, які сприймають поляризоване світло.

Хеморецептори

Хеморецептори є найдавнішими з рецепторів тварин. Вони сформувалися ще в одноклітинних еукаріотів, від яких походять багатоклітинні тварини. Хеморецептори забезпечують такі відчуття, як нюх і смак. Принцип роботи цих рецепторів полягає у їх взаємодії з певними молекулами на поверхні клітин. У більшості тварин ці рецептори зосереджені у спеціальних органах (носі ссавців, вусиках комах і ракоподібних тощо). Хоча трапляються й інші варіанти. Наприклад, у мух рецептори смаку розташовані на ногах.

Механорецептори

Механорецептори тварин сприймають механічні подразнення і забезпечують такі відчуття, як дотик, слух, рівновага тощо. Вони можуть розташовуватися як на поверхні тіла (дотикові рецептори), так і у внутрішніх органах (пропріорецептори або рецептори м'язового відчуття, слухові рецептори).

Рецептори, які розташовані на поверхні тіла, можуть сприймати подразнення без-

посередньо, а можуть використовувати для цього якісь структури. Так, механорецептори у ссавців приєднуються до основи чутливих волосків — вібрисів, які виконують роль органа дотику.

Теплові рецептори

Теплові рецептори, як і механорецептори, можуть розташовуватися і на поверхні тіла, і у внутрішніх органах. Рецептори внутрішніх органів, які контролюють температуру, є дуже важливими для гомойотермних тварин, наприклад птахів або ссавців. З їхньою допомогою вони можуть підтримувати потрібний рівень температури тіла.

Рецептори на поверхні тіла «відстежують» температуру зовнішнього середовища. У ссавців таких рецепторів два типи: холодіві визначають температуру, яка є нижчою за температуру тіла, а теплові — температуру, яка є вищою за температуру тіла. У деяких тварин, скажімо ямкоголових змій, терморецептори використовуються для полювання на теплокровну здобич.

Сприйняття сигналів та поріг збудливості

Сприйняття сигналів рецепторами у тварин може відбуватися за рахунок сигнальних структур на поверхні мембрани або спеціальних рецепторних білків. Такими білками є, наприклад, опсини, які знаходяться в колбочках сітківки. Кожен тип колбочок містить свій власний опсин (у людей їх три), який сприймає властиву тільки йому частину спектра видимого світла.

Після сприйняття подразнення сигнал від рецептора передається до нервової системи і потім надходить у мозок, де й аналізується. Слід відзначити, що для кожного виду рецепторів існує власний **поріг подразнення** — найменша величина сили подразника, на яку реагує рецептор, виробляючи потенціал дії. Для одного типу рецепторів у різних видів тварин ця величина може суттєво різнитися.



Ключова ідея

Рецепторами називають нервові закінчення або спеціалізовані клітини, які у відповідь на подразнення створюють потенціал дії та передають його нейронам нервової системи. Існує багато видів рецепторів: фоторецептори, хеморецептори, механорецептори тощо. Аби рецептор зміг генерувати сигнал, сила подразника повинна перевищувати певну величину — поріг подразнення.



Запитання та завдання

1. Які переваги дає мухам розташування рецепторів смаку на їхніх ходильних ногах?
2. Навіщо тваринам потрібні барорецептори (рецептори тиску)?

§ 6. Сенсорні системи тварин



Поміркуйте

Досить часто можна почути, що в людини є п'ять органів чуття. Але вчені вважають, що їх більше. Які ж органи чуття є в людини?



Згадайте

- Сенсорна система
- Сенсорні зони кори мозку
- Обробка сигналів

Сенсорні системи та їхні компоненти

Сприйняття подразнень та передачу відповідних сигналів до нервової системи у тварин здійснюють сенсорні системи. Це складні структури, які не тільки сприймають сигнали, але й здійснюють їх обробку. Сенсорні системи людини та хребетних тварин, які мають складну будову, називають **аналізаторами** (зоровий аналізатор, слуховий аналізатор тощо). Цей термін запропонував учений-фізіолог І. П. Павлов.

Кожна із сенсорних систем організму складається з трьох основних частин. *Периферична* частина сенсорної системи забезпечує сприйняття подразнення і представлена рецепторами та допоміжними структурами органів чуття. Око, вухо, ніс ссавців — це периферичні частини сенсорних систем зору, слуху і нюху відповідно.

Наступною частиною сенсорної системи є *провідна*, або *середня*, частина. Вона представлена нервами, по яких сигнали від периферичної частини надходять до мозку. У системі зору ссавців цією частиною є зоровий нерв, а в системі нюху — нюховий. У деяких випадках сенсорна система може не мати окремого нерва. Тоді нейрони її провідної частини входять до складу якогось із нервів. Так, провідна частина системи смаку людини входить до складу трьох різних черепномозкових нервів.

Центральна частина сенсорної системи представлена ділянкою мозку, яка обробляє сигнали, що надходять від органів чуття.

У ссавців це відбувається в певних зонах кори головного мозку, тому цю частину їхньої сенсорної системи називають також *кірковою*.

Механізм роботи всіх сенсорних систем є схожим. Рецептори органів чуття сприймають подразнення. Допоміжні системи цих органів покращують сприйняття, але безпосередньої участі в цьому процесі не беруть. Так, вушні раковини ссавців спрямовують звукові хвилі у слуховий прохід, а слухові кісточки середнього вуха підсилюють звуки. Але сприймають звукові коливання тільки механорецептори завітки внутрішнього вуха.

Після сприйняття подразнення сигнали передаються провідною частиною сенсорної системи до центральної частини. Там вони обробляються, і мозок отримує вже інтерпретовану інформацію. Через те що на процес обробки можуть впливати різні фактори (у першу чергу попередній досвід організму), інтерпретація мозку не завжди може співпадати з реальною ситуацією. Саме тому є можливим існування ілюзій (оптичних, слухових тощо).

Різноманіття сенсорних систем

У тварин для сприйняття різних подразників існує багато сенсорних систем. Більшість із них містить рецептори, які сприймають один тип подразнень (наприклад, фоторецептори зорової системи), але є системи, які сприймають різноманітні подразнення (наприклад, больова сенсорна система).

У різних тварин кількість та ступінь розвитку сенсорних систем можуть не співпадати. Це значною мірою залежить від способу життя будь-якого виду та його середовища існування. Так, у видів, які живуть під землею або в печерах, зорова сенсорна система розвинена слабо або взагалі відсутня, а системи дотику, навпаки, розвинені дуже добре.

Найбільш поширеними сенсорними системами є системи зору, слуху, нюху, смаку, дотику. Вони є в переважній більшості тварин. Одні й ті самі сенсорні системи в різних груп тварин можуть суттєво різнитися. Для



розв'язання однакових завдань вони використовують різні механізми. Наприклад, зорова сенсорна система може мати органи зору у вигляді двох або більшого числа простих очей, а може бути представлена складними очима (як у комах), які містять велику кількість простих оптичних елементів. Суттєвим є і різноманіття допоміжних апаратів органів чуття.

У багатьох груп тварин є спеціалізовані сенсорні системи, характерні тільки для них. Так, у акул, скатів та деяких кісткових риб електрична сенсорна система, у перелітних птахів — магнітна сенсорна система, яка допомагає їм орієнтуватися під час перельотів за магнітним полем Землі. Деякі види змій виробили інфрачервону сенсорну систему, яка сприймає невидиму частину спектра. У дельфінів та кажанів на основі слухової системи виникла система ехолокації.

Еволюція сенсорних систем

Протягом усього часу існування тварин їхні сенсорні системи змінювалися, і схеми їхньої еволюції були схожими. Спочатку виникали окремі рецепторні клітини, що були здатні сприймати якийсь подразник. Зазви-

чай вони були рівномірно розподілені по тілу тварин. Потім ці рецептори концентрувалися в певній частині тіла, де їх розташування дозволяло найбільш ефективно виконувати свою функцію. Наступним кроком в еволюції було утворення спеціалізованого органа чуття з цими рецепторами.

Далі відбувалася еволюція цього органа з розвитком допоміжного апарата, який покращував сприйняття подразнень. Могла збільшуватися кількість типів рецепторів (як відбулося з фоторецепторами, тож виник кольоровий зір). Наступним етапом еволюції ставала адаптація сенсорних систем під конкретні умови існування певного виду тварин.

Еволюція сенсорних систем не була рівномірною і прямою. Це можна добре побачити на прикладі еволюції зорової сенсорної системи в кількох групах тварин. Так, орган зору головоногих молюсків і ссавців еволюціонували незалежно один від одного, але виявилися дуже схожими за будовою. Тільки механізми акомодатії використовуються різні. У молюсків форма кришталика залишається постійною, а для акомодатії змінюється відстань між кришталиком і сітківкою.

Сенсорні системи людини

Сенсорна система	Тип рецепторів	Місце розташування рецепторів
Зору	Фоторецептори	Сітківка ока
Слуху	Механорецептори	Завитка внутрішнього вуха
Рівноваги	Механорецептори	Півколові канали і мішечки органа рівноваги
Нюху	Хеморецептори	Нюховий епітелій носової порожнини
Смаку	Хеморецептори	Епітелій язика і ротової порожнини
Дотику	Механорецептори	Шкіра, ротова і носова порожнини
Руху	Механорецептори	М'язи і сухожилля
Температури	Терморецептори	Шкіра, ротова і носова порожнини, внутрішні органи
Болю	Механорецептори, терморецептори, хеморецептори	Шкіра, ротова і носова порожнини, низка внутрішніх органів



Ключова ідея

Сенсорні системи тварин дуже різноманітні. У більшості тварин є системи зору, слуху, нюху, смаку, дотику. Деякі тварини мають специфічні сенсорні системи (електричну, магнітну тощо). У процесі еволюції сенсорних систем їхня будова ускладнювалася та вдосконалювалася.



Запитання та завдання

1. У більшості ссавців однією з головних сенсорних систем є нюхова. У людини ця система має набагато менше значення і сильно редукована порівняно з іншими ссавцями. З чим це може бути пов'язано?
2. Які проблеми можуть виникати в сенсорних системах людини (наприклад, зорової, слухової, нюхової) і що треба робити, щоб попередити їх виникнення?

§ 7. Рефлекси



Поміркуйте

Для того, щоб жити, людина повинна дихати. І дихає вона навіть уві сні та у випадках утрати свідомості. Як їй вдається це робити?



Згадайте

- Нейрон
- Синапс
- Нервовий імпульс
- Рефлекс

М'язова і нервова системи у відповідь на подразнення

Сенсорні системи тварин сприймають сигнали від різних подразників. А відповідь на них забезпечують м'язова і нервова системи. Значення цих систем дуже велике. Саме ефективна реакція на подразнення забезпечує організму тварини безпеку і дозволяє йому ефективно знаходити їжу та контактувати з особинами свого та інших видів.

Основним завданням нервової системи є швидка обробка інформації від сенсорних систем та вироблення рішення стосовно дій тварини в певній ситуації. М'язова система здійснює ці дії згідно із сигналами нервової системи.

Слід зазначити, що ефективність реагування нервової і м'язової систем на подразнення зростала в процесі еволюції. У тварин із більш складною будовою цих систем (наприклад, у хребетних) це наочно видно на прикладі їхньої здатності до регенерації. У земноводних здатність до регенерації в разі пошкодження кінцівок суттєво вища, ніж у ссавців такого ж розміру. І тритони, і пугловки жаб можуть успішно відрощувати втрачені кінцівки.

А у ссавців (мишей, пацюків тощо) такої здатності немає. Вона їм просто не потрібна, тому що їхні нервова і м'язова системи відповідають на подразнення суттєво краще, ніж ці ж системи земноводних. Тому їм легше уникнути ситуації, яка стане причиною втрати кінцівки. І організм не має потреби у витраті ресурсів на систему регенерації.

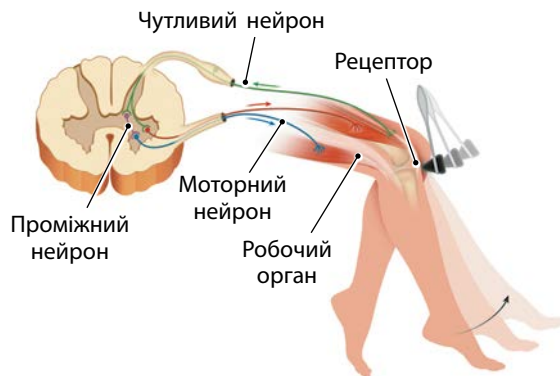
Рефлекси та рефлекторні дуги

Найпростішою реакцією нервової системи на подразнення є рефлекс. Рефлекси можуть бути як окремими реакціями на певні подразники, так і частиною більш складних процесів, які відбуваються в нервовій системі, таких як, наприклад, інстинкти.

Як ви вже знаєте, рефлекс є несвідомою реакцією організму на подразнення, яка відбувається за участі нервової системи. Головною перевагою рефлексів як відповіді на подразнення є швидкість. У разі виникнення рефлексу обробка інформації мінімальна і займає дуже мало часу. Тому реакція на подразнення може бути майже миттєвою.

Для здійснення рефлексу в організмі тварини утворюються функціональні структури — рефлекторні дуги (мал. 7.1). До складу рефлекторної дуги входять нейрони нервової тканини, які з'єднують між собою рецептори сенсорних систем і робочі органи, котрі й забезпечують відповідь на подразнення.

У більшості випадків рефлекторні дуги складаються з п'яти елементів: рецептора, трьох нейронів — чутливого, проміжного і моторного — та робочого органа. Чутливий нейрон сприймає сигнал від рецепторів сенсорної системи і передає його до центральної нервової системи. У ссавців це спинний (частіше) або головний мозок. У мозку сигнал від чутливого нейрона передається до проміжного нейрона. Проміжний нейрон передає



Мал. 7.1. Схема рефлекторної дуги



сигнал далі на моторний нейрон. Моторний нейрон пересилає сигнал на робочий орган — це зазвичай м'яз, а в деяких випадках секреторна тканина. Після отримання сигналу робочий орган виконує потрібну дію (наприклад, м'яз скорочується).

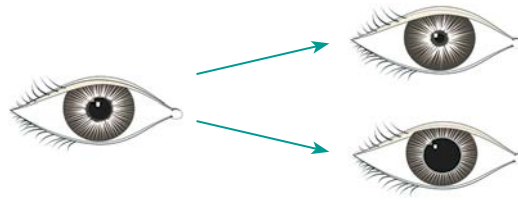
У деяких випадках у рефлекторній дузі проміжний нейрон може бути відсутнім, а сигнал передається безпосередньо з чутливого на моторний нейрон. Але контакт чутливого і моторного нейронів і в цьому випадку відбувається в межах центральної нервової системи або у вузлах вегетативної нервової системи. Кількість проміжних нейронів може бути більшою, ніж один. Для складних рефлексів це може бути досить велика група нейронів.

Безумовні рефлекси

Вам уже відомо, що рефлекси поділяються на дві великі групи: безумовні та умовні. **Безумовні** рефлекси є спадковими і проявляються в усіх представників виду. Ці рефлекси є адаптацією до ситуацій, які постійно виникають упродовж життя організмів певного виду. І реагувати на такі ситуації організм повинен цілком визначеним чином.

Наприклад, у мавп (у тому числі й людини) важливу роль у функціонуванні ока відіграє кількість світла, яка потрапляє на сітківку. Надто велика кількість може пошкодити рецептори, а надто мала не дасть змогу бачити. Тому існує система регулювання потоку світла в око шляхом зміни діаметра зіниці, крізь яку світло проходить. Регулюється розмір зіниці за допомогою безумовного рефлексу. За умови збільшення освітленості розмір зіниці зменшується, а в разі зменшення — збільшується (мал. 7.2).

Безумовні рефлекси поділяють на кілька груп залежно від функцій, які вони виконують. Дихальні рефлекси (чхання, кашель) видаляють із дихальних шляхів сторонні предмети



Мал. 7.2. Безумовний рефлекс — зміна розміру зіниці в разі зміни освітлення

або слиз, захисні рефлекси (відсмикування кінцівки або відбігання при больових відчуттях) рятують у небезпечних ситуаціях, орієнтувальні (повертання голови на звук) полегшують оцінку ситуації для прийняття рішення тощо.

Умовні рефлекси

Умовні рефлекси не є спадковими і поширені не в усіх представників виду. Вони виробляються у процесі життєдіяльності тварин. Ці рефлекси допомагають адаптуватися до конкретних умов існування, у яких живе ця особина. Вони дуже важливі в мінливих умовах, дають переваги в ситуаціях, які цьому виду раніше не траплялися. Ці рефлекси утворюються за участі вищих відділів центральної нервової системи.

Для вироблення умовного рефлексу необхідне поєднання двох подразників — умовного, або байдужого, який не впливає на життєдіяльність тварини, і безумовного, який вмикає один із безумовних рефлексів.

Так, у дослідах І. П. Павлова перед годівлею собак лунав дзвоник. Після цього тварини отримували їжу і в них починала виділятися слина. У цьому випадку виділення слини є безумовним рефлексом, який вмикає вигляд їжі (безумовний подразник). А дзвінок перед початком годування є умовним подразником, бо на життєдіяльність собаки ніяк не впливає. Через деякий час після неодноразових повторень дзвінка перед годуванням у собак слина починала виділятися одразу після дзвінка ще до того, як вони бачили їжу. У них виробився умовний рефлекс на дзвоник.



Ключова ідея

Рефлекс — це реакція нервової і м'язової систем на подразнення, яка відбувається за участі центральної або вегетативної нервової системи. Рефлекси можуть бути безумовними і умовними. Безумовні рефлекси є спадковими і трапляються у всіх особин виду. В окремих особин умовні рефлекси виробляються протягом життя.



Запитання та завдання

1. Які недоліки в забезпеченні життєдіяльності тварин можуть бути в безумовних рефлексів? **2.** Які приклади безумовних і умовних рефлексів можна спостерігати в домашніх тварин?

§ 8. Подразнення і вища нервова діяльність



Поміркуйте

Біль є дуже сильним подразником. У деяких людей чуття болю відсутнє, що є спадковою ознакою. Однак це не стає причиною смерті людини. Чому ж тоді більшість людей відчувають біль?



Згадайте

- Рефлекс
- Поведінка
- Інстинкт
- Сенсорні системи

Вища нервова діяльність

Для тварин з добре розвинутою нервовою системою, до складу якої входить головний мозок, вирізняють окрему сукупність різноманітних форм нервової діяльності, у якій беруть участь різні структури мозку, — **вищу нервову діяльність**. Вона найкраще проявляється у хребетних тварин, особливо таких, як ссавці та птахи. У них вища нервова діяльність виникає внаслідок взаємодії різних ділянок кори головного мозку та підкіркових нервових центрів.

Вища нервова діяльність, як і вся робота головного мозку, побудована на взаємодії двох основних процесів — збудження і гальмування. У процесі збудження окремі нейрони або групи нейронів генерують сигнали, які поширюються на сусідні клітини і можуть викликати в них певну реакцію. А у випадку гальмування відбувається протилежний процес — генерація сигналів нейронами припиняється.

Основними показниками нервових процесів, які відбуваються під час вищої нервової діяльності, є сила, рухливість і врівноваженість. *Сила процесів* характеризує здатність нейронів реагувати на сильні подразники. *Рухливість процесів* демонструє швидкість переходу клітин між станами збудження і гальмування, а *врівноваженість* указує на співвідношення за силою процесів збудження і гальмування.

Інстинкти, свідомість та суб'єктивність сприйняття

Одним із важливих способів відповіді організму на подразнення є інстинкти. **Інстинкти** — це ланцюги послідовних безумовних рефлексів, які виникають у відповідь на певне подразнення і проявляються у формі автоматичної поведінки. Реалізація інстинктів здійснюється головним мозком.

Інстинкти можуть забезпечувати дуже складні форми відповіді на подразнення. Прикладами інстинктивної поведінки у тварин є побудова гнізд у птахів, шлюбна поведінка під час сезонів розмноження в риб, територіальна поведінка собак і котів тощо.

Інстинктивні програми поведінки є і в людини. Реакція матері на плач дитини, ефект «свого поля» у футбольних матчах та багато інших варіантів поведінки — це прояви інстинктивних програм.

Проблема інстинктів у тому, що вони є спадковими програмами і далеко не завжди можуть бути корисними у зміненому середовищі життя. Крім того, саме спадковість інстинктів не дозволяє легко їх позбутися навіть у випадках, коли вони втратили своє значення. Як, наприклад, здатність новонароджених хапатися за шерсть матері й міцно триматися, щоб не впасти під час руху. Шерсті на тілі людини давно немає, а інстинкт усе ще спрацьовує.

Вища нервова діяльність дозволяє вирішити цю проблему через залучення до прийняття рішень індивідуальної пам'яті та процесів аналізу і синтезу інформації. Ці процеси відбуваються переважно в корі та деяких інших структурах мозку. У людини такі процеси стали настільки складними, що зумовили появу свідомості, розуму та здатності до мислення.

Складні процеси вищої нервової діяльності ґрунтуються на індивідуальному досвіді та особливостях процесів у мозку конкретної особини, тому вони роблять сприйняття навколишнього світу суб'єктивним (індивідуалізованим).



Взаємоузгодженість діяльності сенсорних систем

Сенсорні системи організму працюють як єдине ціле. Усі сигнали від органів чуття надходять до мозку й аналізуються у відповідних структурах. На рівні мозку відбувається і взаємодія сенсорних систем. Щоб сформувати об'єктивну картину навколишнього світу, мозок порівнює інформацію, що надходить від різних систем. Для прийняття рішення щодо дії одного подразника (наприклад, звукового) аналізується інформація і від інших систем (зорової, нюхової тощо).

Прикладом такої узгодженої взаємодії сенсорних систем організму є безумовний рефлекс орієнтування у просторі. Так, кішка повертає голову на сторонній звук (спрацювала слухова система) й оцінює ситуацію, роздивляючись незнайомий предмет (додається інформація від зорової системи). Якщо інформації для прийняття рішення недостатньо (боятися його чи ні), кішка може підійти й обнюхати цей предмет (інформація від нюхової системи) та торкнутися його вібрисами (додається відчуття дотику).

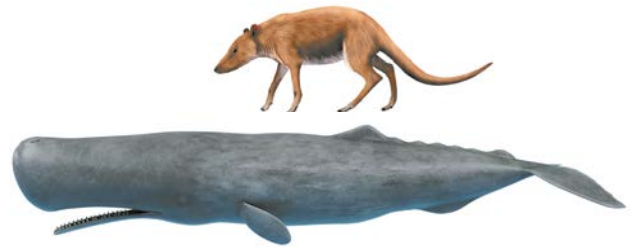
Компенсаторне посилення сенсорних систем

У різних тварин, навіть тих, які походять від спільного предка, різні сенсорні системи можуть бути розвинені різною мірою. Це залежить від особливостей еволюційного розвитку та умов середовища, до якого адаптований певний вид організмів.

У тих ситуаціях, коли діяльність однієї із систем за якихось причин не дуже ефективна, її роль можуть брати на себе інші сенсорні системи. Посилення інтенсивності роботи цих систем відбувається задля того, щоб компенсувати недостатню ефективність певної сенсорної

! Ключова ідея

Вища нервова діяльність є найбільш складним, але дуже ефективним способом відповіді організму тварин на зовнішні подразнення. Вона узгоджує діяльність усіх сенсорних систем та робить її найбільш ефективною. Це дозволяє у випадку втрати функцій чи неможливості роботи однієї із сенсорних систем компенсувати порушення за рахунок іншої системи або кількох систем.



Мал. 8.1. У предка китів індохіуса основною сенсорною системою була зорова, а в сучасних кашалотів вона втратила провідну роль, і відбулося компенсаторне посилення слухової системи

системи. Тому це явище називають **компенсаторним посиленням** сенсорних систем.

Наприклад, спільний предок плацентарних ссавців вів сутінковий образ життя, й основними органами чуттів у нього були нюх і слух, а зір виконував допоміжну роль. Коли предки кашалотів відокремилися в еволюційну гілку і стали активними хижаками, провідну роль у їхній життєдіяльності почав відігравати саме зір. Пізніше ці тварини перейшли до життя у воді, де зорова сенсорна система не дуже ефективна. А кашалоти адаптувалися до полювання на великих глибинах, де світла взагалі немає і використовувати зір немає сенсу. Тому очі в кашалотів змістилися на бокову частину голови і перестали відігравати важливу роль у житті, а основним органом чуттів стала слухова сенсорна система, яка використовує ефект ехолокації (мал. 8.1).

Компенсаторне посилення певних сенсорних систем відбувається і серед особин одного виду, якщо якась із сенсорних систем у процесі життя постраждала від травм чи захворювань. Тоді інші сенсорні системи беруть на себе її функції і стають основним джерелом інформації про навколишній світ для цієї особини.

Так, у людей через порушення або втрати зору функції орієнтації в просторі бере на себе слухова система. А деякі інші функції (наприклад, читання) виконує дотикова сенсорна система.

☰ Запитання та завдання

1. На прикладі поглядів окремих людей на одну подію поясніть, чому сприйняття світу різними особинами є суб'єктивним.
2. Яке компенсаторне посилення відбудеться в сенсорних системах людини у випадку порушення роботи її слухової сенсорної системи?

§ 9. Слова і символи як подразники



Поміркуйте

Дельфіни та інші китоподібні цілком ефективно можуть спілкуватися між собою. Як їм це вдається? Що відіграє роль подразника під час спілкування?



Згадайте

- Сенсорні системи
- Відділи мозку
- Вища нервова діяльність
- Свідомість

Перша сигнальна система

Нервову систему тварин пов'язує з навколишнім світом складна система умовно-рефлекторних і безумовнорефлекторних зв'язків. Ця система отримує сигнали від подразників середовища і зумовлює адекватні реакції на них організму. Її називають **сигнальною системою**. Розрізняють першу і другу сигнальні системи.

Перша сигнальна система розвинена в усіх тварин. Вона відображає навколишній світ на основі конкретних подразнень і сигналів від сенсорних систем, не формуючи абстрактні поняття і теоретичні узагальнення.

За допомогою першої сигнальної системи тварини можуть спілкуватися між собою і передавати певну досить просту інформацію через рухи, міміку, жести, звуки, пози, запахи. Так, тварина може дізнатися про соціальний статус, стан здоров'я особини свого виду; позначити власну територію (мал. 9.1), свою

готовність до розмноження, повідомити про розташування джерела їжі (бджоли роблять це за допомогою спеціальних рухів — так званого танцю бджіл).

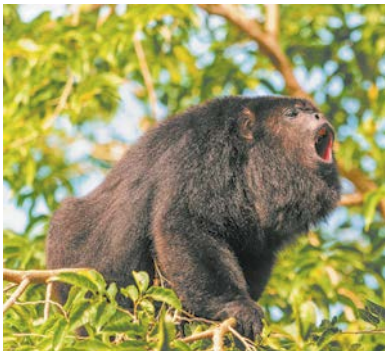
У межах першої сигнальної системи тварини для отримання потрібної інформації можуть виконувати досить складні дії. Так, багато тварин під час зустрічі обнюхують одне одного за певними схемами, унікальними для кожного з видів. Навіть незначні відмінності в ритуальних танцях під час сезону розмноження дозволяють птахам надійно відрізнити особин свого виду (мал. 9.2).

Друга сигнальна система

Друга сигнальна система розвинена в людини. Можливо, певною мірою вона властива і деяким тваринам (людиноподібні мавпи, деякі китоподібні). Друга сигнальна система дозволяє передати подразник через символ, який не має прямого відношення до об'єкта.

У рамках цієї системи можливе формування абстрактних понять і теоретичних узагальнень. Здатність до узагальненого віддзеркалення явищ і предметів зробило можливим для людини теоретичне пізнання світу. Завдяки цьому людина створила сучасну науку і культуру та отримала можливість прогнозувати наслідки своїх дій та різноманітних природних процесів.

Друга сигнальна система людини є домінантною в порівнянні з першою. Вона контролює її діяльність і може впливати на прояв



Мал. 9.1. Позначення тваринами своєї території за допомогою голосу (мавпа ревун) та запаху (чорний ведмідь)

Мал. 9.2. Танок журавлів під час парування



Мал. 9.3. Писемність теж є складовою мови



Мал. 9.4. Символи та знаки, які є сигналами другої сигнальної системи

складних безумовних рефлексів та інстинктивних програм.

Наслідком функціонування другої сигнальної системи в людини було виникнення мови. Мова є системою знаків і засобів спілкування між людьми. Вона формується на основі звуків, які людина навчається вимовляти з дитинства. Але тільки звуками мова не обмежується. Існує графічний варіант мови — писемність, яка відіграє величезну роль у сучасному суспільстві (мал. 9.3).

Значення другої сигнальної системи в житті людини є дуже великим. Завдяки їй відбувається спілкування людей. Вона надає можливість для навчання та обміну досвідом, вираження почуттів та емоцій, висловлення бажань тощо.

Слід зазначити, що для розвитку другої сигнальної системи недостатньо тільки спадковості. Спостереження за дітьми-мауглі, яких вирощували дикі тварини, продемонстрували важливий факт. Якщо в ранньому дитинстві людина не буде мати контакту з іншими людьми і, відповідно, можливості сформувати другу сигнальну систему, то в більш дорослому віці сформувати її вже буде неможливо.

Тобто спадково в людини передається тільки здатність до формування другої сиг-

нальної системи. Виникнення самої системи відбувається в періоді раннього дитинства під впливом суспільства, у якому живе людина.

Слова і символи як подразники

Слова є специфічними подразниками, які діють на другу сигнальну систему людини. Вони мають кілька характерних саме для них особливостей.

- Слова насамперед є сигналами сигналів, бо кожне слово містить інформацію про якийсь певний сигнал, що отримують органи чуття.

- Слова здатні узагальнювати певні сигнали першої сигнальної системи. Так, слово «риба» узагальнює ознаки всіх риб, які відомі людині (акули, соми, карасі, окуні, осетри тощо).

- Дуже важливою властивістю слів є також їхня здатність відділяти поняття від певної реальності, абстрагувати його. Це дає можливість людині формувати абстрактне мислення. Гарним прикладом такого абстрагування є жартівлива фраза «Сферичний кінь у вакуумі», яка висміює надмірний відрив від реальності в аналізі якихось проблем.

Крім слів, умовними сигналами другої сигнальної системи можуть бути різноманітні символи та умовні знаки. До таких знаків належать ноти, знаки дорожнього руху, мова жестів, свисту тощо (мал. 9.4).



Ключова ідея

За зв'язок нервової системи з навколишнім середовищем у тварин відповідають сигнальні системи. Перша сигнальна система забезпечує безпосередній зв'язок із середовищем на основі прямої інтерпретації сигналів сенсорних систем. Друга сенсорна система використовує опосередковану передачу інформації завдяки сигналам сигналів, якими є слова мови або спеціалізовані знаки та символи.



Запитання та завдання

1. На конкретних прикладах поясніть, які сигнали можуть подавати домашні тварини своїм господарям за допомогою першої сигнальної системи. **2.** Які переваги як подразники другої сигнальної системи мають спеціальні символи порівняно зі словами?

§ 10. Друга сигнальна система та еволюція



Поміркуйте

Як показали дослідження, шимпанзе і горили здатні на певному рівні опанувати мову жестів і спілкуватися з дослідниками та між собою. Але говорити вони так і не навчилися. Чому?

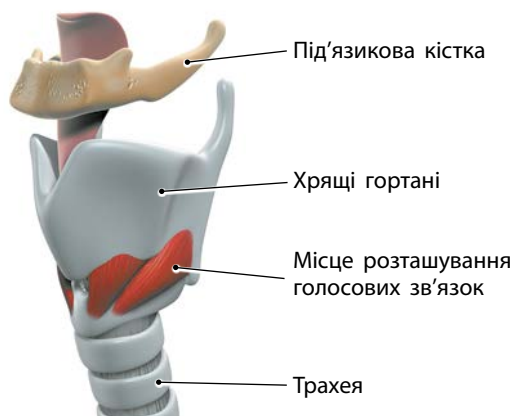


Згадайте

- Гортань
- Голосові зв'язки
- Кора мозку
- Преадаптації

Преадаптації до виникнення другої сигнальної системи

Друга сигнальна система не виникла миттєво внаслідок якоїсь макромутації. Її появі передувало утворення у предків людини цілої низки преадаптацій, що з'являлися як у певних системах органів, так і в особливостях функціонування вищої нервової діяльності. Потрібні для створення другої сигнальної системи морфологічні преадаптації відбулися насамперед у дихальній системі. Вони були пов'язані з особливостями будови гортані (мал. 10.1). У ній розташовані голосові зв'язки, які, власне, і генерують звуки. Ці зв'язки з'явилися ще в далеких предків людини. Крім того, для можливості розмовляти важливим є розташування самої гортані. У людиноподібних мавп гортань розташована вище, ніж у людини.



Мал. 10.1. Будова гортані людини дає можливість розмовляти

Це зменшує ризик потрапляння їжі в дихальні шляхи під час її ковтання, але суттєво утруднює можливості мовлення, у тому числі обмежує рухи язика, який відіграє важливу роль у вимовлянні багатьох звуків.

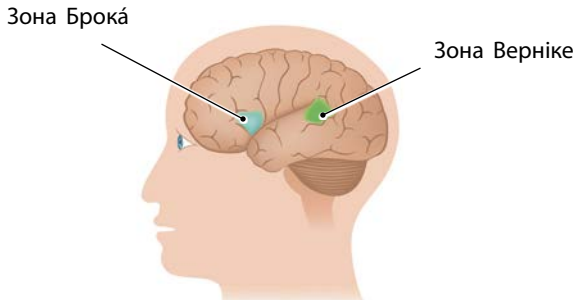
Ще однією преадаптацією для виникнення другої сигнальної системи було збільшення розмірів і ускладнення будови кори головного мозку. Це дозволило здійснювати набагато більш складні нервові процеси, які виявилися потрібними і для роботи другої сигнальної системи. На розвиток мозку істотно впливали і зміни в будові рук, які часто залучалися до виготовлення знарядь праці, що потребувало суттєвого ускладнення процесів вищої нервової діяльності.

Ще одним наслідком виготовлення знарядь праці стало збільшення об'єму робочої (або оперативної) пам'яті у предків людини. Сучасна людина в середньому може одночасно відстежувати (або контролювати) сім об'єктів, а шимпанзе — тільки два або три. Для виготовлення навіть найпростіших знарядь потрібно відстежувати як мінімум три об'єкти — об'єкт, який обробляється, інструмент і руку, яка тримає об'єкт. Тому у предків людини об'єм оперативної пам'яті збільшувався. Це виявилось надзвичайно актуальним для роботи другої сигнальної системи, бо з малим об'ємом оперативної пам'яті неможливо складати довгі речення.

Еволюція другої сигнальної системи

Еволюція другої сигнальної системи тривала дуже довго. Основним фактором, який стимулював її утворення, була адаптація предків людини до життя в умовах савани. Існування приматів у таких умовах цілком можливе, і до життя в ній адаптувалися не тільки представники гомінід, але й собако-голови мавпи (павіани, гелади тощо).

Савана є місцем із великою кількістю й різноманітністю харчових ресурсів, але вона має й певні особливості. Перш за все їжа не зосереджена в одному місці, тому задля її пошуків необхідно постійно переміщатися. Крім того, у савані виживали лише ті види,



Мал. 10.2. У корі мозку людини є зони, які відповідають за мову

які адаптувалися до всеїдності. Складні умови існування розвивали здатність до аналітичного мислення, уміння співставляти факти і робити висновки.

Життя в савані ускладнювалося наявністю великого числа хижаків. Захиститися від них примати могли тільки у складі групи. Тому під час адаптації до життя в савані було великим значення соціальної структури груп приматів. Спілкування між особинами в групі потребувало більш ефективної комунікації, тому виникали і закріплювалися системи сигналів про небезпеку, взаємодопомогу, наявність їжі тощо.

Формування другої сигнальної системи не було наслідком лише генетичних мутацій. Самі по собі вони створювали тільки можливість для формування комунікативних зв'язків та соціальних взаємодій. Відбір ішов не на рівні окремих особин, а на рівні груп. Яка група мала кращу комунікацію, та й отримувала переваги в існуючих умовах життя. Хоча морфологічні зміни відігравали важливу роль. Так, однією з важливих адаптацій, потрібних для виникнення другої сигнальної системи, стало формування в корі головного мозку людини двох важливих зон — Брокá і Верніке

! Ключова ідея

Формування другої сигнальної системи у предків людини стало можливим завдяки наявності низки преадаптацій у будові деяких систем органів та особливостях перебігу процесів вищої нервової діяльності. Воно відбувалося в умовах африканської савани і стало однією з головних адаптацій до цього середовища існування.



Мал. 10.3. Виникнення писемності суттєво вплинуло на розвиток суспільства

(мал. 10.2). Зона Брокá відповідає за відтворення мови, а зона Верніке — за її розуміння.

Друга сигнальна система та розвиток суспільства

Друга сигнальна система істотно вплинула на розвиток суспільства. Завдяки їй суттєво змінився механізм накопичення та передачі інформації між поколіннями. Для цього вже не було потрібне закріплення інформації в геномі. Її можна було передавати шляхом навчання. Звичайно, у тварин також існує навчання нащадків. Але друга сигнальна система дозволяє це робити опосередковано, надаючи інформацію з різних джерел. Крім того, об'єми інформації, яка передається за допомогою другої сигнальної системи, на кілька порядків більші.

Важливим етапом у розвитку людського суспільства стало виникнення писемності (мал. 10.3), що дало можливість обмінюватися інформацією людям, які навіть не бачили один одного. Більш того, письменність забезпечила передачу інформації між людьми, які жили в різний час.

Розвиток другої сигнальної системи дозволив досягти більшої спеціалізації і диференціації суспільства. Він став підґрунтям для створення науки і мистецтва, які зумовили збільшення темпів розвитку людства і розселення людей по всій планеті.

≡ Запитання та завдання

1. Чому в новонароджених дітей гортань розташована вище, ніж у дорослих? **2.** Які фактори, крім існування хижаків, могли вплинути на зміцнення соціальних зв'язків у приматів, що перейшли до життя в умовах савани? **3.** На конкретному прикладі поясніть, як друга сигнальна система вплинула на розвиток певного суспільства.

§ 11. Подразливість і пристосування до умов середовища



Поміркуйте

Чому в різних середовищах існування у тварин провідну роль відіграють різні сенсорні системи?



Згадайте

- Адаптація
- Сенсорні системи
- Середовище
- Подразливість

Адаптивне значення подразливості

Здатність сприймати подразнення є однією з найважливіших адаптацій живих організмів до середовища існування. Сприйняття подразнень надає організму інформацію про сприятливі місця перебування, можливу небезпеку, джерела живлення, наявність партнерів для розмноження тощо.

На процес сприйняття подразнень організмами завжди впливала велика кількість факторів. Найбільш важливими серед них були властивості середовища існування, особливості способу життя виду і наявність тих чи інших чутливих структур, отриманих від предків. Справа в тому, що ніяка нова структура (у тому числі й пов'язана зі сприйняттям подразнень) не з'являється в еволюції миттєво. Вона завжди виникає зі структур, утворених предками організму на попередніх етапах еволюції. І від особливостей сприйняття подразнень предками залежать потенційні можливості органів чуття нащадків.

Розвиток подразливості та способи життя організмів

Розвиток подразливості тісно пов'язаний зі способом життя організмів. Для організмів, які ведуть малорухомий спосіб життя, швидкість реагування на подразники не має такого великого значення. Середовище навколо них зазвичай є доволі стабільним. Це добре видно на прикладі квіткових рослин, які більшу частину життєвого циклу розташовані на одному місці й активно переміщуються у просторі тільки на стадії поширення насіння.

У сидячих або вільно дрейфуючих у складі планктону тварин вимоги до сприйняття подразнень теж не дуже високі, хоча і більші, ніж у рослин. Адже їм ще доводиться забезпечувати власне живлення. Проте такий спосіб життя примушує очікувати дію подразників з усіх боків приблизно з однаковою ймовірністю. Саме тому в цих тварин так поширена радіальна симетрія тіла, а рецептори розташовані рівномірно по всьому тілу.

Ті тварини, які ведуть достатньо рухливий спосіб життя, зазвичай мають двобічну симетрію тіла. Їхні органи чуття розташовані переважно на голові або в передній частині тіла. Таке розміщення є найбільш вигідним, бо саме передня частина тіла найчастіше першою зазнає дії подразника.

Але і серед рухливих тварин розвиток сенсорних систем може суттєво різнитися. Так, хижаки, які полюють на активну здобич, що швидко рухається в умовах гарного освітлення, мають добре розвинений зір. А тим, хто полює на малорухливу здобич у мутній воді або в місцях, де мало світла, дісталися маленькі очі й поганий зір, але дуже гарна дотикова сенсорна система (мал. 11.1).

Сенсорні системи та умови існування

Кожне середовище має притаманні тільки йому властивості, які зумовлюють важливість того чи іншого подразника для отримання інформації про події, що відбуваються навколо. У наземно-повітряному середовищі найбільш



Мал. 11.1. Органи зору у тварин, які полюють на малорухливу здобич (планарія) та на здобич, яка швидко рухається (бабка)



Мал. 11.2. Організми, які використовують електричну сенсорну систему: качкодзьоб, скат, гнатонем (нільський слоник)

ефективним подразником є світло, бо воно легко поширюється на великі відстані й забезпечує організм інформацією про небезпеку і джерела харчування. Тому наземні тварини часто мають добрий зір. Але це стосується насамперед тих, хто веде денний спосіб життя. Тим, хто є активним уночі, світло не дуже допомагає. Для них більше значення мають інші сенсорні системи. Так, кажани є завзятими нічними хижаками, які полюють на літаючих комах. У них основною сенсорною системою стала слухова. Саме вона дозволяє кажанам активно полювати, використовуючи розвинену здатність до ехолокації.

Для ямкоголових змій зорова сенсорна система також не основна. Їхньою здобиччю є наземні гризуни, і для полювання на них вони використовують іншу сенсорну систему. Це терморецептори, здатні сприймати інфрачервоні промені. Для полювання на теплокровних гризунів така система найбільш ефективна, бо дозволяє легко їх знаходити у траві й лісовій підстилці.

Умови існування у *водному середовищі* не дуже сприятливі для поширення світла. Тому не дивно, що зорові системи водних організмів часто не дуже добре розвинені. А в мешканців великих глибин, де світла немає, вони зазвичай взагалі відсутні.

Найбільш ефективними системами сприйняття подразнень у водному середовищі є ті,

які сприймають коливання середовища (бічна лінія риб, органи слуху водних ссавців тощо). Також багато важливої інформації може надходити через нюхову сенсорну систему. Вона, наприклад, дуже розвинена в акул, багатьох кісткових риб та членистоногих. А для тих, хто шукає здобич на дні, часто найважливішою стає дотикова сенсорна система (хижі кільчасті черви, деякі молюски і членистоногі тощо).

Цікавою адаптацією для пошуку їжі в умовах низької ефективності органів зору є використання електрорецепторів. Чутливі електрорецепторні органи активно використовують акули і скати. Скати взагалі не можуть без них обходитися, бо їхній рот розташований на нижній стороні тіла, а очі — на верхній, і бачити свою здобич вони не можуть навіть теоретично. Представником ссавців, здатним активно використовувати електрорецепцію, є качкодзьоб (мал. 11.2). Саме завдяки електрорецепторам він може знаходити здобич на дні водойм, де шукає собі їжу.

Суттєво впливає на особливості сприйняття подразнення і *грунтове середовище*. Для його мешканців світло практично не має значення. Тому очі в них часто відсутні або сильно редуковані (кріт, сліпак тощо). Найбільше значення в цьому середовищі мають органи, які сприймають коливання та вібрації (слух, дотикова система) і запахи (нюхова система).



Ключова ідея

Здатність сприймати подразнення є однією з головних адаптацій організмів до умов життя. Особливості сприйняття подразнень і домінування тієї або іншої сенсорної системи у конкретного виду зумовлене його середовищем існування, способом життя і попередньою еволюційною історією розвитку.



Запитання та завдання

1. На прикладі сов поясніть, як особливості подразливості цих тварин пов'язані зі способом життя нічного літаючого хижака. **2.** Як, на вашу думку, особливості розвитку сенсорних систем дельфіна пов'язані з умовами його існування та способом життя? **3.** Чому використання електричної сенсорної системи поширене серед водних організмів?

§ 12. Подразливість у взаємодіях живих організмів



Поміркуйте

У рисі зір бінокулярний, але поле зору не дуже широке. У зайців, на яких полюють рисі, зір не бінокулярний, але поле зору достатньо широке. Чому існує така різниця?



Згадайте

- Вид
- Внутрішньовидові взаємодії
- Форми взаємодії видів
- Екологічна ніша

Подразливість у внутрішньовидових взаємодіях

Подразливість відіграє важливу роль у взаємодіях організмів. Вона визначає характер та результати взаємодії як на внутрішньовидовому рівні, так і на рівні міжвидових взаємовідносин в екосистемах.

На внутрішньовидовому рівні здатність реагувати на подразнення є важливою під час визначення партнера для розмноження, взаємодії особин різних поколінь, визначення місця тварини в соціальній ієрархії, конкуренції за ресурси.

Вибір партнера для розмноження є важливим фактором еволюційного успіху. Аналіз інформації, яка надходить за допомогою сенсорних систем, дозволяє тварині вибрати найбільш оптимального партнера. Саме так, наприклад, обирають партнера самки солов'я. Вони оцінюють спів самця, який таким чином позначає свою територію, від розміру і якості якої залежить ефективність виводу пташенят.

Взаємодія особин різних поколінь є дуже важливою для тварин, які передають свій досвід нащадкам шляхом навчання. Така модель поведінки поширена серед ссавців. Сприйняття інформації від старшого покоління дозволяє дитинчатам тигрів, вовків, слонів, мавп та інших видів суттєво підвищувати свої шанси на виживання. Потреба в ефективній передачі інформації між по-

коліннями стала однією з причин розвитку другої сигнальної системи в людини.

Для тварин, які утворюють складні соціальні угруповання, визначення місця в ієрархії групи є нагальною потребою. Для цього використовується багато способів — від простої бійки до складних форм взаємодій між окремими угрупованнями особин у складі великої групи. Але всі вони можливі тільки завдяки інформації, яка надходить до мозку за допомогою сенсорних систем. Тваринами, для яких така взаємодія дуже важлива, є голуби, леви, павіани, шимпанзе, слони тощо.

Конкуренція між тваринами за ресурси не стосується тільки їжі. До ресурсів відносять і місця водопою, і місця, придатні для розмноження, і укриття від негоди та хижаків. Зазвичай на території проживання певної популяції виду далеко не всі ресурси є в достатній кількості. Тому між особинами виду виникає конкуренція. Для успіху в конкурентній боротьбі тварина повинна або раніше знайти потрібний ресурс, або краще його захищати. В обох випадках успіх значною мірою залежить від ефективності роботи сенсорних систем організму і його здатності до сприйняття подразнень.

Подразливість у міжвидових взаємодіях

У міжвидових взаємодіях подразливість є важливою для багатьох форм взаємовідносин: конкуренції, хижацтва, паразитизму, мутуалізму, коменсалізму тощо. Конкурентна взаємодія на міжвидовому рівні схожа на внутрішньовидову. У цьому випадку ефективність роботи сенсорних систем також впливає на швидкість знаходження та використання ресурсів.

Дуже сильно здатність до сприйняття подразнень впливає на взаємовідносини видів у системі хижак — жертва. У цій взаємодії саме робота сенсорних систем визначає шанси хижака ввійти жертву і шанси жертви втекти від хижака.

Часто особини виду, на який полюють хижаки, взаємодіють між собою для більшого успіху у виявленні та захисті від хижаків. Так,



у колоніях гризунів зазвичай одна або кілька особин спостерігають за хижаками, які можуть на них напасти (мал. 12.1). Це суттєво знижує ризик стати жертвою хижака для всіх особин.

Але хижаки також застосовують взаємодію та взаємопідтримку під час полювання, що підвищує їхні шанси на отримання жертви. У такий спосіб полюють вовки, леви та африканські дикі собаки. Саме так полювали і люди до того, як перейшли до сільськогосподарського виробництва продовольства.

У випадку коменсалізму та мутуалізму взаємодія без участі сенсорних систем узагалі неможлива. Види, які взаємодіють, можуть знайти один одного тільки за допомогою сенсорних систем. Для видів із мутуалістичними відносинами це питання життя і смерті, бо поодиноці ці види вижити не зможуть.

У паразитів ситуація є різною для різних видів. Для тих, які потрапляють в організм хазяїна з допомогою переносників (як малярійний плазмодій, якого переносить комар), робота сенсорних систем не має значення. А для тих паразитів, які активно шукають жертву (наприклад, клопів), чутливі сенсорні системи є запорукою успіху, бо без них вони не зможуть знайти свою жертву.

Значення подразливості для екосистем

Для екосистем подразливість має велике значення в організації внутрішньовидових і міжвидових взаємодій. Від здатності до сприйняття подразнень часто залежить стан популяцій окремих видів, які входять до складу екосистеми.

Крім того, екосистема і сама є біологічною системою. Тому подразливість є однією з її властивостей. На дію тих чи інших подразників екосистема може реагувати, змінюючи співвідношення особин різних видів, перерозподіляючи екологічні ніші вимерлих видів між іншими, перебудовуючи трофічні зв'язки та кругообіг окремих речовин.



Ключова ідея

Подразливість відіграє важливу роль як у внутрішньовидових, так і в міжвидових взаємодіях живих організмів. Вона є одним із факторів, який впливає на екосистеми. Самі екосистеми також є біологічними системами, і подразливість — одна з їхніх властивостей.



Мал. 12.1. Сторожові особини, які стежать за хижаками, трапляються в групах гризунів (бабак), хижаків (сурикат) і копитних (зебра)



Практична робота

Моделювання фізіологічних і поведінкових реакцій організмів на подразники, сформовані іншими організмами екосистеми (у вигляді розгорнутих ілюстрованих схем)

1. Виберіть організм, для якого ви будете складати схеми реакцій.
2. Складіть схему фізіологічних і поведінкових реакцій особини обраного виду на подразники, сформовані: а) особинами свого виду (які відрізняються за статтю, віком чи соціальним становищем у групі); б) особинами іншого виду (який є для обраного виду хижаком, конкурентом чи мутуалістом).
3. Сформулюйте висновки.



Запитання та завдання

1. На прикладі горобця поясніть, яке значення має подразливість для існування організму.
2. Чому передача досвіду нащадкам напряду має переваги над передачею інформації, яка зберігається в геномі?
3. Виберіть одну з екосистем вашого регіону і на конкретних прикладах покажіть, як на її стан впливає подразливість живих організмів.

§ 13. Рух у живій природі



Поміркуйте

Чим відрізняється рухливість живих та неживих об'єктів?



Згадайте

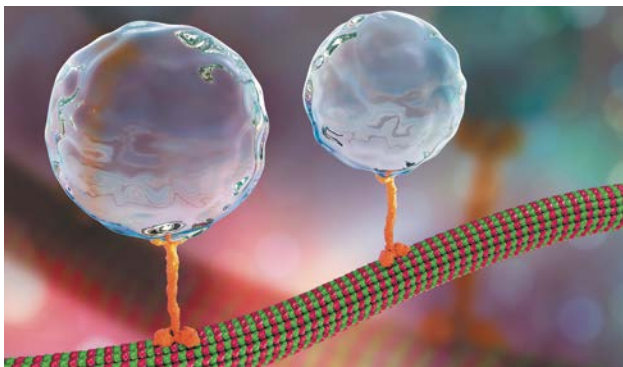
- Клітинні органели
- Системи органів
- Обмін речовин

Рух як властивість живого

Рух — це зміна просторового розташування фізичного тіла відносно інших тіл або частини цього тіла відносно інших частин. Це явище спостерігається у природі всюди: рухаються елементарні частинки у складі атома, атоми і молекули у складі речовини, повітряні й водні маси, літосферні плити, планети, зорі й галактики. Рухаються й об'єкти техносфери. Але лише в живій природі ми спостерігаємо рух, що є *активним і цілеспрямованим*. Це означає, що об'єкт витрачає на такий рух внутрішню енергію і скеровує його на досягнення певної мети. Утім, пасивний, випадковий рух у живій природі теж трапляється: наприклад, коли ви, спіткнувшись, падаєте на підлогу.

Функції руху

Рух потрібний живим організмам для виконання найрізноманітніших завдань. Пере-



Мал. 13.1. Крокуючий білок кінезин транспортує вантаж — мембранний пухирець

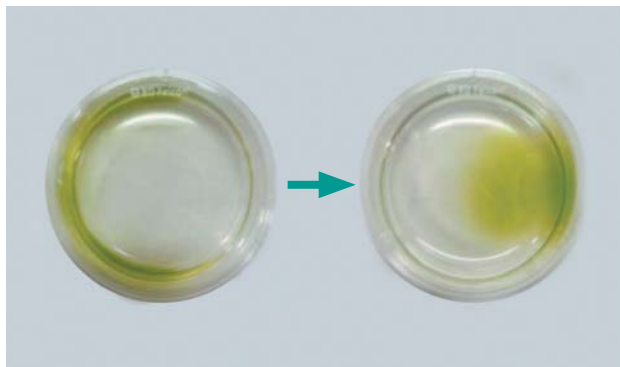
сування цілого тіла у просторі, так звана **локомоція**, дозволяє їм знаходити оптимальні умови для існування. Наприклад, хламідомонада завдяки такому руху пересувається у краще освітлені ділянки водойми, а антилопа — на більш багаті пасовища.

Не менш важливою є і здатність живих організмів до **зміни взаємного розташування та форми** окремих частин свого тіла. *Ростові рухи* рослин дозволяють їм набувати оптимального розташування у просторі. *Рухи кінцівок* багатоклітинних тварин забезпечують виконання ними таких складних поведінкових актів, як побудова гнізд, шлюбні танці, передача соціальних сигналів жестами і позами. Завдяки *маніпулятивній діяльності*, тобто здатності до спрямованого пересування і перебудови об'єктів навколишнього середовища, людина створює і використовує інструменти, носії інформації, об'єкти мистецтва.

Рух на різних рівнях організації живого

Рух проявляє себе на кожному рівні організації живого. На молекулярному рівні він простежується в роботі білкових комплексів, що виконують синтез усіх компонентів клітини, забезпечують транспорт речовин, одержання енергії тощо.

На клітинному рівні здатність до руху проявляють численні органели. Завдяки «крокуючим» білкам *кінезинам* мембранні органели пересуваються в цитоплазмі



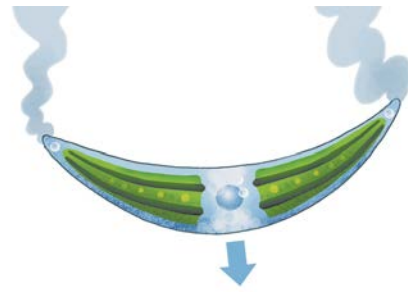
Мал. 13.2. У результаті фототаксису клітини зелених водоростей зосереджуються в освітленій ділянці



уздовж мікротрубочок (мал. 13.1). Уся цитоплазма завдяки різноманітним механізмам безперервно циркулює у клітині: це явище має назву **циклоз**. Одноклітинним організмам властивий **таксис** (див. §2) — локомоторний рух, спрямований у бік певного подразника або від нього (мал. 13.2).

На тканинному рівні рухові явища простежуються в узгодженому русі війок миготливого епітелію, міграції клітин імунної системи, рухливості сперматозоїдів. До руху здатні й клітини деяких тканин рослин: замикаючі клітини процихлів, зооспори, гамети.

Рух простежується в роботі майже кожної системи органів: у скороченні серця, розтягненні легенів, перистальтиці кишечника, стисненні сечового міхура та, звичайно, у рухах скелетних м'язів, які забезпечують зміну положення кінцівок, міміку, численні вегетативні рефлексії (ковтання, чхання, кашель тощо).



Мал. 13.3. Екскреторний рух водорості кластеріум



Мал. 13.4. Гігроскопічний рух: розкриття плода в розрив-трави

Типи руху організмів

Тип руху	Механізм	Приклади
За допомогою моторних білків	Робота білкових молекул, здатних змінювати свою форму та/або взаємне розташування	Рух м'язів, джгутиків, війок, псевдоподій у еукаріотів; джгутикові та інші рухи бактерій
Ростові	Поділ та розтягнення клітин у певних ділянках тіла	Повільні рухи листків, розкриття бутонів, завивання в'юнких стебел (кульбаба, тюльпан, берізка)
Тургорні	Зміна об'єму клітин, переважно за рахунок вакуолей	Розкриття процихлів, рухи хижих рослин, захисні рухи (мімоза)
Екскреторні	Відштовхування від субстрату шляхом виділення слизу	Ковзні рухи міксобактерій та деяких водоростей (кластеріум) (мал. 13.3)
Гігроскопічні	Зміна пружності клітинних оболонок під час висихання і зволоження	Поширення насіння (розрив-трава, фіалка), розсіювання спор (хвощі, печіночники і слизовики) (мал. 13.4)

! Ключова ідея

Рух властивий усім живим істотам і простежується на всіх рівнях організації живого. Він може забезпечуватися активністю моторних білків, тургорними, ростовими, екскреторними та гігроскопічними явищами.

Запитання та завдання

1. До якого типу за джерелом виникнення рушійної сили можна віднести розкидування насіння у скаженого огірка? **2.** У чому полягає подібність та відмінність рухів людини від рухів робота-андроїда? **3.** Відомо, що хлоропласти рослин здатні пересуватися в найбільш освітлену ділянку клітини. Поміркуйте, які механізми можуть бути підґрунтям цього процесу.

§ 14. Рухи клітин



Поміркуйте

Чим зумовлене різноманіття механізмів руху одноклітинних організмів?



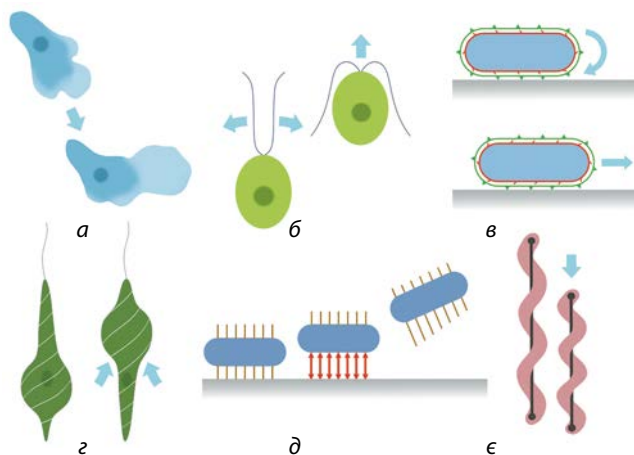
Згадайте

- Бактерії, археї, протисти
- Мікротрубочки, мікрофіламенти

Поняття про амебоїдний та миготливий рух

У світі одноклітинних організмів переважають рухи, зумовлені активністю моторних білків: амебоїдний, миготливий, ковзний, метаболічний, стрибаючий, гвинтоподібний (мал. 14.1). Найбільш поширеними серед них є перші два типи.

Амебоїдний рух здійснюється за рахунок тимчасових випинів поверхні клітини — *псевдоподій*. Утворення та рух псевдоподій забезпечується взаємодією моторних білків — *актину* і *міозину*. Актинові мікрофіламенти формують чохол у поверхневому шарі цитоплазми. Коли цей чохол стискається за допомогою молекул міозину, цитоплазма спрямовується в ділянку, де його товщина є найменшою. Протистів, здатних до амебо-



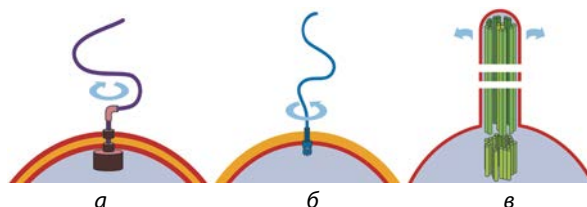
Мал. 14.1. Рухи одноклітинних організмів: амебоїдний (а), миготливий (б), ковзний (в), метаболічний (г), стрибаючий (д), гвинтоподібний (е)

їдного руху, називають *амебами*, або *коренніжками*. Подібні форми відомі у складі майже кожної великої групи еукаріотів, але найбільш поширені серед амебозоїв, до яких належать звичайна та дизентерійна амеби. Амебоїдний рух не втратив свого значення і в багатоклітинних організмів: завдяки йому лейкоцити людини пересуваються у тканинах та фагоцитують чужорідні частки.

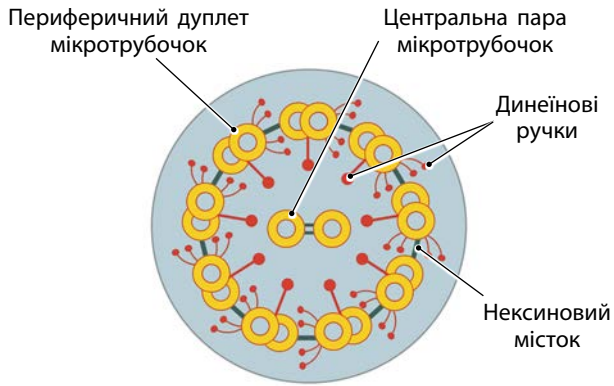
Миготливий рух зумовлений ритмічним коливанням циліндричних випинів, які, на відміну від псевдоподій, мають постійну форму та розташування на поверхні клітини. Серед структур, що забезпечують миготливий рух, найважливішими є *аксоподії* та *джгутики*. Перші мають жорсткий внутрішній скелет і здатні лише коливатися з одного боку в інший. Джгутики, на відміну від них, здатні вигинатися, а у прокаріотів — навіть обертатися навколо своєї осі.

Будова і функціонування джгутиків та війок

Джгутик бактерій є порожнистою білковою ниткою, утвореною з молекул білка *флагеліну*. Біля своєї основи вона переходить у порожнистий *гак*, що з'єднується із системою білкових *дисків*, пов'язаних із мембраною та клітинною стінкою. Один із дисків має вигляд зубчастого колеса. До кожного з його зубців прилягає комплекс моторних білків. Білки кожного такого комплексу здійснюють ритмічні рухи, змушуючи колесо обертатися. Енергію для їхніх рухів забезпечує потік протонів. Завдяки роботі цього механізму джгутик обертається навколо своєї осі й рухає клітини вперед так само, як гребний гвинт рухає корабель (мал. 14.2, а).



Мал. 14.2. Будова джгутика бактерій (а), архей (б), еукаріотів (в)

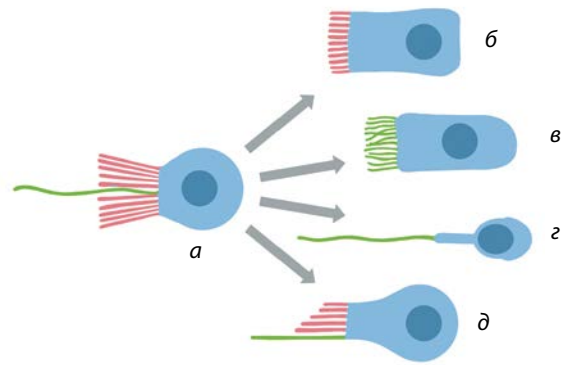


Мал. 14.3. Будова аксономи джгутика еукаріотів. Мікротрубочки розташовані за схемою $(9 \cdot 2) + 2$: дев'ять периферичних пар та одна центральна пара.

Джгутик архей являє собою суцільну білкову нитку, утворену молекулами трьох різних типів флагеліну. Він обертається навколо своєї осі, використовуючи для цього енергію молекул АТФ (мал. 14.2, б).

Джгутик еукаріотів (мал. 14.2, в) складається з 20 паралельних білкових трубок, що є типовими мікротрубочками, утвореними з мономерів білка *тубуліну*. Вони розташовані вздовж осі джгутика за схемою $(9 \cdot 2) + 2$. Уздовж кожної пари мікротрубочок тягнуться ручки, утворені з білка *динейну*. Ручка може приєднатися до сусідньої мікротрубочки і зсунути її з місця (мал. 14.3). Узгоджені рухи динеїнових ручок призводять до того, що пари мікротрубочок ковзають уздовж одна одної. Завдяки цьому джгутик змієподібно коливається, рухаючи клітину.

Війки. Клітини деяких еукаріотів мають сотні й навіть тисячі джгутиків. Такі численні джгутики можуть рухатися незалежно (у гіпермастигін, опалін) або коливатись узгоджено (в інфузорій), утворюючи «хвилі»,



Мал. 14.4. Комірцевий джгутиконосець (а) і його структури в організмі людини: клітина епітелію кишечника (б), клітина епітелію бронхів (в), сперматозоїд (z), волоскова клітина (д)

як уболівальники на стадіонах. В останньому випадку їх традиційно називають *війками*.

Поширення і значення клітин з миготливими структурами в організмі людини

Предками багатоклітинних тварин були комірчасті джгутиконосці, клітина яких має джгутик, оточений *комірцем*, — ловчим апаратом, утвореним із мікрворсинок, форма яких підтримується молекулами актину. З переходом до багатоклітинності більшість клітин тваринного організму втратили джгутики та комірці, однак подекуди ці структури збереглися (мал. 14.4). Так, мікрворсинки, що колись утворювали комірць, формують *щіточкову облямівку* клітин епітелію тонкого кишечника. Одиночні джгутики властиві сперматозоїдам людини. Численні джгутики вкривають клітини війчастого епітелію, який вистилає дихальні шляхи, маткові труби тощо. А волоскові клітини слухової системи та органа рівноваги зберегли як джгутик, так і мікрворсинки.



Ключова ідея

Рух одноклітинних організмів найчастіше забезпечується джгутиками і псевдоподіями. Псевдоподії є виростами, керованими зсередини взаємодією молекул актину і міозину. Джгутики бактерій — це трубки з білка флагеліну, що обертаються навколо своєї осі. Джгутики еукаріотів складаються з $(9 \cdot 2) + 2$ тубулінових мікротрубочок, які ковзають уздовж одна одної завдяки взаємодії з молекулами динеїну.



Запитання та завдання

1. Як ви гадаєте, чому в одноклітинному світі не набули поширення гігроскопічні, осмотичні, ростові рухи? **2.** У літературі ХХ ст. аксиподії часто розглядалися як різновид псевдоподій. Спробуйте підтвердити або спростувати цю точку зору. **3.** Чи міг еукаріотичний джгутик утворитися зі джгутика давньої бактерії або археї?

§ 15. Рухи м'язів



Поміркуйте

Який зі способів руху одноклітинних організмів найбільш придатний для багатоклітинних тварин?



Згадайте

- Опорно-рухова система
- М'язова тканина
- АТФ

Будова і робота м'язів

Предки багатоклітинних тварин були здатні на два типи рухів: джгутиковий і амебоїдний. Перші тварини намагалися використати обидва. Так, у пластинчастих, реброплавів, війчастих червів численні джгутики (війки) беруть помітну участь у пересуванні. Однак більш ефективним виявилось використання амебоїдного руху. Для цього знадобилося, щоб актинові мікрофіламенти зібралися в міцні паралельні пучки. Клітини, у яких це відбулося, ми називаємо **м'язовими клітинами**, або **міоцитами**, а органи, утворені такими клітинами, — **м'язами**, або **мускулами**.

Типовий м'яз складається з трьох основних частин: голівки, черевця і хвоста. *Черевце* є зосередженням м'язових клітин, скорочення яких забезпечує корисну роботу: руховий акт. *Голівка* і *хвіст* — це кінцеві ділянки,

що з'єднують м'яз із тими частинами тіла, рух яких він забезпечує. Голівка прикріплена до того органа, який під час скорочення м'яза залишається нерухомим, а хвіст — до того, що рухається. У хордових і голівка, і хвіст найчастіше прикріплені до двох різних кісток (двоголовий м'яз плеча, литковий м'яз), однак відомі випадки, коли м'язи прикріплюються до шкіри (мімічні м'язи, сфінктери), хрящів (м'язи гортані), інших м'язових тканин (ціліарний м'яз ока).

Типи м'язової тканини

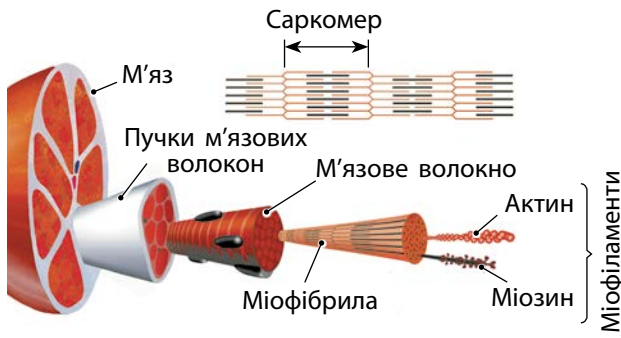
У хребетних розрізняють два основні типи м'язової тканини: *гладеньку*, у якій скоротливі волокна розташовані хаотично, а під час скорочення утворюють об'ємну сітку, та *посмуговану*, у якій вони розташовані упорядковано, утворюючи паралельні пучки. Посмугована тканина у свою чергу поділяється на два підтипи: скелетний і серцевий. Структурними одиницями скелетної посмугової тканини є не звичайні клітини, а багатоядерні **м'язові волокна**, утворені в результаті злиття багатьох клітин.

Структура міоцитів і саркомерів

Як і будь-яка клітина, м'язове волокно містить цитоплазматичну мембрану, або *сарколему*, і цитоплазму, або *саркоплазму*. У цитоплазмі присутні численні мітохондрії (вони забезпечують клітину енергією) та ендоплазматичний, або *саркоплазматичний*, ретикулум (він накопичує йони Кальцію, не-

Типи м'язової тканини

	Гладенька	Серцева посмугована	Скелетна посмугована
Будова клітини			
Кількість ядер	Одне	Одне, рідше два	Багато
Активність	Мимовільна	Мимовільна	Свідома
Розташування	Стінки кровоносних і лімфатичних судин, травного тракту, сечового міхура, матки; шкіра, залози	Скоротливий шар серця — міокард	Усі скелетні м'язи, язик, глотка, гортань, діафрагма, стравохід



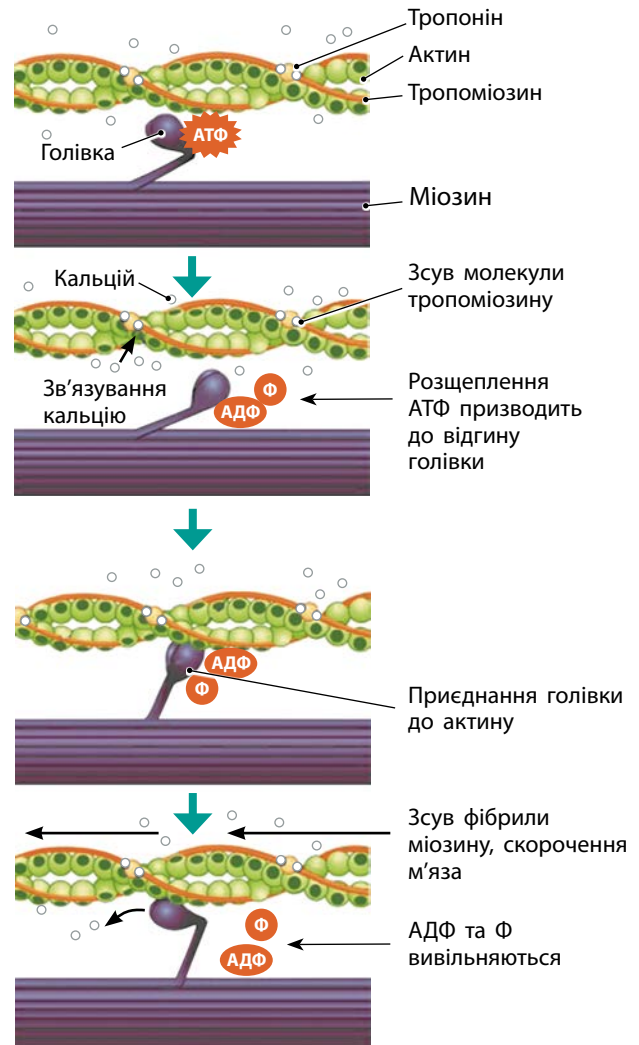
Мал. 15.1. Будова м'язового волокна

обхідні для скорочення). Окрім цього, у цитоплазмі присутні *T-трубочки* — впинання цитоплазматичної мембрани, відповідальні за поширення нервового збудження.

Центральну частину волокна займають *міофібрили* — довгі посмуговані пучки, які складаються з численних *міофіламентів* — окремих ниткоподібних молекул актину і міозину. Міофіламенти кожного типу зібрані в короткі пучки, що розташовані в ряд, один за одним. Філаменти кожного міозинового пучка заходять у проміжки між філаментами двох сусідніх актинових пучків. Ділянка міофібрили, що охоплює один міозиновий пучок і суміжні з ними половинки двох сусідніх актинових пучків, називається *саркомером* (мал. 15.1).

Механізм м'язового скорочення

Кожен міозиновий філамент має дві голівки. Розщепивши молекулу АТФ, голівка зв'язується з актиновим філаментом і штовхає його в бік центру саркомера. Узгоджена робота багатьох міозинових філаментів призводить до посилення взаємопроникнення актинових і міозинових пучків і, відповідно, до скорочення саркомера, м'язового волокна і всього м'яза (мал. 15.2).



Мал. 15.2. Механізм м'язового скорочення

Процес м'язового скорочення регулюється йонами Кальцію, які, вивільнившись із саркоплазматичного ретикулуму, зв'язуються з молекулами білка *тропоніну*. Цей білок змінює розташування волокон *тропоміозину*, які закривають активні центри молекул актину. Це дозволяє голівкам молекул міозину приєднатися до актинового філаменту.



Ключова ідея

М'язові клітини, міоцити, утворюють три типи тканин: гладеньку, скелетну посмуговану і серцеву посмуговану. У кожному міоциті присутні міофібрили, які складаються з пучків актинових і міозинових філаментів. Розщеплюючи молекулу АТФ, голівки молекул міозину приєднуються до молекул актину і тягнуть їх уздовж міофібрили, що забезпечує скорочення м'яза.



Запитання та завдання

1. Доведіть, що м'язовий тип руху є похідним від амебоїдного.
2. Яку роль м'язова тканина відіграє у функціонуванні основних систем органів людини?
3. Як ви гадаєте, що спонукає йони Кальцію до виходу із саркоплазматичного ретикулуму?

§ 16. Рухи рослин



Поміркуйте

Які обмеження накладає на рухливість багатоклітинного організму наявність клітинних стінок?



Згадайте

- Будова кореня, стебла, листка, квітки

Рух у вищих рослин

Вищі рослини — переважно автотрофні організми, для яких джерелом енергії є світло, а джерелами поживних речовин — повітря і ґрунт. Намагаючись збільшити поглинання світла, вуглекислого газу, води та мінералів, рослини набули розгалуженої форми і глибоко занурились у субстрат. Розплатою за це стала втрата здатності до пересування у просторі. У цих умовах необхідність відшукувати оптимально освітлені й насичені водою ділянки та захищатися від ворогів спонукала рослини до пошуку нових способів руху: ростових та тургорних.

Ростові рухи рослин

Ростові рухи — зміни положення частин рослини, зумовлені нерівномірним наростанням клітин у складі певного органа. Подібні рухи поділяються на три великі групи: тропізми, нутації і настії.

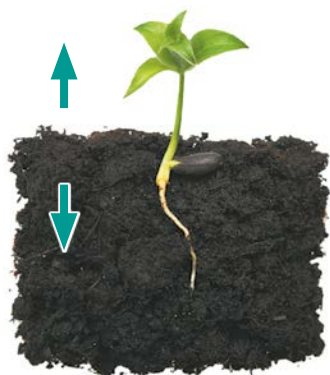
Тропізми — рухи, спрямовані вздовж напрямку дії зовнішнього чинника — світла, тепла, земного тяжіння. Якщо тропізм спрямований у бік посилення стимулу, він називається *позитивним*, якщо навпаки — *негативним*. Розрізняють численні форми тропізмів.

Геотропізм — рух, викликаний силою тяжіння. *Позитивний геотропізм* характерний для коренів, він змушує їх досягати ґрунту і поширюватись у ньому (див. §3). *Негативний геотропізм* властивий пагонам і дозволяє їм рости вгору навіть в умовах, коли насінина ще знаходиться під землею (мал. 16.1).

Фототропізм — рух, викликаний світлом. *Позитивний фототропізм* властивий стеблам (мал. 16.2), а *негативний* — кореням. А от листки схильні орієнтуватися перпендикулярно до напрямку падаючого світла, бо саме так вони вловлюють найбільшу його кількість. Це явище називають *діафототропізмом*.

Хемотропізм — рух, викликаний хімічними речовинами. Він характерний насамперед для коренів, що під час росту згинаються в напрямку збільшення концентрації поживних речовин, наприклад мінеральних солей. Хемотропічні реакції також характерні для пилкових трубок покритонасінних рослин.

Нутації — ростові рухи, що спричиняють ритмічні коливання та скручування органа навколо напрямку дії зовнішнього чинника. У витких і лазячих рослин нутація стебел



Мал. 16.1. Геотропізм стебла і кореня



Мал. 16.2. Випинання пагонів рослин унаслідок фототропізму



Мал. 16.3. Скручування вусика — результат нутації



Мал. 16.4. Приклад ростової настії: закривання суцвіття



Мал. 16.5. Приклад тургорної настії: складання листка мімізи

і вусиків забезпечує пошук опори і закріплення на ній (мал. 16.3).

Настії — рухи, напрям яких не пов'язаний із напрямом дії зовнішнього подразника. *Автонастії* зумовлені нерівномірним ростом клітин у різних частин органа. *Фотонастії* спричинені зміною освітленості (закривання суцвіть кульбаби за похмурої погоди) (мал. 16.4). *Термонастії* пов'язані зі зміною температури (закривання квіток тюльпанів і крокусів на холоді).

Тургорні рухи рослин

Тургор — це напруження клітини, спричинене тиском її вмісту на оболонку. У рослинних клітинах тургор зумовлений насамперед умістом води в центральній вакуолі. Якщо вміст води у вакуолях змінюється, це призводить до зміни обсягу і механічної пружності всієї рослинної клітини. Цей механізм і лежить в основі тургорного руху.

Поширеним прикладом тургорного руху на рівні окремих клітин є розкриття і закриття продихів. Цілі органи рослин також здатні здійснювати тургорні рухи. Вони зазвичай розглядаються як «швидкі настії», оскільки ззовні відрізняються від типових (ростових) настій лише своєю швидкістю. Однак механізми цих явищ абсолютно різ-

ні. У рослин, здатних до тургорних настій, в основі листкових пластинок і черешків присутній *пульвінус* — група клітин, що можуть швидко змінюватись в об'ємі. Наповнюючись водою, пульвінус розтягується, рухаючи одну частину рослини відносно іншої.

Розрізняють декілька типів тургорних настій. *Ніктинастії* — рухи «засинання», спричинені одночасним зменшенням температури й освітленості, які відбуваються вночі (складання листків конюшини). *Тигмонастії*, або *сейсмонастії*, зумовлені дотиком, струсом або іншим механічним впливом на органи рослини (складання листочків мімізи та венериної мухоловки) (мал. 16.5). *Хемонастії* спричинені зміною концентрації хімічних речовин (рухи листків росички після потрапляння на них комах).

ПР

Практична робота

Ростові рухи рослин на прикладі проростків насіння

1. Здійснить пророщування насіння квасолі, помістивши її в горизонтально розташовану скляну трубку, відкриту з обох боків.
2. Простежте напрями росту пагона і кореня до виходу з трубки та після нього.
3. Поясніть свої спостереження.



Ключова ідея

Ростові рухи поділяються на тропізми, спрямовані вздовж дії певного фактора, нутації, що призводять до коливання навколо вісі, і настії, напрям яких не залежить від напряму дії стимулу. До осмотичних рухів належить розкриття продихів, захисні рухи, а також рухи хижих рослин.



Запитання та завдання

1. Чому в рослинному світі не набув поширення м'язовий спосіб руху? **2.** Які анатомічні дослідження слід провести для того, щоб визначити, до якого типу належить рух певної рослини? **3.** У чому полягає функціональна відмінність між тигмонастіями мімізи та венериної мухоловки?

§ 17. Рухи тварин



Поміркуйте

У чому принципова різниця між способами поширення багатоклітинних тварин і вищих рослин?



Згадайте

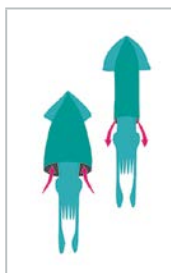
- Будова опорно-рухової системи в різних групах тварин
- Гомологічні і аналогічні органи

Локомоторні рухи тварин

Тварини, як правило, активно здійснюють розселення, тобто пошук і заселення нових територій, за допомогою локомоції. Усі локомоторні рухи багатоклітинних тварин забезпечуються м'язовими скороченнями. Але за способом фізичної взаємодії з навколишнім середовищем вони є вкрай різноманітними.

Плавання

	<p>Спосіб руху: ритмічним рухом гребних виступів (плавців)</p> <p>Приклади: риби, морські черепахи, пінгвіни, китоподібні, тюлені під час переміщення в товщі води та водні птахи (качки, пелікани) під час плавання на поверхні водойм</p>
	<p>Спосіб руху: вигинами всього тіла</p> <p>Приклади: вугрі, мурени та інші риби, хвостаті земноводні, морські змії</p>
	<p>Спосіб руху: хвилеподібним коливанням плавців</p> <p>Приклади: електричний вугор, камбала, морський коник, спиноріг</p>





Спосіб руху: реактивний (шляхом виштовхування певного об'єму води в напрямку, що протилежний напрямку руху)

Приклади: медузи, сифонофори, кальмари, деякі покривники

Рух на твердій опорі

<p>Ходьба</p>	<p>Спосіб руху: шляхом ритмічної зміни кінцівок, на які спирається тіло</p> <p>Приклади: комахи (під час ходьби в кожний момент на субстрат спираються три ноги), саламандри, плазуни і ссавці (на субстрат спираються дві ноги), людина, що перейшла до <i>прямоходіння</i> (на субстрат спирається лише одна нога), водні тварини, що рухаються <i>по дну</i> водойм (голозяберні молюски, голкошкірі, поліхети)</p>
<p>Біг</p>	<p>Спосіб руху: шляхом чергування фаз опори на поверхню та повного відриву від неї. Кінцівки, на які здійснюється опора, по чергово змінюються</p> <p>Приклади: ссавці, деякі птахи (страус) і плазуни (василіск)</p>
<p>Стрибки</p>	<p>Спосіб руху: подібний до бігу, але тіло приземляється на ті ж самі кінцівки, якими воно відштовхнулося від землі</p> <p>Приклади: птахи (горобці, дятли, галки), безхвості земноводні (жаби), ссавці (кенгуру, тушканчики, зайці)</p>
<p>Брахіація</p>	<p>Спосіб руху: крокуючий рух у висячому положенні, з чіплянням кінцівками до розташованої згори опори (як правило, гілки дерева)</p> <p>Приклади: примати (лемури, гібони, орангутани)</p>



<p>Повзання</p> 	<p>Спосіб руху: почерговою зміною ділянок тіла, на які спирається тварина. Залежно від характеру руху виокремлюють такі типи повзання, як витке (див. мал.), пружне (за типом «гармошки») та крокуюче (бічний хід з почерговою опорою на передній і задній кінці тіла)</p> <p>Приклади: черви, личинки комах, безногі земноводні, змії</p>
<p>Ковзання</p> 	<p>Спосіб руху: на відміну від повзання, не потребує значної зміни форми тіла. Замість цього його нижня поверхня утворює численні дрібні випини, що працюють як тимчасові кінцівки</p> <p>Приклади: черевоногі молюски (випини утворюються скороченими ділянками м'язової ноги), деякі змії (функцію опори виконують черевні луски)</p>

Політ



<p>Махальний політ</p> 	<p>Спосіб руху: тварина постійно підштовхує себе крилами, здійснюючи ними махальні рухи</p> <p>Приклади: комахи, птахи і кажани; у далекі часи цей спосіб також опанували птерозаври</p>
<p>Ширяючий політ</p> 	<p>Спосіб руху: підтриманням свого тіла в повітрі без ритмічних рухів</p> <p>Приклади: орли, грифи, чайки (ширяться здійснюється між фазами махального польоту); летючі дракони, летяги, шерстокрилі (ширяться стрибком, довжина якого збільшується завдяки додатковій опорі на повітря)</p>



Ключова ідея

Активний рух багатоклітинних тварин забезпечується м'язовими скороченнями і проявляється у формі плавання, польоту, риття та руху на твердій поверхні. Пасивний рух відіграє певну роль у поширенні запліднених яєць, личинок, мальків, а також дрібних і малорухливих тварин.

Риття

	<p>Спосіб руху: штовхальними або обертальними рухами переднього кінця тіла</p> <p>Приклади: дощовий черв'як</p>
	<p>Спосіб руху: рухами кінцівок</p> <p>Приклади: комахи (вовчок), ссавці (кріт, сліпак, голий землекоп)</p>

Пасивні рухи тварин

Пасивний рух у багатоклітинних тварин має другорядне значення і використовується переважно для поширення яєць, личинок, а також малорухливих або дрібних істот. На великі відстані переносяться течіями компоненти зоопланктону (личинки ракоподібних та голкошкірих, мальки риби). Запліднені яйця коловерток, дафній, тихоходів переносяться повітрям. У деяких жалких, що плавають у поверхні води, утворюються своєрідні повітряні пухирі та складки, які виконують функцію вітрил (фізалія, велелла).



Практична робота

Дослідження залежності між типом руху організму і будовою його тіла

1. Розгляньте на зображеннях, наданих учителем, будову передніх кінцівок сарни, крота, дельфіна, гібона.
2. Поясніть, які особливості будови цих органів пов'язані зі способом пересування.
3. На підставі спостережень складіть та заповніть таблицю.

Вид тварини	Основний спосіб пересування	Особливості будови передніх кінцівок



Запитання та завдання

1. Порівняйте будову та функціонування крил комах, птахів та кажанів.
2. Гусениця п'ядуна крокує по гілці, почергово прикріплюючись до неї переднім та заднім кінцем тіла. Який спосіб руху тут спостерігається?
3. Чому пасивний рух відіграє значну роль у житті дрібних риби, але не великих?

§ 18. Поширення організмів унаслідок окультурення й одомашнення



Поміркуйте

Чому дикі предки свійських тварин не мали таких величезних ареалів, які мають їхні нащадки?



Згадайте

- Сорт
- Порода
- Еволюція
- Відбір

Одомашнення культурних рослин

Одомашнення — це процес змін популяцій рослин або тварин, завдяки якому вони стають пристосованими до утримання в неволі й використання їх людиною. Стосовно рослин часто використовують термін *окультурення*, яке є синонімом терміна *одомашнення*. Одомашнення відбувається з метою отримання від рослин і тварин продуктів харчування, промислової продукції (шкіра, волокно тощо) або задля інших цілей (транспорт, охорона та ін.). Більша частина видів була одомашнена в період від 12 до 2 тисяч років тому.

Одомашнення рослин людиною відбувалося в різних регіонах нашої планети незалежно один від одного. Необхідними передумовами цього процесу були:

- сприятливі кліматичні умови;
- наявність дикорослих видів рослин із потрібними людині властивостями;
- достатня кількість населення;
- певні соціальні умови для можливості утворення осілих поселень.

Наприклад, клімат низки регіонів Австралії є дуже сприятливим для вирощування зернових. Але всі австралійські види злаків мають надто дрібне насіння. І вирощувати їх для отримання зерна немає сенсу. Та після того, як у цю країну привезли зерна злаків із Європи, ситуація змінилася і Австралія стала одним зі світових лідерів із виробництва зерна.

З вищезазначених причин кількість центрів походження рослин була обмеженою. Виявив їх видатний учений, генетик і селекціонер М. І. Вавилов.

Центри походження культурних рослин

Найдавнішим центром походження культурних рослин вважають регіон «Родючого півмісяця», названого так за формою його географічних контурів. Перехід до вирощування культурних рослин стався там приблизно 10–12 тисяч років тому. Усі інші центри походження рослин виникли пізніше.

Слід зазначити, що деякі види рослин мають складну історію окультурення і декілька центрів походження.

Поширення культурних рослин

Різні цивілізації протягом свого існування взаємодіяли між собою. При цьому вони обмінювалися рослинами та агротехнологіями, завдяки чому види культурних рослин поширилися на великих територіях. Та не завжди такий обмін був вдалим, особливо в давні часи. Для росту рослин надзвичайно важливою є довжина світового дня, до якої вони пристосовані. І адаптація до інших умов відбувається важко і займає тривалий час. Тому обмін культурними рослинами набагато легше відбувався в широтному напрямку (наприклад, між Китаєм та Середземноморським регіоном, а не між регіонами Центральної та Південної Америки).

Сучасна селекція досить успішно долає перешкоди на шляху поширення рослин. Саме тому кава, яка походить з Африки, уже давно стала одним з основних продуктів вирощування в американських країнах. А какао, яке родом із Америки, є важливим продуктом африканського експорту.

Одомашнення і поширення тварин

Одомашнення тварин порівняно з одомашненням рослин мало певні особливості. Найімовірніше, процес одомашнення тварин здійснювався двома шляхами. Перший — класичне утворення мутуалістичних взаємовідносин між двома видами. Такі зв'язки часто виникають у природних екосистемах. Другий — цілеспрямоване приручення людиною тварин для одержання від них певних продуктів (м'яса, шерсті тощо).



Основні центри походження культурних рослин

Назва центру	Місце розташування	Рослини, які походять із цього центру
Східноазійський	Китай	Просо, соя, мандарин, ліщина, волоський горіх
Індо-малайський	Малайський архіпелаг, Філіппіни, Індокитай	Банан, кокосова пальма, помаранча, чорний перець, рис
Індійський	Індія, М'янма	Баклажан, лимон, манго, гречка, огірок
Середньоазійський	Частина Пакистану, Афганістан, Таджикистан, Узбекистан	Диня, цибуля городня, часник, конопля
Передньоазійський («Родючий півмісяць»)	Мала Азія, Сирія, Ізраїль, Єгипет	Пшениця, полба, жито, ячмінь, горох, слива, груша, фінікова пальма, льон, інжир
Середземноморський	Балкани, Греція, Італія	Оливкове дерево, виноград, гірчиця, капуста, морква, буряк, кріп
Ефіопський	Ефіопія, Судан, Еритрея	Сорго, кава, кавун, кола, кунжут
Центрально-американський	Центральна Америка, Антильські острови	Кукурудза, какао, батат, соняшник, тютюн
Південно-американський	Гірські області Колумбії, Еквадору, Перу, Болівії	Картопля, помідор, арахіс, ананас, гевея

Першим способом одомашнювали собак і котів. Цей процес із собаками відбувався приблизно 10 тис. років тому на території Азії, з котами — трохи пізніше. Останні зайняли нішу «мисливців на гризунів», коли в Передньоазійському центрі походження рослин почали створювати запаси зерна. Ці запаси стали об'єктом нападу гризунів і, відповідно, причиною одомашнення котів.

Інші домашні тварини приручалися людиною цілеспрямовано в період від 8 до 2 тис. років тому. Більшість домашніх тварин було одомашнено на території Євразії в тих самих місцях, де розміщувалися центри походження культурних рослин. Тільки індики, мускусні качки, морські свинки і ламы були одомашнені в Америці.

Поширення домашніх тварин відбувалося завдяки торговельним контактам між жителями різних регіонів. Так, приблизно 4 тис. років

тому до Австралії потрапила собака динго, яка потім здичавіла, хоча і підтримує певну взаємодію з місцевими аборигенами. Крім того, люди брали із собою тварин на нові місця, коли здійснювали переселення. Саме так на острови Тихого океану з хвилею полінезійської колонізації потрапили собаки, кури і свині.

ПР

Практична робота

Напрямки та результати одомашнення

1. Розгляньте на зображеннях, наданих учителем, зовнішній вигляд тяглового коня, корови, вівчарки, чіуахуа, домашньої курки. Які ознаки цих тварин пов'язані з одомашненням?
2. Чому тварин обирали саме за цими ознаками?
3. На підставі спостережень складіть та заповніть таблицю за такими стовпцями: «Вид тварини, порода або група порід», «Особливості будови порівняно з дикими родичами», «Мета штучного добору».



Ключова ідея

Людина сприяла поширенню по всій землі потрібних їй видів тварин і рослин. Центри походження культурних рослин і домашніх тварин співпадають із найдавнішими центрами людської цивілізації. Насамперед це Передня Азія («Родючий півмісяць»), Індія, Китай, Центральна та Південна Америка.



Запитання та завдання

1. З якою метою, окрім харчування, людина вирощує рослини? 2. Чим зумовлене різноманіття порід великої рогатої худоби? коня? собаки? 3. Для яких тварин первинна причина одомашнення і сучасне використання людиною є суттєво різними?

§ 19. Міграції тварин



Поміркуйте

Які переваги та недоліки має постійне проживання тварини на одній просторово обмеженій ділянці ландшафту?



Згадайте

- Ареал
- Популяція
- Прохідні риби
- Перелітні птахи

Міграції тварин: причини, способи і шляхи

Більшість тварин постійно перебуває в русі. В *осілих* видів індивід або група індивідів (зграя) кожен день рухається за власною траєкторією, що пролягає в межах ареалу. Але в деяких випадках великі групи тварин вдаються до узгоджених подорожей — міграцій.

Міграції — переміщення значної частини популяції між суттєво відмінними середовищами існування. Вони можуть відбуватись пасивно, під дією зовнішніх чинників (течій, вітрів тощо) або ж за рахунок цілеспрямованої рухової активності тварин. Активні міграції спричинюються необхідністю пошуку корму, оселищ (птахи), ділянок, придатних для сплячки (змії, кажани), розмноження та виведення потомства (лососі, ропухи, морські черепахи).

Нерегулярні міграції, або **кочівлі**, не мають чітко визначеної періодизації та напрямку переміщення. Вони характерні для багатьох комах, плазунів, копитних (антилоп,



Мал. 19.1. Метелик монарх — рекордист із дальності перельоту серед комах



Мал. 19.2. Горбуші (анадромні риби) під час міграції до місць нересту

оленів, сарн). **Регулярні міграції** відбуваються під впливом добових або сезонних явищ і мають чіткі напрямки. *Добові міграції*, наприклад вертикальні переміщення планктону в товщі океану, є, як правило, недалекими. А от *сезонні міграції*, як-от перельоти птахів, можуть охоплювати відстані у десятки тисяч кілометрів. Для здійснення таких міграцій тваринам необхідний механізм відчуття напрямку — **біонавігація**. Цей механізм дозволяє здійснювати орієнтацію за сонцем, зірками, магнітним полем землі, хімічними сигналами (запахами, складом води).

Сезонні міграції відомі в багатьох видів метеликів. Найдовші перельоти здійснює метелик монарх, який кожної осені мігрує з Канади до Мексики, долаючи відстані до 4000 км (мал. 19.1). Аналогічні міграції здійснюють і деякі бабки, наприклад дозорець зелений. А для деяких видів сарани характерні масові, але нерегулярні міграції на відстань до 300 км, спричинені нестачею корму.

Міграції риб також можуть бути пов'язані із сезонними явищами. Так, тунці щорічно мігрують із півночі на південь і назад слідом за змінами температури води. Деякі риби здійснюють міграції з метою розмноження, бо їхня молодь здатна розвиватися в умовах, дуже відмінних від тих, що сприятливі для дорослих. Так звані *анадромні* види живуть у морях, але розмножуються у прісній воді (горбуша, лосось, райдужна форель, європейський осетер) (мал. 19.2). У багатьох анадромних видів міграція до місця розмно-



ження відбувається лише один раз у житті: подолавши величезні відстані, рухаючись до місця розмноження проти сильної течії, перестрибуючи річкові пороги і водоспади, знесені риби гинуть відразу після нересту.

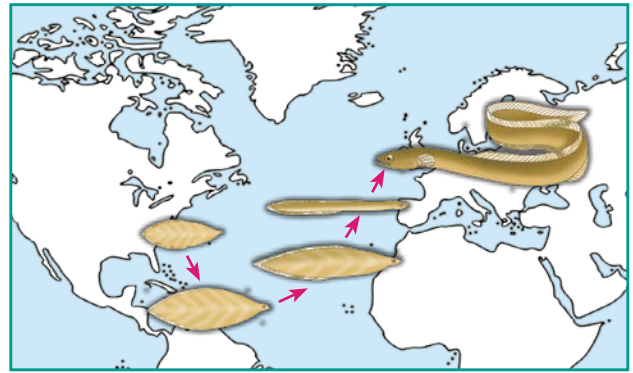
Інші, *катадромні* види, навпаки, живуть у прісних водах, а розмножуються в морі (європейський вугор, річкова камбала) (мал. 19.3).

Міграції птахів, або *перельоти*, пов'язані із сезонною зміною кліматичних, а отже, і кормових умов. Полярний крячок щороку мігрує від Арктики до Антарктики, долаючи відстань 40 000–90 000 км, а малий грицик пролітає 11 000 км без жодної зупинки. Але більшість птахів мігрує на менші відстані: із помірних регіонів до тропічних (лелеки, ластівки, бджолоїдки) або лише з північних регіонів Європи до південних, де водойми не замерзають (качки, гуси, лебеді).

Міграції савців переважно пов'язані з пошуком корму, зумовленим нестачею рослинної їжі протягом холодного сезону. До нерегулярних кочівель здатні багато видів гризунів, наприклад лемінги. Далекі сезонні міграції здійснюють кажани і копитні (північний олень, антилопа гну). Сезонні явища в океанах змушують до далеких міграцій ластоногих та китоподібних: сірі кити щороку пропливають 12 000 км — від Каліфорнії до Арктичних широт.

Вплив людської діяльності на міграційні процеси

Людина, змінюючи умови навколишнього середовища, може значно вплинути на міграційні процеси. Види, що в природних умовах змушені мігрувати в пошуках більш сприятливих умов, переходять до осілості, бо поблизу людського житла вони знаходять усі необхідні ресурси навіть узимку. Так, дрізд чорний, крижень, деякі види кажанів формують у містах осілі популяції, а граки в південній частині ареалу поступово стали



Мал. 19.3. Міграції європейського вугра (катадромної риби)

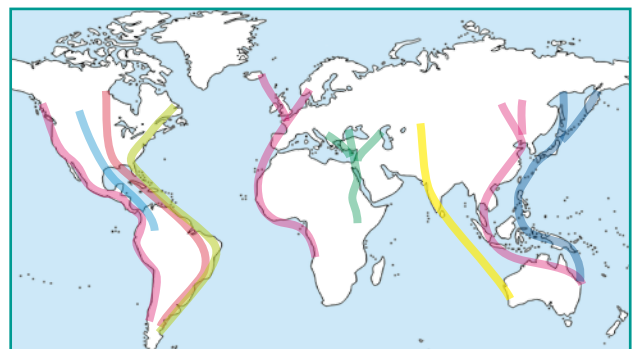
осілими птахами. Сприятливі умови населених пунктів змушують осілих лісових птахів мігрувати до міст кожної зими (повзик, блакитна синиця), а перелітних — прокладати маршрути через міста (омелюх).

ПР

Практична робота

Дослідження шляхів міграції мічених тварин

1. Розгляньте на мапі основні напрямки сезонних міграцій птахів (мал. 19.4).
2. Поміркуйте, чим зумовлене переважання напрямку міграції південь-північ.
3. Чим пояснюються існуючі відхилення від цього напрямку?



Мал. 19.4. Основні напрямки сезонних міграцій птахів



Ключова ідея

Тварини вдаються до міграції в пошуках місць, сприятливих для живлення, сплячки або виведення потомства. Необхідність мігрувати пов'язана насамперед із сезонними явищами. Найвіддаленіші міграції здійснюють птахи і китоподібні.



Запитання та завдання

1. Чому багато видів птахів мігрують до міст саме взимку, вважаючи за краще влітку повертатися до природних екосистем? 2. Які види амфібій і рептилій здатні до міграцій? З яких причин? 3. Чому деякі денні птахи здійснюють перельоти вночі?

§ 20. Саморегуляція біологічних систем



Поміркуйте

Яке значення має саморегуляція для живих організмів?



Згадайте

- Гомеостаз
- Рівні організації біологічних систем

Поняття саморегуляції

Будь-яка жива система починаючи від клітини й закінчуючи біогеоценозом постійно зазнає впливу ззовні різноманітних факторів. Змінюються температурні умови, вологість, закінчується їжа або посилюється міжвидова конкуренція. При цьому життєздатність будь-якої системи залежить від її вміння підтримувати свій склад на постійному рівні.

Як ви пам'ятаєте, для кожного окремого організму важливо підтримувати *гомеостаз* — сталість внутрішнього середовища. Для більших біосистем, наприклад біоценозів, важливо зберегти певне співвідношення між організмами, що складають трофічні рівні, інакше порушиться баланс обміну речовин і енергії.

Саме для підтримки постійного складу біосистем існують чисельні механізми саморегуляції. **Саморегуляція** — це властивість систем зберігати внутрішню стабільність на певному, відносно сталому рівні. Саморегуляція є однією з найважливіших властивостей живих систем.

Саморегуляція на різних рівнях біологічних систем

На різних рівнях організації живої матерії — від молекулярного до надорганізмowego — існують конкретні механізми саморегуляції.

Прикладом саморегуляції на **молекулярному рівні** є ферментативні реакції, у яких кінцевий продукт впливає на активність ферментів, що каталізують ці реакції.

Приклади саморегуляції на **клітинному рівні** — самозбирання клітинних мембран із молекул ліпідів, регуляція етапів клітинного циклу.

На **надклітинному рівні** саморегуляція здійснюється як організація клітин в упорядковані асоціації — тканини.

Більшість органів здатні до **внутрішньорганної саморегуляції** функцій; наприклад, серце здатне до автоматії — ритмічного скорочення без зовнішніх подразників під впливом імпульсів провідної системи серця.

На **організмовому рівні** ефективно взаємодіють нервові, гуморальні й гормональні механізми саморегуляції, за допомогою яких у ссавців устанавлюються й підтримуються на певному рівні показники внутрішнього середовища — температура, кров'яний та осмотичний тиск, рівень цукру в крові тощо.

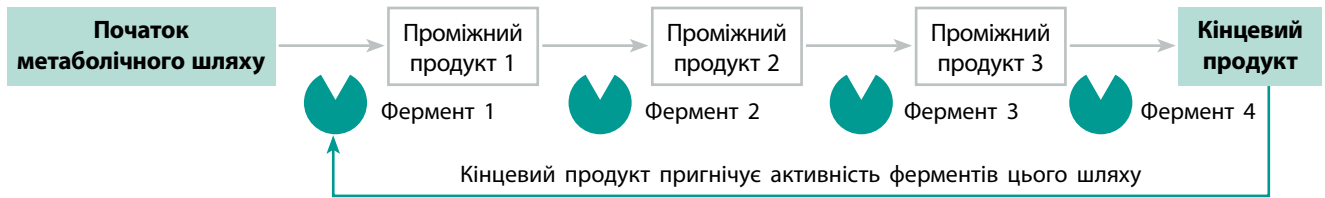
Різнманітні прояви й механізми саморегуляції на **видовому рівні** добре відстежуються в популяціях. Це регуляція чисельності популяцій, співвідношення статей у них, темпи старіння й народжуваності особин.

До **надвидових систем** належать біоценози й екосистеми. Це великі стійкі системи, деякі з них існують без видимих змін сотні й тисячі років. Міжвидові взаємодії регулюють чисельність різних видів, що входять до складу угруповання.

Принцип зворотного зв'язку

Процеси, що відбуваються на кожному з рівнів організації біологічних систем, різняться масштабною, джерелами енергії й своїми результатами, але вони є схожими за суттю. Вони ґрунтуються на однакових методах саморегуляції систем. Насамперед це **механізм зворотного зв'язку**.

Механізм зворотного зв'язку полягає в тому, що система отримує певний відгук на результати свого функціонування, який визначає, що системі робити далі. Наприклад, у голодної тварини виділяються травні ферменти, що подразнюють шлунок і спонукають шукати здобич; у кров виділяється адреналін, який підвищує фізичну активність і допомагає полюванню. Після їжі



Мал. 20.1. Негативний зворотний зв'язок у регуляції метаболічного шляху

виділяються речовини, що викликають почуття задоволення, і ця «нагорода» знижує пошукову активність. Таким чином, зворотний зв'язок керує системою залежно від її стану.

Саморегульовані системи — це системи зі зворотним зв'язком, здатні реагувати на зовнішні й внутрішні зміни, зберігаючи стан динамічної рівноваги.

Зворотний зв'язок може бути позитивним і негативним. У разі **негативного зворотного зв'язку** результати процесу вповільнюють або зупиняють процес.

За принципом негативного зворотного зв'язку в клітинах регулюється активність ферментів. Прикладом може бути пригнічення метаболічного шляху кінцевим продуктом (мал. 20.1). За типом негативного зворотного зв'язку здійснюється нервова і гуморальна регуляція гомеостазу, завдяки якій підтримується температура тіла, постійна концентрація CO_2 , глюкози тощо. Наприклад, підвищення температури активує механізми терморегуляції, спрямовані на її зниження, і навпаки (мал. 20.2).

У популяціях негативні зворотні зв'язки забезпечують гомеостаз чисельності. Приміром, чим більше їжі, тим більшою стає чисельність популяції. За необмеженої кількості їжі цей ріст міг би бути нескінченним, але нестача їжі призводить до його зупинки. Цей зв'язок є негативним. Завдяки йому чисельність популяції коливається навколо відносно постійного значення.

У разі **позитивного зворотного зв'язку** результати процесу ще більше посилюють цей процес.

Ключова ідея

Саморегуляція — властивість систем зберігати внутрішню стабільність на певному, відносно сталому рівні. Конкретні механізми саморегуляції існують на різних рівнях організації живого — від молекулярного до надорганізмового.

За принципом позитивного зворотного зв'язку відбувається регуляція зсідання крові. Навколо ушкодженої кровоносної судини концентруються тромбоцити. Вони вивільнюють хімічні речовини, що «приваблюють» на місце події нові тромбоцити. Процес посилюється, доки не утвориться тромб. Ще одним прикладом є дозрівання плодів. Стиглі плоди виділяють етилен — газ, який є гормоном у рослин. Під його дією інші плоди також дозрівають й у свою чергу виділяють етилен.

Іноді позитивний зворотний зв'язок грає негативну роль. Завдяки його впливу посилюється імунна відповідь під час запалення, коли активується все більше нових порцій імунних клітин. У результаті каскад реакцій може стати неконтрольованим, викликаючи руйнування в осередку запалення, поширюючись на сусідні тканини й охоплюючи весь організм.



Мал. 20.2. Негативний зворотний зв'язок у процесах терморегуляції

Запитання та завдання

1. Наведіть конкретні приклади саморегуляції на різних рівнях біологічних систем.
2. Чи існує взаємозв'язок саморегуляції на різних рівнях таких систем? Доведіть або спростуйте свою думку.

§ 21. Саморегуляція на молекулярному рівні



Поміркуйте

Для чого клітина регулює швидкість роботи ферментів?



Згадайте

- Ферменти
- Метаболічні шляхи
- Каталітичний центр ферменту
- Алостерична регуляція

Загальні шляхи регуляції активності ферментів

Регуляція активності ферментів спрямовує всі клітинні процеси. Ферменти здатні реагувати на внутрішній стан клітини й на зовнішні фактори, що впливають на неї. Така чутливість ферментів дає змогу відреагувати на зміни навколишнього середовища, пристосувати клітину до нових умов, дати відповідь на гормональні сигнали.

Рівень активності ферментів регулюється двома шляхами: контролем кількості ферменту й контролем його активності. **Кількість ферменту** визначається співвідношенням швидкостей його синтезу й розпаду. Інтенсивність синтезу ферменту регулюється на етапах експресії гена цього ферменту (докладніше див. § 22).

Контроль **активності ферменту** здійснюється шляхом *алостеричної регуляції* (взаємодії з певними речовинами, що змінюють конформацію активного центру), *хімічної модифікації* (приєднанням певних хімічних груп) або *обмеженим протеолізом* (відщепленням пептидних фрагментів).

Доступність субстрату

Одним із простих способів регуляції активності ферментів є **зміна концентрації субстратів реакції**. Як ви знаєте, швидкість, із якою речовини реагують між собою, залежить від їхньої концентрації. Чим більше молекул субстрату є в наявності, тим швидшим стає процес. При насиченні всіх молекул

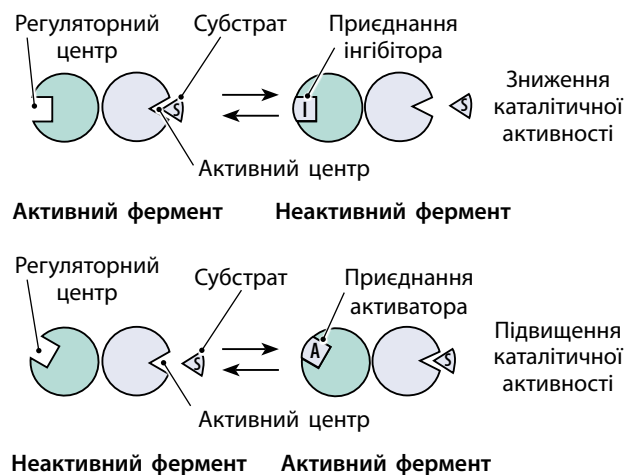
ферменту субстратом швидкість реакції стає максимальною. Наприклад, для циклу трикарбонових кислот таким субстратом виступає оксалоацетат. Наявність оксалоацетату «підштовхує» реакції циклу.

Алостерична регуляція

Алостерична регуляція ферментної активності базується на зміні третинної структури молекул ферменту. Ця зміна відбувається внаслідок приєднання до ферменту молекули іншої речовини.

Алостеричні ферменти мають два активні центри: каталітичний і алостеричний. До алостеричного центру приєднується молекула речовини-ефектора. Це змінює конформацію білка й, відповідно, його ферментну активність (мал. 21.1).

Алостерична регуляція може бути як позитивною, так і негативною. Позитивними регуляторами (активаторами) можуть бути молекули, що передають сигнал (зокрема, гормональний) з клітинних рецепторів усередину клітини (докладніше див. § 22). Негативним регулятором (інгібітором) може бути кінцевий метаболіт біохімічного процесу або продукт цієї реакції, тобто діє механізм негативного зворотного зв'язку (мал. 20.1).



Мал. 21.1. Загальний принцип алостеричної регуляції



Хімічна регуляція

На активність ферментів можна вплинути шляхом їхньої хімічної модифікації. **Хімічна модифікація** здійснюється приєднанням до амінокислот білка певних груп: фосфатної групи, залишку жирної кислоти, вуглеводних компонентів. Приєднання додаткових хімічних груп суттєво впливає на структуру ферменту, а отже, і на його ферментативну активність.

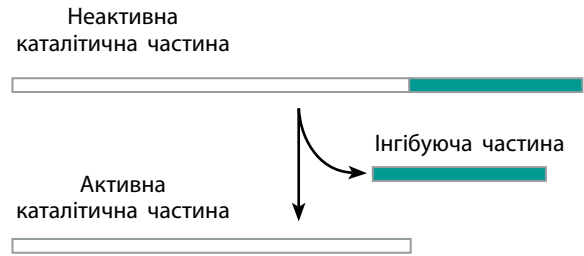
Найбільш поширений спосіб змінити властивості білків — це **фосфорилування** й **дефосфорилування** (приєднання або від'єднання залишку ортофосфатної кислоти). Наприклад, фосфорилування інгибує фермент глікогенсинтазу (знижується синтез глікогену), але активує ліпазу (посилюється розпад ліпідів). Фосфорилування певних білків активує скорочення м'язів.

Обмежений протеоліз

Обмежений (частковий) протеоліз передбачає, що синтез деяких ферментів здійснюється у вигляді більшого попередника — **проферменту**. Фермент активується шляхом відщеплення від нього одного або кількох пептидних фрагментів. Тоді в частині молекули, що залишилася, відбувається конформаційна перебудова й формується активний центр (мал. 21.2). Фермент стає активним.

Прикладом є активація протеолітичних ферментів шлунково-кишкового тракту (трипсиногену, пепсиногену), факторів системи зсідання крові (фібриногену), лізосомальних ферментів, пептидних гормонів (інсуліну). Наприклад, неактивний трипсиноген, синтезований у підшлунковій залозі, надходить у кишечник, де відбувається його обмежений протеоліз. У результаті утворюється активний трипсин.

Такий механізм захищає організм від ушкоджень (наприклад, щоб слизова підшлункової залози не зруйнувалася під дією трипсину) або зберігає білок до моменту, коли



Мал. 21.2. Активація ферменту обмеженим протеолізом

знадобиться його активність (під час згортання крові).

Метаболічні ланцюги

Зазвичай ферментативні реакції в клітині об'єднані в метаболічні ланцюги або цикли.

У кожного метаболічного ланцюга є **ключовий фермент**, який визначає швидкість усього ланцюжка реакцій. Як правило, ключові ферменти є першими в ланцюжку. Найчастіше це алостеричні ферменти. Вони інгибуються кінцевими продуктами (мал. 20.1, с. 43) і можуть активуватись молекулами вторинних посередників (докладніше див. § 22). У такий спосіб регулюється швидкість усього метаболічного шляху.

Також функціонування клітини забезпечується просторовою регуляцією метаболічних шляхів. Цей тип регуляції пов'язаний із локалізацією певних ферментів у різних органелах: у ядрі містяться ферменти синтезу ДНК і РНК, у цитоплазмі — ферменти гліколізу, у мітохондріях — ферменти циклу трикарбонових кислот. Найвищий рівень просторової організації спостерігається, коли ферментні комплекси пов'язані з мембранами. У такому разі речовини, що перетворюються, послідовно пересуваються вздовж ланцюга ферментів. Приклади таких комплексів — АТФази і переносники електронів у мембранах хлоропластів і мітохондрій. Чітка просторова локалізація ферментів у клітині забезпечує їх узгоджену діяльність.

Запитання та завдання

1. Алостеричні ферменти найчастіше мають четвертинну структуру: складаються з декількох субодиниць. Чому? 2. Як ви вважаєте, які з розглянутих способів регуляції активності ферментів є оборотними, а які — необоротними?



Ключова ідея

Регуляція активності ферментів спрямовує всі клітинні процеси. Рівень ферментної активності регулюється двома шляхами: контролем кількості ферменту й контролем його активності.

§ 22. Саморегуляція на клітинному рівні

? Поміркуйте

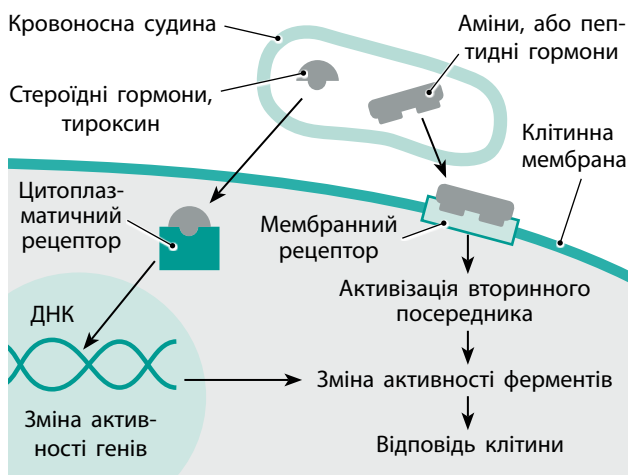
Яке значення має саморегуляція на клітинному рівні? Доведіть свою думку.

← Згадайте

- Промотор
- Термінатор
- Оператор
- Оперон
- Інтрони
- Екзони
- Сплайсинг
- Мембранний потенціал
- Апоптоз
- Клітинний цикл
- Натрій-калієвий насос

Внутрішньоклітинна сигналізація

Внутрішньоклітинна сигналізація необхідна для передачі зовнішніх сигналів до клітинних структур. Так, наприклад, клітина сприймає сигнали гормонів або нейромедіаторів. Гормони або нейромедіатори називаються **первинними посередниками**. Вони взаємодіють із рецепторами на поверхні клітин. У відповідь у цитоплазмі клітин утворюються **вторинні посередники** — регу-



Мал. 22.1. Схема внутрішньоклітинної сигналізації

ляторні молекули, які «підхоплюють естафету» і передають сигнал уже на клітинні структури. За участі вторинних посередників (циклічний АМФ, циклічний ГМФ, Ca^{2+} , NO та ін.) у клітині активуються різні процеси. Це зумовлює клітинну відповідь: експресію певних генів, секрецію речовин, ріст, поділ, апоптоз та інші процеси (мал. 22.1).

Приклади індукції і репресії у прокаріотів

Індукція	Репресія
<p>Лактозний оперон <i>E. coli</i> містить гени трьох ферментів, які важливі для засвоєння лактози. За відсутності лактози транскрипція блокується білком-репресором, який пов'язаний з оператором.</p> <p>Промотор Оператор 1 2 3 Термінатор</p> <p>Структурні гени</p>	<p>Триптофановий оперон <i>E. coli</i> містить гени п'яти ферментів, які беруть участь у синтезі амінокислоти триптофана.</p> <p>Промотор Оператор 1 2 3 4 5 Термінатор</p> <p>Структурні гени</p>
<p>Коли в клітині з'являється лактоза, вона зв'язується з білком-репресором. Білок-репресор змінює конформацію і від'єднується від оператора. Шлях для РНК-полімерази відкривається, і відбувається транскрипція. У результаті синтезуються всі три ферменти.</p> <p>Промотор Оператор 1 2 3 Термінатор</p> <p>Структурні гени</p>	<p>Настає момент, коли концентрація триптофану в клітині стає високою і синтез треба призупинити. Триптофан зв'язується з білком-репресором, який при цьому змінює конформацію. Весь комплекс зв'язується з оператором і блокує транскрипцію.</p> <p>Промотор Оператор 1 2 3 4 5 Термінатор</p> <p>Структурні гени</p>



Регуляції експресії генів

Як ви знаєте, у структурі гена є *промотор* і *термінатор* — ділянки початку і закінчення транскрипції.

У **прокаріотів** гени об'єднані в *оперони* — структури з декількох генів зі спільними промотором і термінатором. Продукти генів синтезуються всі разом і в однаковій кількості. У прокаріотів є також *оператор* — ділянка, яка регулює експресію гена. Якщо оператор заблокований, то РНК-полімераза не може рухатися вздовж гена і транскрипція не відбувається. Регуляція транскрипції в прокаріотів відбувається за механізмами *індукції* та *репресії*.

В **еукаріотів** регуляція експресії генів залежить від активаторів генної активності (так званих транскрипційних факторів). До регуляції транскрипції залучаються додаткові ділянки геному — *енхансери* і *сайленсери*. Енхансери після зв'язування з ними певних білків стимулюють транскрипцію, а сайленсери пригнічують її. Також транскрипція регулюється *конденсацією* і *деконденсацією хроматину* (щільно конденсований хроматин неактивний).

На етапі дозрівання мРНК *альтернативний сплайсинг* зумовлює синтез різних мРНК і, відповідно, синтез різних генних продуктів. Остаточна регуляція відбувається на етапі *посттрансляційної модифікації* білка.

Самозбирання клітинних органел

Самозбирання мембран. Білки й ліпіди, що входять до складу мембран, здатні до самозбирання. Більшість фосfolіпідів у водному середовищі мимовільно утворюють бішари. Ці ліпідні бішари схильні до замикання на самих себе, що зумовлює формування закритих відсіків.

Самозбирання рибосом. Спочатку рибосомні білки утворюють комплекси з молекулами рибосомальної РНК. Утворюються велика й мала субодиниці рибосом. Субодиниці зв'язуються з мРНК і між собою, утворюючи активну рибосому.



Ключова ідея

До механізмів підтримання гомеостазу на клітинному рівні належать самозбирання органел, підтримання мембранного потенціалу, регуляція експресії генів і клітинного циклу.

Самозбирання мікротрубочок. Мікротрубочки джгутиків, цитоплазми й веретена поділу побудовані з глобулярного білка тубуліну. У певних умовах мікротрубочка росте шляхом самозбирання тубулінових субодиниць.

Підтримання мембранного потенціалу

Мембранний потенціал є необхідним для важливих клітинних процесів, зокрема транспорту речовин через мембрани та проведення нервового імпульсу (детальніше див. §4). Як же він підтримується? У мембранах клітини розташований натрій-калієвий насос — білок, який перекачує йони Na^+ із клітини, а йони K^+ — у клітину. Концентрація йонів K^+ всередині клітини стає в 30–37 разів вищою, ніж за її межами, і Калій «прагне» вийти з клітини. У результаті на зовнішній мембрані утворюється надлишок позитивно заряджених часток (йонів K^+), а на внутрішній поверхні мембрани — надлишок негативно заряджених часток. Так виникає різниця потенціалів.

Саморегуляція клітинного циклу

Існує низка механізмів контролю клітинного циклу.

Тривалість інтерфази регулюється розміром клітини, а також визначається зовнішніми умовами й сигналами від інших клітин. Спеціальні системи регулюють перехід з одного періоду клітинного циклу в інший, запуск мітозу.

Клітина контролює також правильність процесу реплікації ДНК, цілісність хромосом і клітинних структур (формування веретена поділу, прикріплення до нього хромосом). Якщо виявляються порушення, перехід до наступних етапів клітинного циклу гальмується. Якщо пошкодження катастрофічні, клітина розпочинає процес апоптозу.

Апоптоз є запрограмованою загибеллю клітини. Однією з основних функцій апоптозу є знищення пошкоджених та старіючих клітин.



Запитання та завдання

1. Навіщо в клітині регулюється експресія генів?
2. Що станеться в разі порушення мембранного потенціалу?
3. У яких випадках клітини підлягають апоптозу?

§ 23. Саморегуляція на тканинному рівні



Поміркуйте

За яких умов клітини, що входять до складу тканин, можуть виконувати свої функції?



Згадайте

- Тканини
- Клітинні мембрани
- Гормони
- Нейромедіатори
- Передача нервового імпульсу

Міжклітинна сигналізація

Існування складних багатоклітинних організмів можливе завдяки координації біохімічних процесів, що відбуваються в їхніх клітинах. Така координація ґрунтується на міжклітинній комунікації й передачі сигналу всередину окремих клітин.

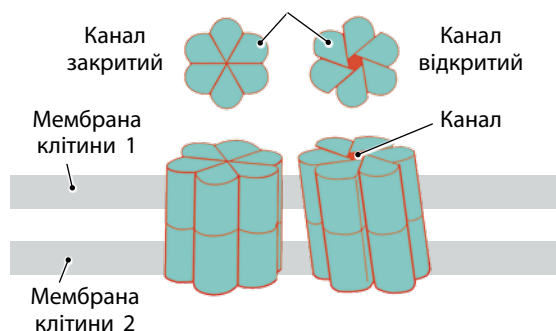
Спеціалізовані клітинні структури, що скріплюють клітини між собою і забезпечують міжклітинну комунікацію, називають *міжклітинними контактами*.

Сигналізація між тваринними клітинами може бути *контактною* (за безпосереднього контакту) і *дистантною* (на відстані). **Контактна сигналізація** відбувається через *щілинні контакти* (мал. 23.1), які сполучають цитоплазму двох клітин, що взаємодіють та уможливають обмін малими молекулами. **Дистантна сигналізація** відбувається за допомогою молекул, що секретуються.

Контактна сигналізація через щілинні контакти

Щілинний контакт — спосіб сполучення клітин у тканині за допомогою білкових каналів (мал. 23.1). Через ці канали від клітини до клітини можуть передаватися *електричні сигнали* (за допомогою неорганічних йонів) і *малі молекули*, такі як моносахариди, амінокислоти, нуклеотиди, вітаміни й молекули вторинних посередників.

Щілинні контакти наявні в більшості тваринних клітин. Вони забезпечують поширення електричного збудження, передаючи йони між клітинами. Таким чином щілинні кон-



Мал. 23.1. Щілинні контакти

такти сполучають клітини серцевого м'яза, синхронізуючи їхні скорочення, а також клітини гладеньких м'язів кишечника, забезпечуючи ритмічну перистальтику. У нервовій системі щілинні контакти формують електричні синапси, через які нервовий імпульс поширюється значно швидше, ніж через хімічні синапси. Такі структури дуже корисні, коли важлива швидкість (наприклад, у рефлексорних дугах, відповідальних за втечу).

За участі щілинних контактів вирівнюється концентрація сигнальних молекул і поживних речовин. Це необхідно, скажімо, для нормального функціонування печінки й дозрівання фолікулів у яєчнику. Також щілинні контакти потрібні для нормального розвитку зародка: вони підтримують диференціацію окремих груп клітин, передаючи сигнальні молекули.

Дистантна сигналізація за допомогою молекул, що секретуються

Під час дистантної регуляції клітинні регулятори виділяють хімічні речовини, які є сигналами для клітин-мішеней, розташованих на деякій відстані.

Існують **три типи хімічної сигналізації**:

- **ендокринна** — сигналізація за допомогою хімічних речовин (гормонів), які діють на віддалені клітини;
- **паракринна** — виділення клітиною хімічних речовин, які діють лише на клітини з найближчого оточення;
- **аутокринна** — виділення клітиною речовин, які діють на неї саму.



Існують такі міжклітинні сигнальні речовини:

- **гормони** — речовини, що виділяються ендокринними клітинами й транспортуються рідинами організму до клітин-мішеней, розташованих на відстані від місця секреції;
- **гістогормони** — біологічно активні речовини, які виділяються клітинами в міжклітинний простір і впливають лише на сусідні клітини;
- **нейромедіатори** — з'єднання, що передають сигнал у синапсах нервових клітин і діють тільки на постсинаптичну клітину.

Паракринна і аутокринна сигналізація

Особливістю паракринної і аутокринної регуляції є місцева дія. Гістогормони не надходять у кровотік, а діють на клітину, що їх продукує, та на її найближче оточення, поширюючись по міжклітинній рідині за рахунок дифузії. До гістогормонів належать кініни, простагландини, гістамін, серотонін, тканинні фактори росту.

Цитокіни — невеликі пептиди, які стимулюють або пригнічують функції інших клітин (зокрема, ріст), беруть участь у диференціюванні клітин, розпочинають апоптоз. Наприклад, *лімфокіни* — це цитокіни, які виділяються лімфоцитами, *інтерлейкіни* — цитокіни, відповідальні за міжклітинні взаємодії між лейкоцитами.

Фактори росту — білкові молекули, що регулюють поділ, диференціювання і рухливість клітин. Наприклад, фактори росту епітеліальної, кісткової, нервової тканин.

Простагландини за хімічною природою є жирними кислотами. Вони спричинюють скорочення гладких м'язів, активують діяльність нервової системи, мають антизапальну дію, збільшують проникність кровоносних судин, знижують рівень зсідання крові.

Гістамін бере участь у регуляції різних процесів в організмі, є нейромедіатором і одним з активаторів алергічних реакцій.



Ключова ідея

Міжклітинна сигналізація здійснюється дистантно, з виділенням хімічних речовин, і за безпосередньої взаємодії клітин через щільні контакти.



Мал. 23.2. Синаптичний контакт

Синаптична сигналізація

Нервові клітини передають інформацію на великі відстані за допомогою електричних імпульсів. У нервових закінченнях ці імпульси перетворюються на хімічні сигнали. Це відбувається у спеціалізованих контактах — **синапсах**. Із нервового закінчення з пресинаптичної клітини вивільняються сигнальні молекули — *нейромедіатори*. Ці молекули вловлюються рецепторами постсинаптичної мембрани наступного нейрона й стимулюють утворення електричного сигналу (мал. 23.2). Якщо нейромедіатор не досяг мети, він вилучається зі щілини ферментами або повертається назад у нервове закінчення. Тому вплив сигналу є досить точним.

До нейромедіаторів ЦНС належать, наприклад, адреналін, серотонін, дофамін. *Адреналін* є збуджуючим нейромедіатором. *Дофамін* є частиною «системи заохочення» і виділяється у відповідь на правильну поведінку. Він викликає відчуття задоволення, чим впливає на процеси мотивування і навчання. *Серотонін* часто називають гормоном щастя; зниження рівня серотоніну є одним з факторів виникнення депресії. *Ацетилхолін* здійснює передачу сигналу з нервів на м'язи.



Запитання та завдання

1. Навіщо клітини тканин контактують одна з одною? 2. Порівняйте ефективність щільних і синаптичних контактів для нервової тканини. 3. Зважаючи на функції щільних контактів, зробіть припущення, які порушення можуть виникнути в разі спадкового дефекту цих структур.

§ 24. Нервова й гуморальна саморегуляція на рівні організму



Поміркуйте

Чи є гомеостаз головною умовою існування живого організму?



Згадайте

- Гомеостаз
- Вегетативна нервова система
- Ендокринна система
- Гормони

Гомеостаз

Гомеостаз — властивість живого організму зберігати сталість внутрішнього середовища, а саме хімічного складу й основних фізіологічних функцій.

Якщо зовнішні умови, у яких живе організм, значно змінюються, то показники його внутрішнього середовища — хімічний склад, концентрація солей, температура, рН — можуть коливатися тільки у вузькому діапазоні. Інакше всі життєві функції організму порушуються.

Аби забезпечити гомеостаз на рівні цілого організму, потрібна взаємодія багатьох систем органів. Злагоджена робота всіх систем підтримується шляхом нервової, гуморальної та імунної регуляції.

Нервова регуляція

Нервова регуляція здійснюється нервовою системою (НС). Цей вид регуляції забезпечує швидкі відповідні реакції організму на подразнення.

Нервова система поділяється на соматичну і автономну (останню також називають вегетативною). *Соматична* НС регулює роботу скелетних м'язів і органів чуття, а також відповідає за контрольовані рухи тіла. *Автономна* НС управляє гладенькими м'язами та іннервує внутрішні органи; її робота не підконтрольна свідомості.

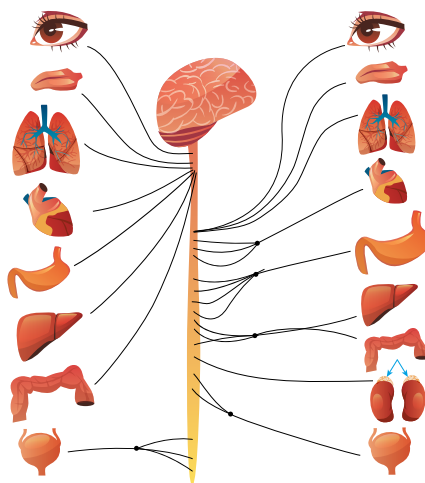
Саме автономна нервова система виконує головну роль у підтримці гомеостазу, забезпечуючи контроль сталості внутрішнього середовища. Автономна нервова система іннервує всю гладеньку мускулатуру внутрішніх органів, гладенькі м'язи шкіри, ендокринні залози, серце, кровоносні судини. Її відділи керують обміном речовин, контролюють кровообіг, дихання, травлення, виділення, водно-сольовий обмін, відповідають за ріст і розмноження.

Автономна НС поділяється на симпатичний і парасимпатичний відділи. Як правило, дії симпатичної і парасимпатичної систем є протилежними (мал. 24.1).

Симпатична нервова система мобілізує сили організму для фізичної діяльності. Вона

Парасимпатичний відділ

- Звужує зіниці
- Стимулює виділення слини
- Звужує бронхи
- Уповільнює серцебиття
- Стимулює травлення
- Стимулює жовчний міхур
- Розслаблює пряму кишку
- Скорочує сечовий міхур



Симпатичний відділ

- Розширює зіниці
- Зменшує виділення слини
- Розширює бронхи
- Підвищує частоту скорочень серця
- Уповільнює травлення
- Стимулює виділення глюкози
- Скорочує пряму кишку
- Стимулює виділення адреналіну
- Розслаблює сечовий міхур

Мал. 24.1. Дія автономної нервової системи



Порівняння характеристик нервової і гуморальної регуляції

Характеристики	Нервова регуляція	Гуморальна регуляція
Речовини-посередники	Нейромедіатори	Гормони
Швидкість реакції у відповідь	Швидка	Повільна
Тривалість реакції	Короткочасна	Довготривала
Масштаб реакції	Місцева	Часто відбувається в масштабі всього організму

активується під час стресу, готує організм до втечі або боротьби. Під її впливом прискорюється обмін речовин, частішає дихання, підвищується артеріальний тиск, посилюється кровопостачання м'язів і головного мозку. Одночасно пригнічується діяльність травної та видільної систем.

Парасимпатична нервова система, навпаки, налаштовує організм на роботу в спокійних умовах. Вона зменшує силу і частоту скорочень серця, підсилює перистальтику кишечника, стимулює синтез травних ферментів тощо.

Гуморальна регуляція

Гуморальна регуляція — це координація фізіологічних і біохімічних процесів в організмі, що здійснюється за рахунок рідких середовищ (крові, лімфи, тканинної рідини) з допомогою біологічно активних речовин (гормонів і гістогормонів).

Одним із видів гуморальної регуляції є *ендокринна регуляція*, у якій беруть участь *гормони*, що виробляються спеціалізованими залозами внутрішньої секреції і виділяються в кров, а іноді й в інші рідини організму. Гормони за рахунок цих рідин досягають клітин-мішеней, зв'язуються з рецепторами на їх поверхні і змінюють роботу клітини-мішені. Гормони мають високу біологічну активність (діють у дуже невеликих концентраціях) і специфічність (діють на певні клітини-мішені).

За хімічною будовою гормони можуть бути білками й пептидами (інсулін, гормони передньої частки гіпофіза), похідними амінокислот (адреналін, тироксин), стероїдами

(статеві гормони, гормони кори надниркових залоз).

Взаємозв'язок нервової і гуморальної систем

Гуморальна регуляція — це найдавніший механізм координації процесів життєдіяльності організму. У клітинах і органах під час метаболізму утворюються різні продукти обміну речовин. Деякі з них можуть сильно вплинути на функціонування організму.

Прикладом впливу простих продуктів обміну на фізіологічні функції людини є дія вуглекислого газу: висока концентрація CO_2 розширює кровоносні судини, стимулює роботу серця і дихального апарату.

На основі такої давньої і неспецифічної хімічної регуляції сформувалася тканинна регуляція, яка здійснюється гістогормонами. Потім з'явилася більш складна ендокринна регуляція, що відбувається за участі гормонів.

Механізм нервової регуляції є більш досконалим, швидким і точним у порівнянні з гуморальною регуляцією.

Разом із тим, гуморальна регуляція може впливати довгостроково. Наприклад, гормон росту, що виділяється протягом років, визначає зростання дитини.

У процесі життєдіяльності організму обидва типи регуляції взаємопов'язані. Хімічні речовини впливають на роботу нервової системи, а їх виділення регулюється відповідними нервовими центрами. Єдиний нейрогуморальний механізм забезпечує саморегуляцію всіх функцій і автоматичне підтримання гомеостазу.



Ключова ідея

Завдяки зв'язку нервової й ендокринної систем здійснюється єдина нейрогуморальна саморегуляція організму, що забезпечує підтримання відносної сталості внутрішнього середовища організму.



Запитання та завдання

1. Як ви вважаєте, яка із систем регуляції — нервова чи гуморальна — еволюційно більш давня?
2. Як нейрогормони впливають на нашу поведінку?
3. Як здійснюється взаємозв'язок між нервовою й гуморальною типами регуляції?

§ 25. Терморегуляція. Водно-сольовий гомеостаз. Детоксикація



Поміркуйте

Як різні організми підтримують сталість внутрішнього середовища?



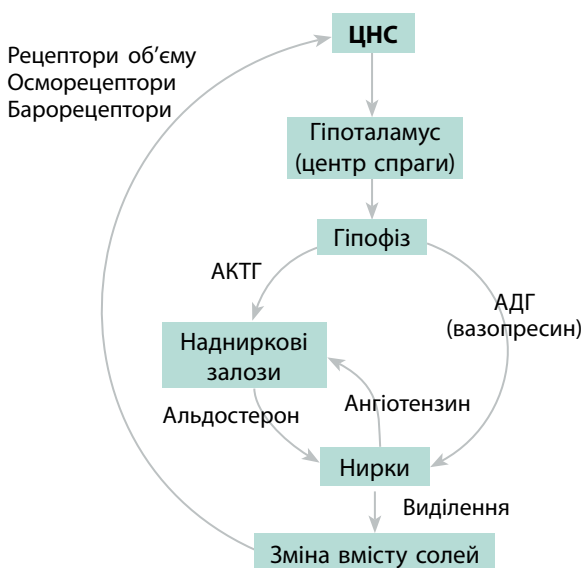
Згадайте

- Видільна система
- Гормональна регуляція
- Механізм зворотного зв'язку

Терморегуляція

Систему фізіологічних процесів, що забезпечують підтримання сталої температури тіла, називають **терморегуляцією**.

Терморегуляція відбувається за принципом зворотного зв'язку (див. мал. 20.2, с. 43). Підвищення температури навколишнього середовища спричиняє в теплокровних тварин рефлекторне зниження обміну речовин і зменшення теплотворення, й навпаки — зниження температури рефлекторно підвищує інтенсивність метаболічних процесів із посиленням теплотворення. Тепловіддача в зовнішнє середовище здійснюється за рахунок



Мал. 25.1. Нервово-гуморальна регуляція водно-сольового балансу

теплопроведення й випаровування води (потовиділення, транспірація). (Докладніше про засоби терморегуляції у тварин див. § 38.)

Водно-сольовий гомеостаз

Водно-сольовий (осмотичний) гомеостаз — це регуляція обміну води і концентрації солей (електролітів) у рідинах організму. У клітинах головними електролітами є йони K^+ і Mg^{2+} , у крові й міжклітинній рідині висока концентрація йонів Na^+ і Cl^- .

Вирішальну роль у підтримці водно-сольового балансу відіграє нервово-гуморальна регуляція (мал. 25.1). За умови зниження обсягу крові (наприклад, під час кровотечі) або збільшення концентрації солей спеціальні рецептори в стінках артерій сигналізують про це в ЦНС. У відповідь з'являється відчуття спраги, і тим самим стимулюється відповідна поведінка. Окрім цього, активізується ендокринна система: задня частка гіпофіза виділяє *антидіуретичний гормон* (скорочено АДГ, або *вазопресин*), кора надниркових залоз виділяє *альдостерон*. Дія цих гормонів спрямована на утримання води в організмі: вони збільшують її реабсорбцію в каналцевій системі нирок. Альдостерон також активізує реабсорбцію Натрію і виведення Калію нирковими каналцями.

Підтримку сталою вмісту Кальцію забезпечують *паратгормон* і *кальцитонін*. Паратгормон підвищує рівень Ca^{2+} в плазмі крові, активуючи його виведення з кісткової тканини, підсилюючи його реабсорбцію в нирках і абсорбцію в кишечнику. Кальцитонін діє навпаки: знижує рівень Ca^{2+} у крові, головним чином припиняючи його «вимивання» з кісток.

Підтримання сталою рівня глюкози

Сталий рівень глюкози в крові (3,3–5,5 ммоль/л) підтримується насамперед шляхом *гуморальної регуляції*, у якій беруть участь певні гормони (мал. 25.2).

Інсулін є єдиним гормоном, дія якого спрямована на зниження рівня глюкози в крові. Він стимулює перехід глюкози з плазми крові головним чином у клітини м'язів, печінки і жирової тканини. У клітинах ін-



Мал. 25.2. Регуляція вмісту глюкози в крові за принципом негативного зворотного зв'язку

сулін посилює синтез глікогену й ліпідів із глюкози, а також пригнічує ферменти, що розщеплюють жири та глікоген до глюкози. Також інсулін стимулює гліколіз, у процесі якого глюкоза витрачається.

Інші гормони збільшують вміст глюкози в крові. *Глюкагон* посилює розпад глікогену в печінці й стимулює синтез глюкози — глюконеогенез. *Адреналін* стимулює розпад глікогену. *Глюкокортикоїди* стимулюють глюконеогенез.

Підтримання сталого рівня рН крові

У нормі рН крові коливається в межах 7,36–7,4. Але у процесах життєдіяльності в кров увесь час викидаються продукти або кислого, або оснóвного характеру, що можуть ізсунути це значення. Сталість рН підтримується *буферними системами крові* й органами виділення — легенями та нирками. Буферні системи згладжують різкі коливання рН у разі раптового збільшення вмісту кислих

або лужних продуктів у крові. Органи виділення виводять ці продукти з організму.

Буферні системи — це такі хімічні системи, рН яких не змінюється навіть за умови додавання деякої кількості кислот або основ. У тканинній рідині і крові діють *гідрокарбонатна* ($\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$) і *білкова* (альбуміни) буферні системи, а у внутрішньоклітинній рідині — *ортофосфатна* ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$).

Роль печінки в детоксикації та підтриманні гомеостазу

Печінка функціонує як первинний регулятор вмісту в крові речовин, що надходять в організм із їжею. Чужорідні й токсичні речовини в печінці перетворюються на менш токсичні сполуки. Відбувається це шляхом окиснення, відновлення, метилювання, ацетилювання й кон'югації з тими чи іншими речовинами. Наприклад, амоніак, що утворюється під час розпаду білків, знешкоджується в печінці, перетворюючись на сечовину або сечову кислоту. Токсичний для нервової системи білірубін (продукт розпаду гемоглобіну) у печінці сполучається із глюкуроною кислотою, й у такий спосіб відбувається його детоксикація. Продукти гниття білків у кишечнику (фенол, індол) знешкоднуються шляхом кон'югації із сірчаною або глюкуроною кислотами.

ПР Практична робота

Моделювання механізмів підтримання гомеостазу

1. Проаналізуйте схему регуляції рівня глюкози в крові (мал. 25.2).
2. Складіть аналогічну схему водно-сольового гомеостазу у тварин (за принципом негативного зворотного зв'язку). Вкажіть процеси, що відбуваються — реабсорбція води, зміна вмісту йонів Na^+ .
3. Складіть схему підтримки рівня йонів Кальцію в крові.

Запитання та завдання

1. До яких наслідків для організму може призвести порушення тепловіддачі? 2. Навіщо потрібно регулювати вміст солей в організмі? 3. Для чого необхідно підтримувати постійний рівень рН крові? 4. Які захворювання порушення функцій печінки ви знаєте? Наскільки вони небезпечні для організму?

! Ключова ідея

ЦНС, ендокринна система, органи виділення й печінка беруть участь у підтриманні сталості внутрішнього середовища організму. Сталість складу плазми крові підтримується нервовою й гормональною регуляцією, а також буферними системами крові.

§ 26. Імунітет як засіб збереження гомеостазу



Поміркуйте

Що таке фагоцитоз? Які функції в організмі людини виконують лейкоцити?



Згадайте

- Імунітет
- Фагоцитоз
- Антитіла
- Антигени

Імунна регуляція

До регуляторних систем, що забезпечують внутрішню сталість організму, належить також імунна система. Імунітет є здатністю організму відрізнити чужорідний біологічний матеріал від свого та нейтралізувати цей матеріал. Імунна система усуває чужорідні речовини, віруси і бактерії, що проникли в організм. Також імунна система підтримує життєдіяльність організму шляхом виведення власних мутантних або зношених клітин, білків, що відродили своє, та токсичних речовин.

Розрізняють неспецифічний і специфічний види імунітету. *Неспецифічний імунітет* спрямований проти широкого спектра чужорідних агентів. *Специфічний імунітет* передбачає виробництво спеціалізованих систем нейтралізації — такими є *антитіла*, які розпізнають конкретні *антигени*.

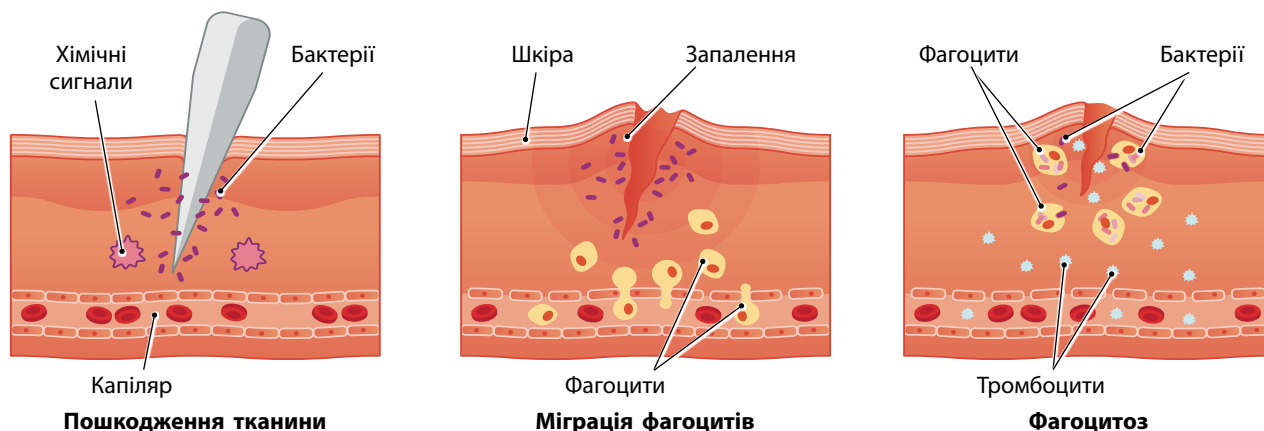
Неспецифічні захисні бар'єри

Першими на шляху чужорідних агентів постають фізіологічні бар'єри організму — шкіра, слизові оболонки, кутикула, панцири тощо. Щільний шар епітеліальних клітин шкіри є механічною перешкодою, яка не дозволяє бактеріям і вірусам проникнути всередину організму. До того ж кисла реакція поверхні шкіри несприятлива для більшості мікроорганізмів. Твердий зовнішній кістяк, такий як панцир, також перешкоджає інвазії чужорідного матеріалу. Слиз, що покриває тіло багатьох кишковопорожнинних, кільчастих черв'яків, молюсків, затримує й знищує патогенні мікроорганізми. Зовнішні слизові оболонки людини виділяють лізоцим — речовину, що знищує бактерій. Широко відома й бактерицидна дія шлункового соку, який має дуже кислу реакцію.

У разі порушення цілісності цих бар'єрів проти чужорідного тіла діє ціла низка клітинних і гуморальних захисних механізмів: загоєння ран, фагоцитоз патогену, його інкапсулювання. Одним з видів підтримки гомеостазу є зсідання крові.

Загоєння ран та зсідання крові

Загоєння ран запобігає втраті організмом життєво важливих рідин (крові, гемолімфи тощо). У безхребетних рани «закриваються» шляхом скорочення м'язів, випинання жирового тіла, зсідання плазми, утворення



Мал. 26.1. Процеси, що відбуваються в місці запалення



тромбу з клітин крові. У загоєнні ран беруть участь спеціальні *гемостатичні клітини*. У хребетних тварин під час пошкодження кровоносних судин активізується *система зсідання крові*. У результаті каскаду реакцій утворюється тромб із білка фібрину, який затягує рану.

Запальний процес

Універсальною і неспецифічною захисною реакцією організму на дію різних патогенів є **запалення**. Запальний процес виникає під час проникнення чужорідних агентів (механічних, хімічних, біологічних) у підшкірний або підслизовий шар.

На початку запального процесу в місці пошкодження розширюються капіляри і посилюється кровоток, тому місце запалення червоніє. Проникність капілярів збільшується, і в пошкоджену тканину з плазми крові виходять фагоцити. Розвивається процес поглинання мікробів клітинами-макрофагами — *фагоцитоз* (мал. 26.1). Поглинаючи чужорідні тіла й пошкоджені клітини, фагоцити гинуть у великих кількостях, перетворюючись на гній.

Крім того, до місця запалення надходять лейкоцити та фізіологічно активні речовини, які теж беруть участь у знищенні патогену, а також сприяють виникненню набряку (гістамін).

Специфічний імунітет хребетних

У відповідь на вплив певного стороннього агента (антигена) в організмі утворюються специфічні антитіла, що забезпечують специфічний імунітет. Еволюційно він з'явився у хребетних і є відмінною рисою їхньої імунної системи. Головними клітинами, що відповідають за специфічний імунітет, є лімфоцити. (Докладніше див. § 56.)

РНК-інтерференція та антивірусний імунітет

Система РНК-інтерференції є важливою частиною внутрішньоклітинної імунної відповіді на віруси й інший чужорідний ге-

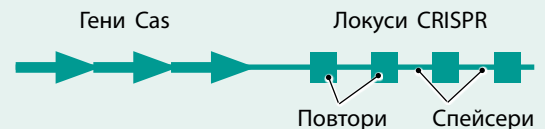
Ключова ідея

Механізми імунітету спрямовані на підтримання сталості внутрішнього середовища організму й можуть бути віднесені до явищ гомеостазу.

Дізнайтеся більше

Антивірусний імунітет бактерій. CRISPR

Останнім часом активно досліджують нещодавно відкриту систему імунітету в бактерій і архей. Імунну відповідь забезпечують спеціальні РНК, гени яких розташовані в локусах, що одержали назву CRISPR. Локуси CRISPR складаються з численних повторів, між якими є проміжки — спейсери. Послідовність нуклеотидів кожного спейсера відповідає послідовності ділянки ДНК певного вірусу. Тобто набір спейсерів — це «бібліотека» різноманітних вірусних «міток». У безпосередній близькості від локусів CRISPR є гени білків, які називають Cas. Білки Cas — це нуклеази.



На спейсерах безперервно транскрибуються різноманітні молекули РНК. З ними з'єднуються білки Cas. Ці комплекси плавають у цитоплазмі, «патрулюючи» її. Якщо в клітину потрапляє вірусна ДНК, то її розпізнає відповідна РНК і приєднується до неї, а нуклеаза Cas розщеплює цю чужорідну ДНК. Систему CRISPR-Cas сьогодні активно використовують для редагування геному. Можна штучно синтезувати будь-яку послідовність РНК і ввести її в певну клітину в комплексі з нуклеазою Cas. І тоді нуклеаза «розріже» відповідну ділянку геному. Так можна «вирізати» шкідливу мутацію й вилікувати організм від спадкового захворювання.

нетичний матеріал. Суть її полягає в пригніченні експресії гена за допомогою малих молекул РНК.

Малі інтерферуючі РНК у комплексі з ферментом ендонуклеазою зв'язуються зі специфічною мішенню — комплементарною ділянкою ДНК або РНК (наприклад, вірусною). Після зв'язування нуклеаза розщеплює вірусну ДНК або РНК, таким чином руйнуючи її.

Для багатьох організмів — найпростіших, молюсків, черв'яків, комах, рослин — цей феномен є одним з основних способів імунного захисту проти вірусів.

Запитання та завдання

1. Опишіть різноманіття видів неспецифічного імунітету.
2. Чи є реакція запалення шкідливою? Поясніть.
3. Як можна використовувати систему CRISPR задля медичних цілей?

§ 27. Поведінкові механізми збереження гомеостазу



Поміркуйте

Чому без їжі людина може прожити кілька місяців, а без води — не більш тижня?



Згадайте

- Рефлекс
- Терморегуляція
- Осморегуляція

Поведінка й підтримання гомеостазу

Для будь-якого виду тварин характерні різні власні види поведінки (пошук їжі, піклування про потомство, побудова гнізда тощо).

Завдяки природному добору формується «правильна» поведінка, що сприяє виживанню особини. А її нащадки успадковують саме таку модель поведінки. Так у виду формується набір *програм виживання* — поведінкових реакцій, які допомагають особинам пристосуватися до умов навколишнього середовища і підтримувати свій гомеостаз.

Велику роль у підтримці гомеостазу організму відіграють вроджені форми поведінки. До них належать, наприклад, рефлексорне уникнення болю як фактора, що ушкоджує, задоволення голоду або спраги.

Для людини не менш важливі свідомі дії. Ми змінюємо порушений обмін речовин за допомогою ліків, додаємо до їжі вітаміни, підтримуємо температуру тіла, одягаючись і ховаючись у приміщеннях.

Поведінкові механізми регуляції гомеостазу в людини

Активація пристосувальної поведінки відбувається, коли сигнал про зміну гомеостазу передається в гіпоталамус. Гіпоталамус формує відчуття незадоволеності, що переживається як потреба в їжі, воді, теплі, холоді тощо. Цей стан називають *мотиваційним збудженням*. Воно спонукає організм до активних дій.

Задоволення потреб викликає позитивні емоції, тобто поведінка контролюється не тільки відчуттям потреб, а й *системою винагороди* — складною мережею нейронів, що відповідають за задоволення. Передчуття нагороди забезпечує мотивацію до дії.

У формуванні адаптивної поведінки дуже великою є роль *емоцій*. У ході еволюції ця ознака була доведена природним добром до надзвичайно багатой різноманітності емоційного стану в людини.

Роль безумовних рефлексів у підтриманні гомеостазу

Безумовні рефлекси є основою нервової діяльності тварин та взаємодії їхнього організму з навколишнім середовищем.

Низка безумовних рефлексів безпосередньо обумовлює гомеостаз, а рефлексорна реакція організму залежить від змін обміну речовин. Наприклад, складний безумовний рефлекс, пов'язаний із пошуком їжі, виникає в разі зниження вмісту глюкози й інших поживних речовин у крові.



Мал. 27.1. Способи поведінкової терморегуляції у тварин



Через надлишок вуглекислого газу в крові відбувається рефлекторне прискорення дихання.

У разі інфекцій, отруєння, накопичення в крові токсичних продуктів обміну виникає блювання. Цей рефлекторний акт видаляє з організму шкідливі речовини.

Ознакою порушення гомеостазу є біль. Він змінює поведінку тварини на уникнення больових відчуттів із метою виживання.

Поведінка й терморегуляція

Більшість тварин здатна певною мірою впливати на температуру тіла за допомогою відповідної поведінки (мал. 27.1). Тварина може утворювати додаткове тепло, прискорюючи метаболізм, і вживати заходів, що знижують втрати тепла.

У холодних умовах багато тварин посилено харчуються. Прийом їжі дає можливість отримати більше тепла, оскільки воно виділяється під час травлення. Теплокровні тварини збільшують утворення калорій, посилюючи м'язову активність, наприклад, дрижанням або рухом. У деяких безхребетних зниження температури стимулює додаткову рухову активність, і в такий спосіб вони здатні підтримувати більш високу температуру тіла, ніж температура середовища.

На холоді тварини звиваються клубком або збиваються до купи з іншими особинами того ж виду, що знижує втрати тепла. Окремі види здійснюють сезонні міграції в місця з більш сприятливими умовами.

В умовах спеки тварини посилюють охолоджувальне випаровування, зволожуючи поверхню тіла слиною або змочуючи себе водою. Деякі тварини широко розкривають пащі в спеку, посилюючи випаровування через дихання. Деякі в спекотну погоду періодично ховаються в прохолодних норах.



Ключова ідея

Поведінкові особливості, що сприяють підтриманню гомеостазу, виникли в ході еволюції. Вони спрямовані на задоволення потреб, що виникають під час порушення складу внутрішнього середовища. До них належать пошук їжі й води, способи терморегуляції, міграції до місць зі сприятливими умовами, спорудження житла тощо.



Дізнайтеся більше

У людини еволюційно сформувалася система харчових уподобань. Смачна їжа мотивує скуштувати її знову. Потрапивши до рота, їжа активізує рецептори язика, які посилюють інформацію в мозок. Там збуджується механізм винагороди: мозок продукує хімічні сполуки (наприклад, ендорфіни), що приносять задоволення. Це ще більше стимулює нас споживати смачну їжу.

Одним із найбільш відомих харчових уподобань людини є любов до солодкого. Еволюційно це виправдано: солодкі вуглеводи (глюкоза) швидко задовольняють потребу в їжі та знижують відчуття голоду. Це вподобання формувалося в наших предків тисячоліттями. У ті часи, коли солодка їжа траплялася рідко — у вигляді фруктів або меду, — така харчова поведінка себе виправдовувала. Однак зараз солодка їжа стала легкодоступною, і ця звичка перетворилася на шкідливу. Надмірне вживання вуглеводів призводить до розвитку захворювань, таких як ожиріння і цукровий діабет.

Поведінка й водний баланс

Усім сухопутним тваринам потрібна вода. За умови її нестачі істотно змінюються метаболічні процеси, порушується гомеостаз. Зменшується об'єм протоплазми клітин і міжклітинної рідини, збільшується концентрація солей у крові та інших рідинах організму. Зневоднення організму є серйозною загрозою для життя. Втрата людиною понад 20% води супроводжується незворотними змінами в організмі і призводить до смерті.

Під час зневоднення виникає *спрага*. Це дуже неприємний стан, який стимулює організм до пошуку води. Утамувавши спрагу, людина почувається задоволеною. Адже спрага супроводжується наростанням процесів збудження в центральній нервовій системі, які зумовлюють підвищення м'язової активності. Винятком з цього правила є тварини, що мешкають у посушливих місцях. У них спрага знижує м'язову активність. Деякі тварини пустель під час хронічного дефіциту води навіть впадають у сплячку.



Запитання та завдання

1. Як ви особисто регулюєте тепловіддачу на холоді? під час спеки?
2. Чому саме солодка їжа найшвидше втамує відчуття гострого голоду?
3. Чому ми хочемо пити після солоної їжі? у спеку?
4. Поміркуйте, які свідомі дії людини спрямовані на підтримку гомеостазу.

§ 28. Регуляція в рослин



Поміркуйте

Чому зелені томати дозрівають швидше, якщо разом із ними покласти один стиглий томат?



Згадайте

- Транспірація
- Мінеральне живлення рослин
- Газообмін у рослин

Регуляція надходження й виділення речовин

У наземних рослин надходження мінеральних речовин і води відбувається через клітинні мембрани корневих волосків та інших клітин у корені. *Вода надходить у корінь* за законами осмосу. Осмотичний тиск у клітинах корневих волосків і клітинах, які проводять воду до ксилеми й далі до листків, набагато вищий, ніж осмотичний тиск ґрунтової води, унаслідок високої концентрації розчинених солей і сахаридів у клітинах. Отже, вода прагне увійти в ці клітини з ґрунту, знижуючи їх осмотичну концентрацію.

Поглинання мінеральних речовин відбувається шляхом активного транспорту. Перенесення йонів крізь цитоплазматичну мембрану всередину клітин корневих волосків проходить проти градієнта концентрації і електричного потенціалу, тому на цей процес витрачається енергія.

Надходження газів — CO_2 для фотосинтезу й O_2 для дихання — відбувається головним чином через продиhi. Для дихання рослини також використовують O_2 , утворений у процесі фотосинтезу й накопичений у міжклітинниках.

Інтенсивність газообміну регулюється відкриттям та закриттям продиhiв. На світлі в замикаючих клітинах продиhiв збільшується вміст цукрів і йонів Калію, що призводить до підвищення осмотичного тиску й надходження води. Тургор клітин збільшується, і продиhi відчиняються ширше настільки,

наскільки вищий рівень освітлення. Уночі продиhi закриваються, тому що фотосинтез зупиняється, і тургорний тиск у замикаючих клітинах спадає.

Виділення в рослин здійснюється клітинами листків і коренів, а також клітинами спеціальних видільних тканин (залозистими волосками, молочними судинами, нектарниками). Речовини, що виділяються, можуть накопичуватися у вакуолях і клітинних стінках. Багато продуктів метаболізму рослин відкладаються у змертвілих тканинах (деревині), а також у листках або корі, які періодично скидаються. Продукти обміну речовин можуть видалятися з опалим листям під час листопаду.

Фітогормони

Процеси, що відбуваються в рослинному організмі, регулюються за допомогою певних хімічних речовин — фітогормонів.

Фітогормони — це речовини, що виробляються рослинами для керування власним ростом і розвитком, а також для реакції на впливи навколишнього середовища.

Фітогормони регулюють утворення і ріст рослини, цвітіння, утворення плодів і насін-



Дізнайтеся більше

Етилен, який продукується рослинами, може поширюватися не тільки по судинній системі рослин, але й через атмосферу. Це різко скорочує час реакції, а також синхронізує процеси, що відбуваються через етилен, у розташованих поряд рослинах і плодах. Таку властивість широко використовують для прискорення дозрівання овочів і фруктів, коли разом із зеленими кладуть трохи стиглих. Їхній етилен стимулює дозрівання інших.





ня, перехід у стан зимового спокою. Крім того, вони відповідають за адаптацію рослин до таких факторів, як освітлення, температура, нестача вологи й живлення, за опірність шкідникам та інфекціям.

Фітогормони виробляються секреторними клітинами рослинних тканин. Спеціальних органів у рослин немає, однак секреторні клітини можуть концентруватися в різних частинах рослини — на верхівках, у коренях, листках, насінні.

Ауксини й цитокініни стимулюють поділ, ріст і диференціювання клітин, регулюють формування крони (ауксини) й форми кореня (цитокініни). Ауксини формуються на верхівці пагона, а цитокініни — у верхівці кореня. Ауксини відповідальні за процеси гео- і фототропізму рослин. Це необхідно для правильної орієнтації рослини щодо зовнішніх факторів — гравітації й світла. Цитокініни також беруть участь у регуляції цвітіння й утворенні насіння.

Абсцизова кислота гальмує процеси життєдіяльності, зокрема регулює стан фізіологічного спокою дерев і насіння. У несприятливих умовах (у разі похолодання, нестачі вологи) зупиняє ріст рослини й розкриття бруньок, закриває продиhi, стимулює опадання листя.

Етилен сприяє формуванню захисних реакцій; гальмує процеси росту наприкінці вегетаційного періоду, стимулює руйнування хлорофілу, старіння листків, процеси дозрівання плодів.

Гібереліни синтезуються в молодих листках. Вони сприяють росту й поділу клітин, у першу чергу стимулюючи ріст у довжину меживузлів. Гібереліни стимулюють також цвітіння, утворення плодів і проростання насіння.

Саліцилова та жасмонова кислоти активують механізми захисту рослини від

патогенних мікроорганізмів та шкідливих комах.

Збереження гомеостазу в несприятливих умовах

Рослини переносять екстремальні умови по-різному. Багато видів на час дії несприятливого фактора (посухи, знижених температур) упадають у стан глибокого спокою (на зиму — у помірному кліматі, на літо — у сухих тропіках). Інші рослини переносять несприятливі умови в активному стані, але змінюють процеси життєдіяльності. Наприклад, в умовах водного дефіциту гальмується клітинний поділ, що призводить до вповільнення росту рослин. За нестачі води рослини можуть згортати або навіть утрачати листки.

Через несприятливі умови прискорюються процеси старіння й опадання нижніх листків. Рослини формують такий мінімум органів, який вони в змозі забезпечити необхідними речовинами.

Механізми захисту від шкідників

Проникненню патогенів (бактерій, вірусів, мікроскопічних грибів) усередину рослини перешкоджають механічні бар'єри. Захисну роль відіграє здерев'яніння пагонів. Віск, що відкладається на кутикулі, погано змочується водою, необхідною для проростання грибних спор. До того ж речовини кутикули мають антигрибкові та антибактеріальні властивості.

Патогени долають зовнішні покриви рослин через продиhi і рани. Чим менше число продихів припадає на одиницю поверхні, тим менше в патогена шансів на зараження і тим вище стійкість рослини.

У разі захворювання в рослинах накопичуються речовини, що підвищують їхню стійкість до патогенів, наприклад *фітонциди* — речовини з антибіотичною активністю, здатні затримувати розвиток або вбивати мікроорганізми.



Ключова ідея

Регуляцію росту й розвитку, адаптивні реакції на фактори зовнішнього середовища в рослин здійснюють фітогормони. Підтримання гомеостазу в рослин відбувається за рахунок зміни інтенсивності життєвих процесів (спокою, росту, транспірації тощо) та протидії шкідникам.



Запитання та завдання

1. Як рослини борються зі шкідниками? **2.** Чому в клітинах коренів завжди високий вміст розчинених солей і цукрів? **3.** Навіщо рослини помірних широт скидають листя на зиму? **4.** Чому небезпечно пошкоджувати кору дерев?

§ 29. Саморегуляція на рівні надорганізованих систем



Поміркуйте

Які чинники можуть вплинути на гомеостаз популяцій?



Згадайте

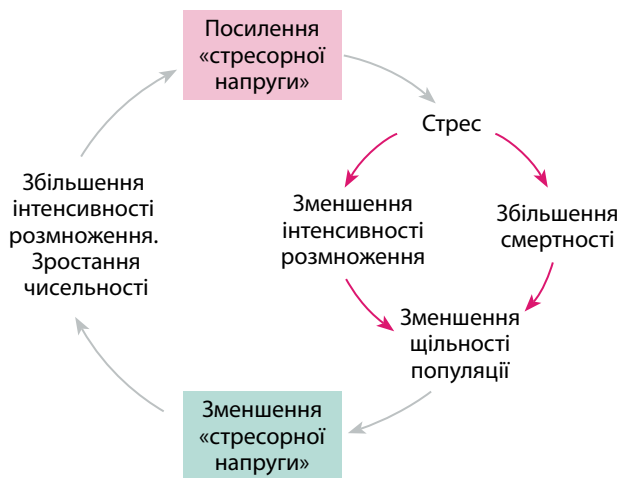
- Популяція
- Внутрішньовидова й міжвидова конкуренція

Рівні саморегуляції

Регуляція чисельності видів у природі забезпечується, як правило, множинними зв'язками. Регулюючі чинники діють на рівні як міжвидових, так і внутрішньовидових (внутрішньопопуляційних) взаємовідносин організмів.

Прикладом *міжвидової регуляції* є взаємини організмів за типом «хижак — жертва» або «паразит — хазяїн». Висока чисельність жертви створює умови для розмноження хижака. Збільшення чисельності хижака, у свою чергу, знижує кількість жертви. У результаті чисельність обох видів змінюється з певною періодичністю. Аналогічні процеси спостерігаються, коли взаємодіють паразити і їхні хазяї. Якщо висока чисельність хазяїв, то створюються умови для збільшення числа паразитів, а паразитарні захворювання послаблюють хазяїв і знижують їхню чисельність.

В основі *внутрішньопопуляційної регуляції* лежить внутрішньовидова конкуренція. Чисельність популяції підтримується в певних межах. Коли ці межі порушуються, чисельність прагне повернутися до початкових значень. Здатність популяції підтримувати певну чисельність своїх особин називається **гомеостазом популяції**. Саморегуляція здійснюється двома взаємно врівноваженими силами: здатністю до розмноження й обмеженням відтворення. З одного боку, організми прагнуть максимально розмножитися, використовуючи всі доступні можливості та ресурси. Однак збільшення щільності популяції підсилює дію механізмів, які знижують чисельність особин. Такі механізми працюють



Мал. 29.1. Популяційний гомеостаз.
Схема авторегуляції чисельності

із метою не допустити повного виснаження ресурсів середовища (мал. 29.1).

Територіальність

Ефективним способом уникнути занадто високої щільності особин свого виду і зберегти можливість нормального харчування є територіальність. **Територіальність** — це поведінка тварин з охорони своїх індивідуальних ділянок, які є для них місцем проживання, харчування та розмноження. Тварини маркують межі своїх ділянок, охороняють їх, відлякують чужинців.

Площа ділянки залежить від розмірів і способу життя тварини. Територія великих хижих ссавців може складати чимало квадратних кілометрів. Якщо чисельність особин збільшується, межі територій починають порушуватися. Як наслідок — загострюється конкуренція. Надлишкова частина популяції за такої умови не розмножується або змушена виселятися за межі зайнятого простору.

Виселення як відповідна реакція на зростаючу густоту популяції властиве багатьом видам птахів і ссавців. Різновидом такої поведінки є *масова міграція* — коли більша частина популяції розселяється за межею те-



риторії, яку вона займала в осілий період. Особливо яскраво це проявляється в комах, наприклад перелітної сарани.

Територіальність у рослин знижує їхню конкуренцію за світло, воду і вільний простір. Боротьба за територію в них здійснюється розростанням кореневої системи, збільшенням площі листя, зростанням пагонів тощо. У жорстких умовах існування внутрішньовидова конкуренція рослин проявляється у вигляді *самозріджування*.

Жорсткі форми внутрішньовидової конкуренції

Внутрішньовидова конкуренція як у тварин, так і у рослин може набувати вкрай жорстких форм. Це відбувається, коли запаси певних ресурсів суттєво обмежені.

У рослин такою формою конкуренції є *самозріджування*. Коли рослини проростають густо, частина їх неминує гине в результаті пригнічення більш сильними сусідами. У лісових насадженнях, наприклад, із сотень паростків до стану зрілих дерев доживають одиниці. Решта гине через гостру конкуренцію. Високі дерева з розлогою кроною затіняють інші дерева, забираючи всю сонячну енергію собі, а їхні потужні корені перекривають шлях до поживних речовин. Пригнічення суперників відбувається також за рахунок того, що листя і коріння виділяють токсичні сполуки.

У тварин до жорстких форм внутрішньовидової конкуренції належить *канібалізм* — поїдання особин свого виду. Канібалізм відомий у популяціях деяких хижих риб, коли дорослі особини підтримують своє існування й регулюють щільність популяції за рахунок харчування власною молоддю. Явище канібалізму характерно також для деяких гризунів, личинок комах насамперед тоді, коли популяція займає обмежений простір. Іноді канібалізм виникає в період тривалого голодування, і часто — у популяціях хижих ссавців.

Ключова ідея

Підвищення щільності популяції підсилює дію механізмів, що знижують цю щільність. Такі механізми починають працювати для того, щоб не допустити повного виснаження ресурсів середовища.

Пригнічення росту і розвитку хімічними речовинами

Багато рослин і водних тварин виділяють у навколишнє середовище речовини, які затримують ріст інших особин. Наприклад, виділення ялини спричиняють загибель багатьох проростків поблизу дорослого дерева. Отруйний сік листя волоського горіха пригнічує ріст будь-якої рослинності під його кроною. Кофеїн, що міститься в плодах і опалому листі кави, пригнічує мітоз у корінні молодих проростків цих рослин.

На швидкість росту популяцій риб великий вплив мають продукти їхньої життєдіяльності, що виділяються у воду. Наприклад, за несприятливих факторів риби виробляють «феромони стресу». Під впливом цих речовин дрібна риба починає істотно відставати в розвитку від великої.

Поведінкові і фізіологічні розлади

Зростання щільності популяції може супроводжуватися змінами у фізіології і поведінці особин, що призводить до зниження народжуваності й зростання смертності.

Від щільності населення насамперед залежить поведінка тварин. У багатьох видів в умовах скупченості підвищується рівень агресивності, змінюється реакція на осіб протилежної статі і молодняк. Як наслідок, зростає смертність. Така поведінка спостерігалась і серед тварин у неволі. Наприклад, у приматів скупченість була причиною посилення озлобленості і ворожнечі. Сильніші особини жорстоко пригнічували слабших, і навіть матері забирали їжу у своїх дитинчат. Дитинчата в сутічках отримували травми, а іноді й гинули.

Під час стресу від переселення змінюється гормональний баланс особин і порушується репродуктивна функція. Зокрема, у самок щурів у популяції затримується овуляція, гинуть ембріони, зникають інстинкти турботи про потомство, зменшується кількість виводків і молодих особин. Насамкінець усе це призводить до гальмування росту популяції.

Запитання та завдання

1. Чи існує саморегуляція чисельності популяцій у людини?
2. Як регулюється чисельність популяції рослин?
3. Які позитивні риси для виду надає вимушена міграція, спричинена перенаселенням?

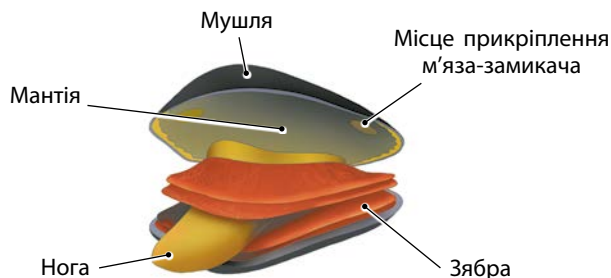
§ 30. Адаптації та їхнє значення

? Поміркуйте

Як довести, що певна особливість організму зумовлена його пристосуванням до умов довкілля?

← Згадайте

- Екологічна ніша
- Природний добір
- Екологічні чинники



Мал. 30.2. Втрата голови у двостулкових молюсків — приклад інадаптації



Мал. 30.1. Приклад преадаптації. Щелепи у хребетних утворилися з перших двох пар зябрових дуг, первинною функцією яких було підтримання форми зябрових щілин. Дуги, що перетворилися на щелепи, виділені червоним і синім кольорами

Значення пристосувальних реакцій для збереження життя

Адаптація, або пристосування, — це адекватна відповідь організму на вплив довкілля. Без розвинутої, спадково закріпленої системи пристосувань виживання будь-якої істоти в мінливому середовищі просто неможливе.

Кожен біологічний вид адаптований лише до тих умов, із якими він може зустрітися у природі: скажімо, леву наряд чи знадобляться навички полювання на акул. Відповідно, і адаптації певного організму можна розглядати як точне відображення його власної екологічної ніші. Умови, оптимальні для одного виду, часто виявляються несприятливими або навіть летальними для іншого.

Чим краще пристосований організм до певних умов, тим менше йому потрібно ресурсів для підтримання своєї життєдіяльності. Так, чим краще розвинене хутро має звір, тим менше калорій йому доводиться витратити на обігрів свого тіла. У цьому проявляється *економічність* адаптованих систем.

Пристосованість організмів як результат еволюції

Як виникли адаптації? У кожній популяції індивіди дещо відрізняються один від одного за різноманітними спадковими ознаками. Деякі з цих ознак можуть виявитися цінними для виживання та одержання здорового і численного потомства, тож власники цих ознак частіше за інших передаватимуть їх у спадок наступним поколінням. Зрештою, це забезпечить закріплення цих ознак як обов'язкових для виду. Отже, адаптації є прямим результатом еволюції, а еволюція у свою чергу може бути описана як процес формування адаптацій.

Однак далеко не всі структури організму утворилися для виконання тієї функції, яку вони виконують зараз. Наприклад, середнє вухо, легені, щелепний апарат хребетних первинно були створені задля виконання зовсім інших за-



вдань. Але в певний момент нова, додаткова функція виявилася ціннішою за первісну, і подальша еволюція органа була спрямована на поліпшення саме цієї функції. Утворення органа задовго до того, як він почав реалізовувати сучасну функцію, називається *преадаптацією* (мал. 30.1).

Адаптації в мінливому середовищі

Умови існування популяцій і видів змінюються. Зазвичай ці зміни призводять до поступового підлаштування існуючих адаптацій до нових умов. Однак окремі спеціалізовані структури можуть заважати подальшому розвитку пристосувань: наприклад, кактусу буде важко відтворити з голок листкові пластинки, навіть якщо вони йому знов знадобляться. Цю обмеженість подальшої еволюції, зумовлену занадто вузькими пристосуваннями, називають *інадаптацією* (мал. 30.2). У деяких випадках адаптації настільки втрачають актуальність, що стають шкідливими. Це так звані *маладаптації*.

Типи адаптацій

Виділяють декілька основних типів адаптацій.

Структурні адаптації — це фізичні складові організму, що забезпечують виживання і розмноження в певних умовах. До цього типу належать усі компоненти тіла, його контури, забарвлення, пристосування до руху, ловлі здобичі, закріплення в субстраті, розмноження тощо (мал. 30.3).

Фізіологічні адаптації — це сукупність процесів, які відбуваються в тілі у відповідь на зовнішні впливи та внутрішні потреби організму. До них належать процеси життєзабезпечення, усі форми їх регуляції залежно від умов довкілля, імунологічні, терморегуляторні, стресові та інші реакції (мал. 30.4).

Близькими до цієї групи є також **фенологічні адаптації**, які полягають в обранні впродовж року оптимального періоду росту, живлення, розмноження та міграції (мал. 30.5).

Поведінкові адаптації — це сукупність стереотипних активних реакцій у відповідь на характерні зміни середовища. До цього типу належать реакції полювання, втечі, агресії, турботи про потомство тощо (мал. 30.6).



Мал. 30.3. Перетинки на ногах шпонкової жаби — приклад структурної адаптації до руху у воді



Мал. 30.4. Накопичення підшкірного жиру та ущільнення шкіри в моржа — приклад фізіологічної адаптації до низької температури



Мал. 30.5. Квітування пролісків у весняний період — приклад фенологічної адаптації до нестачі світла в літньому лісі



Мал. 30.6. Токування глухаря — приклад поведінкової адаптації



Ключова ідея

Адаптації — це будь-які стереотипні відповіді організму на вплив навколишнього середовища. Вони виникають у ході еволюції шляхом природного добору і проявляються через розвиток специфічних структур, процесів, поведінкових реакцій і сезонних явищ.



Запитання та завдання

1. До якого типу адаптації можна віднести такі явища, як побудова гнізд, розкривання продихів, утворення коренеплодів? **2.** Наведіть відомі вам приклади преадаптацій. **3.** Поміркуйте, які форми соціальної поведінки людини можна вважати маладаптаціями.

§ 31. Механізми адаптацій



Поміркуйте

Чи всі можливі для певного виду адаптації проявляються в кожного індивіда?

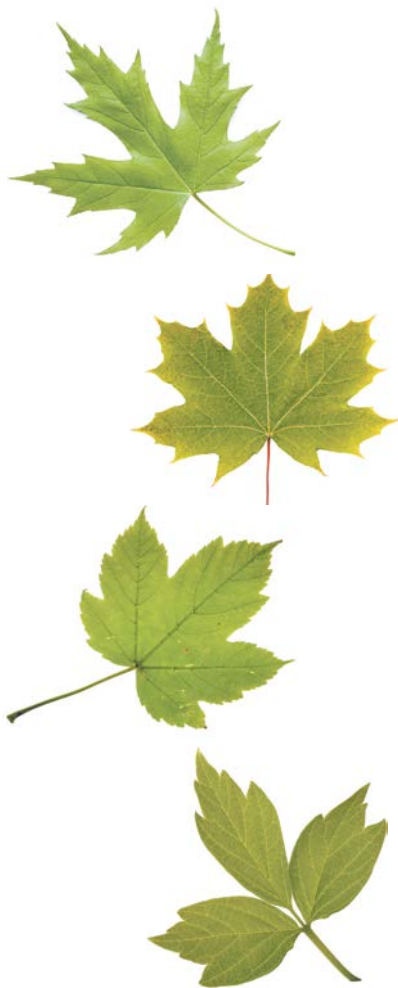


Згадайте

- Зчеплення генів
- Дрейф генів
- Норма реакції
- Генотип, фенотип



Мал. 31.2. Ознаки сріблясто-чорних лисиць, що з'явилися в процесі одомашнення: закручений хвіст, плямистість. Такі ж ознаки відомі в домашніх собак



Мал. 31.1. Різноманіття форм листкової пластинки видів роду Клен, найімовірніше, не пов'язане з адаптаціями

Чи всі ознаки є адаптивними?

Чи всі особливості живих істот обов'язково мають пристосувальний характер? На перший погляд, здається, що так, адже всі структури та процеси в організмі так чи інакше підпорядковані меті виживання і розмноження. Однак варто усвідомити, що природний добір працює з набором випадкових мутацій, які первинно не мають жодної функції. Значна кількість мутацій є нейтральною з точки зору природного добору і закріплюється випадково, через дрейф генів або зчеплення з корисними ознаками. Так, різноманіття форм листкової пластинки європейських видів клену складно пояснити адаптивними причинами (мал. 31.1). А закріплення у собак ознак, пов'язаних з одомашненням (закручення хвосту, плямистість, висловухість), зумовлене зчепленням цих ознак із генами, що регулюють онтогенез нервової системи (мал. 31.2).

Генотипні і фенотипні адаптації

Адаптації, як будь-які інші прояви життєдіяльності, завжди є результатом активності геному. Однак це не означає, що кожна успадкована пристосувальна структура або реакція властива організму за будь-яких умов. У мінливому середовищі важливо мати певний рівень *фенотипічної пластичності*, тобто здатності змінювати особливості організму, підлаштовуючись під навколишні обставини. У зв'язку з цим адаптації розділяють на генотипні та фенотипні.

Генотипні адаптації формуються незалежно від впливу навколишнього середовища в результаті реалізації жорстко детермінованих спадкових програм.

Фенотипні адаптації проявляються як відповідь індивіда на дію певного чинника. Можливий діапазон спричиненого середовищем варіювання ознак називається *нормою реакції* і теж закріплений генетично (мал. 31.3).



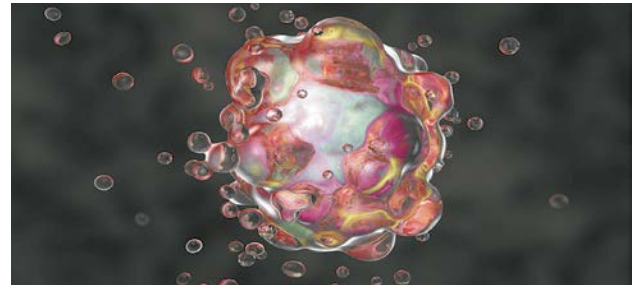
Мал. 31.3. Приклад фенотипної адаптації кульбаби лікарської до різних умов

Рівні адаптаційних змін

Хоча адаптації завжди виникають на рівні генів, проявлятися вони можуть на різних рівнях організації. Так, на клітинному рівні адаптації проявляються через зміну кількості, об'єму, активності органел, на рівні тканин і органів — у ступені їхнього розвитку, характері їх взаємного розташування і зв'язку. На рівні організму адаптації проявляються у виборі місцеперебування індивіда, діяльності, спрямованій на живлення, захист, побудову житла, а на рівні популяцій та екосистем — у різноманітних формах взаємодії між особинами.

Клітинні механізми адаптації

Попри різноманіття організмів, клітинні механізми фізіологічної реакції на зміну умов докільля багато в чому є спільними, бо мають однакову мету: компенсацію можливих порушень обміну речовин, захист клітинних мембран і ферментів, усунення порушень обміну води й електролітів тощо. Усе це досягається шляхом активації синтезу сигнальних та регуляторних молекул: *протейніназ*, *цитокинів*, *білків теплового шоку* тощо. У критичних умовах клітина може запустити механізм *апоптозу* (запрограмованої загибелі), щоб уберегти сусідні клітини від зараження патогеном або розвитку пухлини (мал. 31.4).



Мал. 31.4. Апоптоз є прикладом клітинного механізму адаптації

Короткочасні і довготривалі адаптації

Якщо на живий організм починає діяти певний чинник, виживання залежатиме від того, як швидко вдасться пристосуватися до нових умов. Так виникають *короткочасні*, або *термінові адаптації*. Вони реалізуються на основі готових, раніше сформованих фізіологічних програм: збільшення теплопродукції у відповідь на холод, збільшення обсягу циркулюючої крові у відповідь на фізичне навантаження, пристосування ока до темряви тощо. Короткочасні адаптації потребують використання всіх наявних резервів організму, тож вони не можуть підтримуватись занадто довго. Отже, якщо стресовий чинник діє на організм постійно або багаторазово, виникають *довготривалі адаптації*, пов'язані із суттєвими фізіологічними та анатомічними змінами. До таких адаптацій належать, прикладом, пристосування людини до постійного фізичного навантаження, занурення на великі глибини, життя у високогір'ї.

Фенотипні адаптації формуються в результаті реакції на якийсь чинник (скажімо, мороз, спеку, темряву). Але дія цього чинника в певний момент може закінчитись. Щоб адекватно відреагувати на нові умови довкільля, організм має зупинити механізми, які забезпечували його пристосованість до попереднього стану довкільля. У цьому проявляється *оборотність фізіологічних адаптацій*.



Ключова ідея

Не всі ознаки є адаптивними. Не всі адаптації реалізуються за будь-яких умов. Фенотипічні адаптації, що виникають у відповідь на зміни довкільля, можуть бути короткочасними і довготривалими. Після припинення дії стимулюючого чинника адаптації можуть зникати.



Запитання та завдання

1. Які короткочасні і довготривалі адаптації до фізичного навантаження виникають у людини?
2. Чи можуть адаптації до різних за природою впливів мати однакові прояви? Наведіть приклади.
3. Спробуйте знайти приклади ознак рослин і тварин, адаптивність яких можна поставити під сумнів.

§ 32. Адаптації в прокаріотів



Поміркуйте

Чи існують фізіологічні процеси, які були б властиві лише прокаріотам, а в еукаріотів були б відсутні?



Згадайте

- Прокаріоти
- Бактерії
- Археї
- Спора
- Антибіотик

Прокаріоти — власники найрізноманітніших адаптацій

Прокаріоти (бактерії й археї) — перші клітинні організми Землі. Протягом понад трьох мільярдів років свого існування вони пережили чимало катастроф і глибокі зміни довкілля. Завдяки цим випробуванням прокаріоти навчилися заселяти фактично всі куточки планети та сформували численні унікальні пристосування.

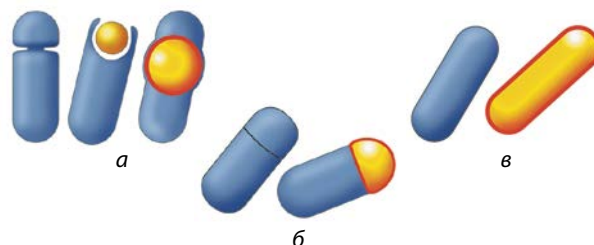
Особливо різноманітними є фізіологічні адаптації прокаріотів. Лише ці організми можуть здійснювати більшість типів бродіння, азотфіксацію, фотосинтез без виділення кисню, процеси утворення метану, анаеробне дихання на основі відновлення сполук Сульфуру, Феруму, Мангану, Хлору, Стибію, Арсену тощо.

Анабіоз, спороутворення та інцистування

Зважаючи на розмір типової бактеріальної клітини, її здатність накопичувати запаси поживних речовин є вкрай обмеженою. Якщо умови середовища різко погіршуються, бактерії просто немає звідки взяти ресурси для продовження існування. Тому найкращим виходом стає *анабіоз* — тимчасове призупинення життєдіяльності.

Бактерія може підготуватися до анабіозу заздалегідь, утворивши *спори* або *цисти* — спеціальні клітини з потовщеними стінками, зменшеним вмістом води і невеликим запасом поживних речовин (мал. 32.1).

Бактеріальна спора утворюється з частини цитоплазми активної бактеріальної

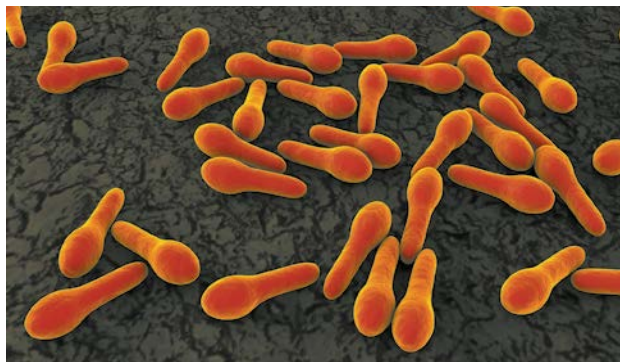


Мал. 32.1. Утворення ендоспори (а), екзоспори (б) та цисти (в) у бактерій

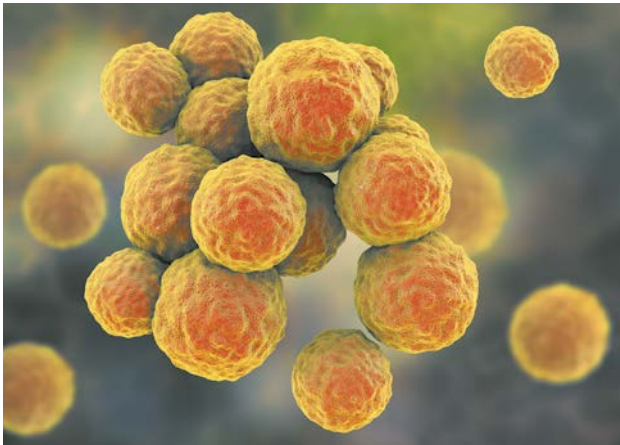
клітини. Якщо оболонка спори формується в цитоплазмі клітини, таку спору називають *ендоспорою* (бактерії з родів *Бацилюс* і *Клострідіум*) (мал. 32.2). Якщо ж спорова оболонка утворюється з частини оболонки активної клітини, перед нами *екзоспора* (бактерії з родів *Стрептоміцес* і *Нокардія*).

Відомі випадки, коли спори бактерій зберігали життєздатність понад 1000 років! А 1995 року палеонтологи знайшли в бурштині спори, вік яких сягав 25–40 мільйонів років. Потрапивши у сприятливі умови, деякі з них проросли, і вчені одержали живі бактерії віком 40 мільйонів років!

Бактеріальна циста утворюється з цілої активної клітини, яка оточується додатковими шарами захисної оболонки, росте, накопичує поживні речовини тощо. Цисти відомі в ціанобактерій, міксобактерій, азотобактерій тощо. Процес утворення цист називається *інцистуванням*.



Мал. 32.2. Клітини бактерії роду *Клострідіум* з ендоспорами всередині (ендоспори помітні за здуттями на кінцях клітин)



Мал. 32.3. Золотистий стафілокок — бактерія, що набула стійкості до багатьох антибіотиків

Формування резистентності до антибіотиків

Протягом останніх 70 років бактеріальні інфекції лікують за допомогою антибіотиків. Під тиском природного добору хвороботворні бактерії утворили численні адаптації, спрямовані на виживання у присутності цих речовин. Одні з них навчилися розкладати молекули антибіотиків, інші перебудували свій метаболізм так, що блоковані антибіотиками реакції стали неважливими. Ці властивості з'явилися в результаті випадкових мутацій (мал. 32.3).

Колосальна перевага, яку надали ці мутації, сприяла їх поширенню. Більш того, бактерії навчилися передавати гени стійкості до антибіотиків не лише своїм нащадкам, але й іншим клітинам свого або навіть іншого виду.

Стійкість, або *резистентність*, до антибіотиків сама по собі є серйозною проблемою сучасної медицини. Але додатково її посилює безсистемне застосування цих препаратів. Тому антибіотики слід приймати лише за призначенням лікаря.



Ключова ідея

Прокаріоти (бактерії й археї) мають численні фізіологічні адаптації. У несприятливих умовах вони утворюють спори або цисти, здатні роками існувати у стані анабіозу. А деякі види археї навіть в екстремальних умовах не припиняють свою життєдіяльність.

Пристосування археї до екстремальних умов існування

Археї — стародавня група організмів. Багато з них досі пристосовані до умов, що були типові для Землі 2–3 мільярди років тому, а сьогодні трапляються достатньо рідко. Тому серед археї поширені так звані *екстремофіли* — види, адаптовані до екстремальних умов. Окремі археї здатні до життєдіяльності за температури 123 °С, переживають нагрів до +400 °С, витримують кислотність на рівні рН = 0,06, лужність до рН = 12, солоність до 32 % тощо. Завдяки таким адаптаціям археї можна зустріти в гарячих, насичених отруйними газами геотермальних джерелах, кислих шахтних водах, надсолоних водоймах, зокрема в Мертвому морі та інших подібних місцях (мал. 32.4).



Солоне озеро в Херсонській області



Сірчане озеро в Ефіопії

Мал. 32.4. Місця мешкання археї



Запитання та завдання

1. Чому в цитоплазмі бактеріальних спор і цист зменшений вміст води? **2.** З якої причини анаеробне дихання трапляється в прокаріотів частіше, ніж в еукаріотів? **3.** Чому безсистемне застосування антибіотиків сприяє поширенню стійкості бактерій до цих речовин?

§ 33. Адаптації в протистів



Поміркуйте

Які органели, не потрібні клітинам багатоклітинних організмів, повинен мати одноклітинний еукаріот?



Згадайте

- Протисти
- Амеби
- Джгутиконосці
- Паразитизм
- Мутуалізм

Особливості адаптацій протистів

Протисти, або **нижчі еукаріоти**, — умовна група еукаріотичних організмів, яких об'єднує відсутність глибокої диференціації клітин та переважно одноклітинний рівень організації. В одноклітинному організмі всі життєві функції забезпечуються клітинними органелами. Саме тому в клітинах протистів, на відміну від клітин тварин, рослин та грибів, присутні органели опори (осьовий шип — *аксостиль*) (мал. 33.1. а), руху (*джгутики*, *аксоподії*, *псевдоподії*), живлення (*цитостом* — клітинний рот) (мал. 33.1. б), екскреції (*скоротливі вакуолі*) (мал. 33.1. в), активного захисту (жалкі ампули — *трихоцисти*) (мал. 33.1. г), фоторецепції (*стигма* — світлочутливе вічко) (мал. 33.2. а) тощо.

Регуляція життєвого циклу залежно від умов

Так само, як і прокаріоти, нижчі еукаріоти в несприятливих умовах переходять до анабіозу, утворюючи *цисти*. Це типово для більшості одноклітинних водоростей, амеб, гетеротрофних джгутиконосців, інфузорій тощо. У ході *інцистування* клітина протистів стискається, набуває кулястої форми і виділяє на своїй поверхні щільну оболонку. Покриви цисти переважно складаються з полісахаридів, але можуть також містити мінеральні солі й оксиди. Цисти деяких протистів здатні зберігати життєздатність протягом 5–15 років.

Після потраплення у сприятливі умови цисти проростають. Живий протопласт виходить з оболонки і набуває своєї типової форми. Зазвичай це відбувається з настанням теплового сезону або ж просто після дощу: для багатьох протистів сприятливим середовищем є звичайні калюжі.

У деяких паразитичних протистів (споровики, мікроспоридії) одна вегетативна клітина здатна утворювати численні стадії спокою, які призначені для поширення і зараження нових господарів. Такі клітини переважно називають *спорами* (зверніть увагу, що значення понять «спора» і «циста» стосовно протистів суттєво різняться).

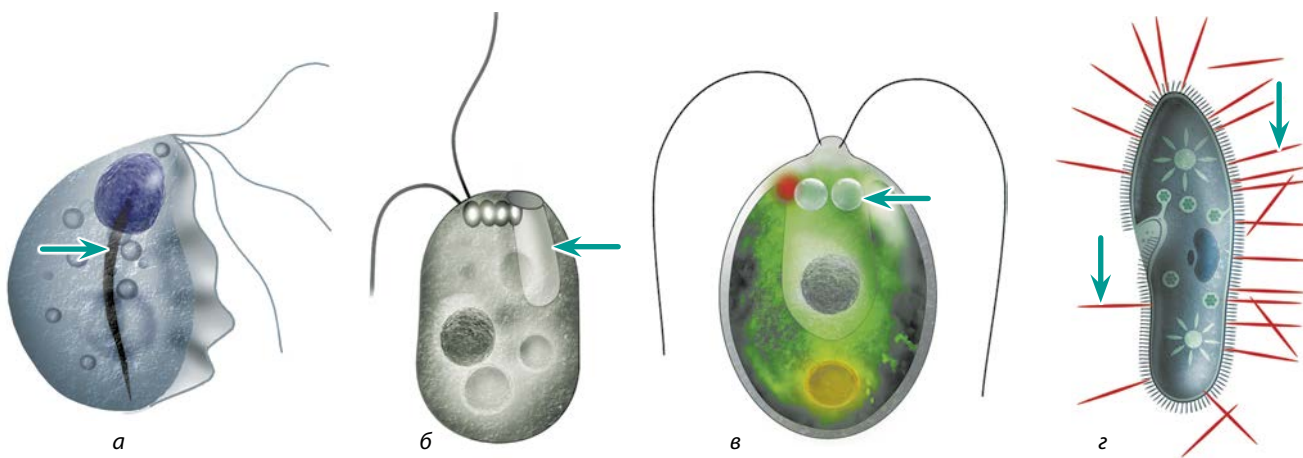


Рис. 33.1. Спеціалізовані органели протистів: а — аксостиль, органела опори у трихомонади, б — цитостом, органела живлення у гоніомонади, в — скоротливі вакуолі, органели виділення у хламідомонади, г — трихоцисти, органели захисту в інфузорії (у вивільненому стані)

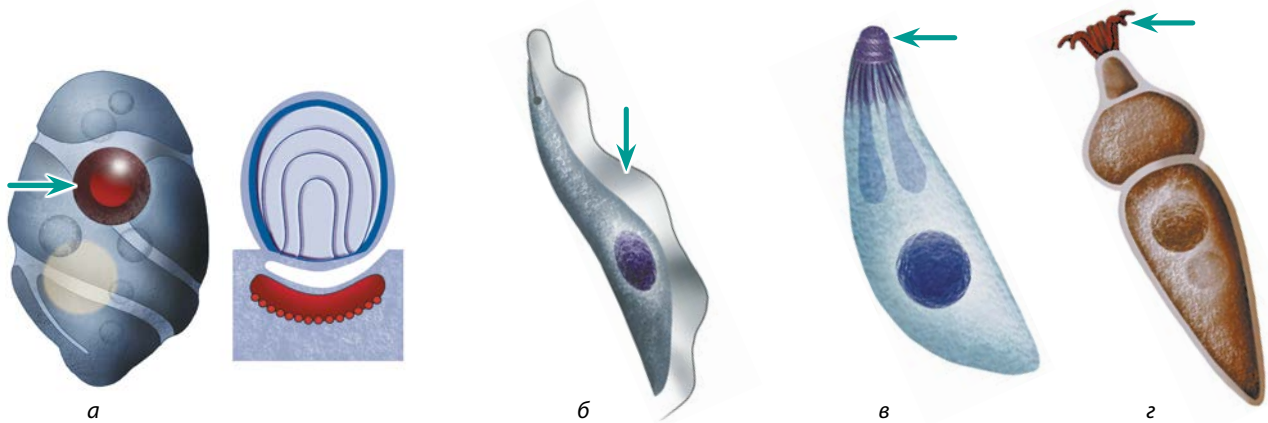


Рис. 33.2. Спеціалізовані органи протистів: *a* — стигма, органела світлочутливості у варновії (ліворуч — загальний вигляд клітини, праворуч — поперечний переріз стигми), *б* — ундулююча мембрана у трипаносомі — пристосування до руху у в'язкому середовищі, *в* — апікальний комплекс у малярійного плазмодія — пристосування до проникнення у клітину господаря, *г* — гачки у грегарини — пристосування до закріплення в тілі господаря

Пристосування паразитичних та мутуалістичних одноклітинних до співіснування з організмом хазяїна

У багатьох гетеротрофних протистів поширений паразитичний спосіб життя. Вони можуть мешкати в порожнинах травної системи тварин (лямблії), у м'яких тканинах (лейшманії), у крові (трипаносома, дизентерійна амеба) або навіть усередині клітин хазяїна (малярійний плазмодій). Опинившись у тілі багатоклітинних організмів, вони можуть втратити здатність до світлочутливості, активної ловлі здобичі, руху, аеробного дихання. Їхні мітохондрії часто деградують аж до повного зникнення.

Для пересування в густому внутрішньому середовищі (плазмі, секреті слизових оболонок) трихомонади і трипаносоми утворюють *ундулюючі мембрани* — пов'язані з джгутиком складки мембрани, схожі на плавці (мал. 33.2. *б*).

Внутрішньоклітинні паразити мають спеціальні пристосування до занурення у кліти-

ни хазяїна. Малярійний плазмодій утворює для цього так званий *апікальний комплекс* — органелу у вигляді конуса, що ніби втягує спору паразита до еритроциту людини (мал. 33.2. *в*). Спори плазмодіофорид пробивають стінки рослини-хазяїна величезним шипом, який щосили вистрелюється з клітини. А мікроспоридії потрапляють до клітин кишечника через спеціальну еластичну трубку. Паразити, що живуть поза межами клітин хазяїна, закріплюються на поверхні його органів за допомогою присосок (лямблії), гачків (грегарини) (мал. 33.2. *г*), скоротливих тяжів (оксимонади) (мал. 33.6).

Протисти, що співіснують із господарем на основі мутуалізму (взаємовигідного симбіозу), зазвичай мають менш вузькоспеціалізовану будову, ніж паразити. Наприклад, головною особливістю гіпермастигін, що живуть у кишечнику термітів і допомагають їм розщеплювати целюлозу, є величезна кількість джгутиків, потрібних для пересування у в'язкому середовищі.



Ключова ідея

Протисти, або нижчі еукаріоти, мають численні пристосування до самостійного життя: органи опори, руху, живлення, екскреції, активного захисту, фоторецепції тощо. Щоб пережити несприятливі умови, протисти вдаються до інцистування. Паразитичні види протистів мають пристосування до прикріплення, занурення в субстрат і пересування у в'язкому середовищі.



Запитання та завдання

1. Навіщо гетеротрофним протистам може знадобитися стигма (світлочутливе вічко)?
2. Якщо поставити на підвіконня відкриту склянку з водою, через певний час у ній з'являться численні протисти: амеби, водорості, інфузорії. Як вони там опинилися?
3. Чому в багатьох паразитичних протистів мітохондрії втратили свої функції?

§ 34. Адаптації в рослин



Поміркуйте

Які чинники найсильніше впливають на життєдіяльність рослин?



Згадайте

- Фотосинтез
- Транспірація
- Вічнозелені рослини
- Терморегуляція
- Гутація

Особливості адаптацій рослин

Неможливість вільно пересуватись у пошуках оптимальних місцеперебувань змусила рослини призвичаїтись до різних коливань зовнішніх умов, а жорстка конкуренція за ресурси змусила їх до поширення в районах із дуже суворим кліматом. Вживання в таких обставинах було б неможливим без спеціальних пристосувань.

Пристосування до низьких і високих температур

Вплив як низьких, так і високих температур на рослину призводить до майже однакових результатів: руйнування органів та втрати води. Тож пристосування до низьких і високих температур мають багато спільного і полягають у зменшенні площі листкових пластинок для обмеження випаровування води (хвойні, вересові, кактуси) та посиленні захисту поверхні через потовщення

клітинних стінок епідермісу й утворення воскової кутикули (ялиця, алое). Рослини полярних широт часто набувають приземистої, подушкоподібної або сланкої форми, щоб захиститись від холодних вітрів (полярні види верби та берези) (мал. 34.1).

Пристосування до нестачі і надлишку вологи

Листки рослин, що мешкають в умовах нестачі вологи, вкриті щільним багат шаровим епідермісом, а іноді й численними волосками, на яких уранці збирається роса. Продихи в таких рослин розташовані лише на нижній поверхні листка і заглиблені у спеціальні ямки, щоб завадити надлишковому випаровуванню води. Листки посухостійких рослин стають дрібними і жорсткими (чебрець, самосил), закручуються у трубочку (типчак, ковила), а іноді зовсім зникають (віничник) (мал. 34.2).

Кореневі системи в таких рослин сягають значної глибини (верблюжа колючка) або, навпаки, залягають поблизу поверхні, щоб збирати дощову вологу та росу (кактуси). Особлива група рослин, *сукуленти*, розвивають водоносні тканини і набувають «здутого» вигляду (кактуси, очитки, тропічні молочаї) (мал. 34.3).

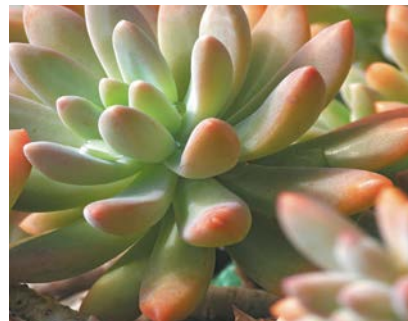
У рослин, що мешкають в умовах надлишку вологи, листки широкі й мають тонкий епідерміс, а продихи розташовуються на опуклих ділянках поверхні. Зайву вологу ці рослини можуть виділяти в рідкому вигляді шляхом *гутації* (приворотень).



Мал. 34.1. Сланка форма полярної верби — пристосування до сильних вітрів



Мал. 34.2. Втрата листків у віничника — пристосування до нестачі води



Мал. 34.3. Здуті листки, що накопичують воду,— пристосування очитки до нестачі води



Мал. 34.4. Накопичення антоціанів, що надають листкам сектріазії пурпурового кольору,— пристосування до надлишку світла

Пристосування до недостатнього і зайвого освітлення

Тіншовитривалі рослини компенсують нестачу світла збільшенням площі листової пластинки та кількості хлорофілу, тому їхні листки зазвичай темно-зелені (копитняк, щитник). Інша стратегія полягає в тому, щоб проходити фазу активного розвитку рано навесні, поки листки дерев іще не розкрилися і не затінили лісову підстилку (проліски, підсніжники, анемони).

Рослини, які потерпають від зайвої кількості світла, розташовують хлоропласти вздовж клітинних стінок, що розміщуються перпендикулярно до променів світла. Деякі види рослин накопичують у клітинах пігменти *антоціани*, що захищають хлорофіл від «перевантаження» (сектріазія, колеус) (мал. 34.4).

Пристосування до життя на оліготрофних ґрунтах

Рослини одержують із ґрунту численні мінерали, серед яких найважливішими є сполуки Нітрогену. Однак деякі ґрунти, зокрема й болотяні, дуже бідні на Нітроген. Рослини боліт можуть компенсувати нестачу Нітрогену, вдаючись до полювання на комах (росичка, товстянка) або водних безхребетних (пухирник).



Ключова ідея

Життєдіяльність рослин залежить від кількості світла, вологи, тепла, ґрунтових мінералів. Рослини пристосовуються до нестачі або надлишку кожного з цих чинників шляхом зміни гістологічної будови органів, видозмінення листків, стебел і коренів, а також завдяки різноманітним сезонним явищам.

Фотоперіодизм

Рослини здатні узгоджувати свої життєві процеси із сезонними явищами, обираючи час для проростання, квітіння, листопаду. «Календарем» для них зазвичай слугує тривалість світлового дня, що закономірно змінюється протягом року. Так звані *рослини короткого дня* (перець, кавун, кукурудза) квітнуть у період коротких днів. *Рослини довгого дня* (картопля, пшениця, шпинат), навпаки, потребують для квітіння понад 12 годин освітлення на добу. Деякі рослини квітнуть за будь-якої тривалості дня (томат, кульбаба). Фізіологічна реакція рослин на ритм освітлення називається *фотоперіодизмом*.



Практична робота

Вплив температури та рівня зволоженості ґрунту на інтенсивність транспірації (або закриття і відкриття процихів)

1. Візьміть два пагони кімнатної рослини та поставте у склянки з підфарбованою водою.
2. Одну склянку розташуйте в тіні, іншу — на сонці. Залиште на 2–3 години.
3. Зробіть ряд поперечних зрізів через стебло, починаючи з верхівки. Визначте висоту підняття води по стеблу.
4. Обчисліть швидкість підняття води у см/год. Зробіть висновок про причини різниці цієї швидкості між двома пагонами.



Практична робота

Виявлення морфологічних та фізіологічних адаптацій рослин до умов існування (екскурсія)

1. Складіть морфологічний опис п'яти видів рослин, які ви побачили під час екскурсії.
2. Спробуйте визначити за будовою листків, які з цих видів пристосовані до нестачі, а які — до надлишку світла, води, тепла.



Запитання та завдання

1. Чому під час морозу рослини страждають від нестачі води? 2. Чому в одних пустельних рослин кореневі системи сягають великої глибини, а в інших тягнуться під поверхню? 3. Навіщо листки ковили скручені у трубочку?

§ 35. Пристосування рослин до розмноження і поширення



Поміркуйте

Чому квіткові рослини, що часто мають і тичинки, і маточки, потребують перенесення пилку з квітки на квітку?



Згадайте

- Спорові та насінні рослини
- Голонасінні і покритонасінні рослини
- Пилок, тичинка, маточка

Пристосування рослин до запилення та запліднення

Вищі рослини не здатні до локомоції. Тому пасивне перенесення статевих клітин є для них основним способом запліднення, а перенесення зачатків — єдиним способом поширення.

Спорові вищі рослини мають рухливі сперматозоїди, які здатні пересуватися лише у воді. Тож на суходолі єдиним способом перенесення сперматозоїдів стають краплі дощової вологи. У насінних рослин заплідненню передують *запилення* — перенесення пилових зерен із чоловічих органів рослини на жіночі. Запилення може здійснюватися декількома способами.

Аерофілія — запилення за допомогою повітря. Воно потребує утворення великої кількості пилку та зібрання квіток у довгі, м'які суцвіття, що коливаються від вітру (береза, стоколос) (мал. 35.1).



Мал. 35.1. Чоловіче суцвіття ліщини пристосоване до аерофілії



Мал. 35.2. Запилення айстри бджолою — приклад ентомофілії



Мал. 35.3. Запилення квітки калліандри нектарницею — приклад орнітофілії

Гідрофілія — запилення за допомогою води. Характерне переважно для водних рослин (кушир, камка). Іноді з водою переноситься не пилок, а цілі чоловічі квітки (валіснерія).

Ентомофілія — запилення комахами. Запилувачами є перетинчастокрилі (бджоли, джмелі, мурахи), лускокрилі, твердокрилі. Цей спосіб запилення є основним у покритонасінних рослин і забезпечується численними адаптаціями, серед яких — утворення нектару, яскраве забарвлення оцвітини, липкий пилок тощо (мал. 35.2).

Орнітофілія — запилення за допомогою птахів, переважно тропічних (нектарниці, колібрі, медососи). У цей спосіб запилюються геліконія, банксія, калліандра (мал. 35.3).

Теріофілія — запилення ссавцями (кажанами, гризунами, сумчастими, лемурами). Так запилюються баобаб, дуріан (мал. 35.4).

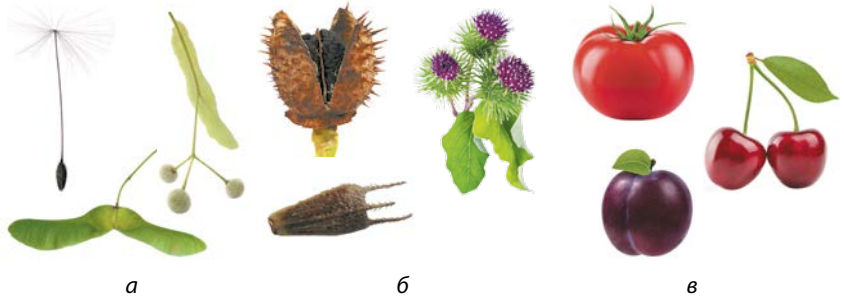
Пристосування рослин до поширення у природі

Пасивне поширення рослин зазвичай здійснюється за допомогою дрібних зачатків, так званих *пропагул*. До них належать спори, насінини, шишки, плоди, супліддя, виводкові бруньки. Виділяють декілька способів поширення пропагул рослин.

Анемохорія, або **аерхорія**, — поширення за допомогою вітру. Анемохорії сприяють малі розміри зачатків (спори папоротей, насіння орхідей), довгі волоски, зібрані в пучки та «парашутики» (тополя, будяк, кульбаба),



Мал. 35.4. Запилення квітки ананаса геконом — приклад теріофілії



Мал. 35.5. Приклади плодів та суплідь, пристосованих до анемохорії (а), епізоохорії (б) та ендозоохорії (в)

крилаті придатки (в'яз, ясен, клен), ниткоподібні вирости (ковила) (мал. 35.5, а).

Барохорія — поширення за допомогою сили тяжіння. Воно актуальне для тих рослин, у яких доступ до ґрунту ускладнений, наприклад, через його постійну затопленість. Ці рослини утворюють великі, важкі й загострені на кінцях плоди, що, падаючи з великою швидкістю, досягають ґрунту (мангрові рослини, такі як бругієра).

Гідрохорія — поширення за допомогою води. Їй сприяє здатність зачатка плавати на поверхні водойми і витримувати довге перебування у воді. Гідрохорію частіше використовують вторинноводні рослини (рдесник, ряска, латаття) та мешканці узбереж (кокосова пальма).

Зоохорія — поширення за допомогою тварин. Розрізняють *епізоохорію* — перенесення зачатків на зовнішніх покривах тварини, *ендозоохорію* — перенесення у травному тракті тварини та *синзоохорію* — поширення під час збирання та заготівлі. В епізоохорних рослин на пропагулах утворюються зачіпки (гравілат, парило, осот) або липкі речовини (липучка, омела) (мал. 35.5, б).

В ендозоохорних рослин розвинені їстівні для тварин структури — соковиті оплодні або м'ясисті вирости насіння (*арілуци*) (мал. 35.5, в).

Синзоохорні рослини поширюються завдяки тому, що під час збирання та заготівлі тварина завжди втрачає частину насінин (ліщина звичайна, сосна сибірська).

! Ключова ідея

Рослини пристосувались до перенесення гамет, пилку, спор, насіння, плодів за допомогою повітря, води, тварин або власних гігроскопічних рухів.

Автохорія — поширення без залучення сторонніх агентів за допомогою гігроскопічних рухів. У печіночників та хвощів у споровій масі присутні спеціальні ниткоподібні структури — *елатери*. Вони здатні скручуватися та розкручуватися залежно від вологості повітря, розрихлюючи та розкидаючи спори. Різке розкриття плодів, спричинене нерівномірним набуханням або, навпаки, висиханням різних шарів оплодня, трапляється в розрив-трави, фіалки, альстремерії, багатьох бобових. Нарешті, у деяких злаків щетинки на поверхні зернівки можуть здійснювати гігроскопічні рухи, у результаті чого плоди повзуть по землі.

ПР

Практична робота

Дослідження особливостей будови плодів і насіння залежно від способу поширення

1. Розгляньте плоди череди, кульбаби, черешні, гравілата, супліддя нетреби, будяка, шовковиці, насіння сосни та берези.
2. Поясніть, які пристосування до поширення вони мають.
3. На підставі спостережень складіть та заповніть таблицю.

Вид рослини	Спосіб поширення	Пристосування

≡

Запитання та завдання

1. Навіщо рослинам потрібно поширювати свої спори та насіння на великі відстані, коли вони можуть прорости прямо поряд із материнською рослиною? 2. Наведіть приклади пристосування рослин до запилення комахами. 3. Який спосіб поширення насінин типовий для рослин, плодами яких харчується людина? Чому?

§ 36. Захисні реакції в організмі рослин



Поміркуйте

У рослин немає імунної системи. Але чи є в них імунітет?



Згадайте

- Вакуоль
- Алкалоїди
- Глікозиди
- Флагелін
- Хітин

Хвороби рослин

Під впливом різних чинників рослини, так само, як і людина, можуть захворіти. Хвороби рослин поділяються на декілька груп.

Фізіологічні розлади спричиняються нестачею або надлишком поживних речовин, генетичними захворюваннями, порушеннями розвитку (мал. 36.1).

Травмування є результатом фізичного впливу абіогенних чинників: морозу, спеки, вогню (мал. 36.2).

Ураження, або інфекційні хвороби, виникають під дією паразитів: грибів, бактерій, вірусів, нематод, які розвиваються у тканинах рослин. Переважна більшість інфекційних хвороб рослин спричиняється грибами (мал. 36.3).

Ушкодження виникають під дією шкідників (переважно комах) та травоядних хребетних, які поїдають органи рослин.

Стійкість до патогенів та шкідників

Рослина може бути *вразливою* або *стійкою* до певного патогена чи шкідника. Стійкість рослин буває *вродженою* або *індукованою* (набутою); *специфічною* (тобто спрямованою проти конкретного патогена) або *неспецифічною*.

Вроджена неспецифічна стійкість забезпечується наявністю захисних покривів (клітинних стінок, кутикули, опушення, кори) та утворенням речовин, токсичних для патогенів та шкідників, — *фітоантиципінів* (алкалоїдів, глікозидів, терпенів, танінів, гіркот тощо). Ці токсини накопичуються у вакуолях, клітинних стінках або відмерлих тканинах рослин, найбільш уразливих до зараження та виїдання. Великих травоядних тварин рослини відлякують шипами (шипшина), колючками (глід), жалкими волосками (кропива).

Вроджена специфічна стійкість зумовлена реакцією рослин на речовини, що виділяє патоген, наприклад, на флагеліни, які входять до складу бактеріальних джгутиків, або на хітин, що входить до складу клітинної стінки грибів. Дуже важливою є здатність до розпізнавання речовин, за допомогою яких патоген намагається вплинути на рослину. Специфічне розпізнавання цих речовин у рослинному організмі здійснюють спеціальні *білки резистентності (R-білки)*, які дещо на-



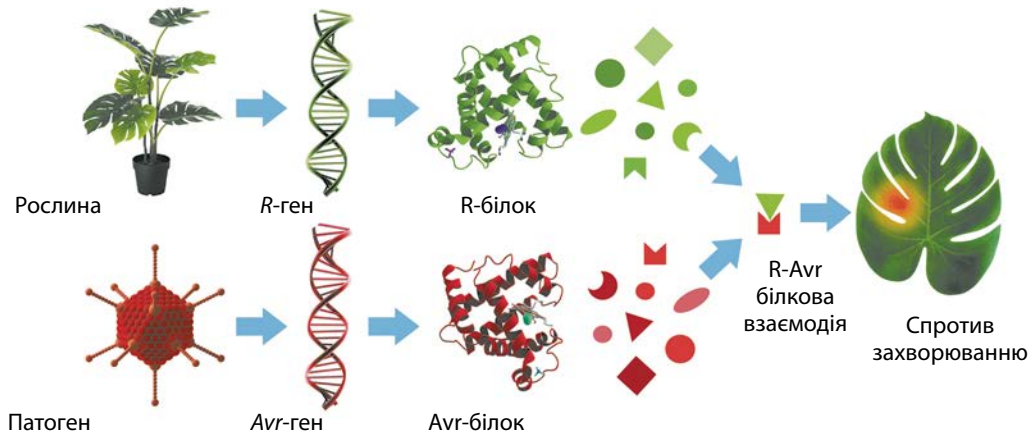
Мал. 36.1. Нестача Нітрогену — фізіологічний розлад



Мал. 36.2. Морозобійна тріщина — приклад травмування рослини



Мал. 36.3. Борошниста роса — інфекційна хвороба, спричинена грибами



Мал. 36.4. Схема розвитку реакцій вродженої специфічної стійкості в рослин

гадують антитіла тварин. Після зв'язування R-білка з речовиною, виділеною патогеном, ініціюється *реакція надчутливості*. Під час цієї реакції в ураженій ділянці відбувається руйнування мембран, утворення активних форм кисню, ліквідація запасів поживних речовин, вивільнення та синтез токсинів, зневоднення тощо. У цих умовах подальший розвиток патогену стає неможливим (мал. 36.4).

Індукована стійкість рослин завжди є неспецифічною. На будь-який чинник (ушкодження, травмування, дію екстремальних температур) у рослині виникає однакова захисна реакція, яка зумовлює підвищення її загальної стійкості. Подібна універсальність зумовлена тим, що під впливом руйнування в тканинах рослин накопичуються уламки пошкоджених структур: залишки полісахаридів клітинної стінки, вмісту вакуолей тощо. Ці речовини є *еліторами*, тобто «спусковими гачками» захисної реакції. У результаті цієї реакції відбувається синтез сигнальних мо-

лекул (*саліцилової* або *жасмонової кислот*), посилення покривних і механічних тканин, а також синтез індукованих токсинів — *фітоалексинів*. У швидкому формуванні захисної реакції певну роль відіграють електричні сигнали, що поширюються між клітинами флоєми.

Роль регенерації в адаптації рослин до дії пошкоджувальних чинників

Регенерація, тобто відновлення втрачених органів та частин тіла, властива рослинам навіть більше, ніж тваринам. У лабораторних умовах ціла рослина може бути відновлена з єдиної клітини (звичайно, якщо ця клітина має ядро).

Важливу роль у житті рослин відіграє регенерація після травм та ушкоджень. Як правило, зруйнована ділянка рослини заповнюється *калусом* — клітинами, позбавленими диференціювання. Далі вони перетворюються на тканини відновленої ділянки. Деякі пошкодження можуть заповнюватися не калусом, а пробкою або іншими тканинами. А після втрати цілих пагонів на певній відстані від рани утворюються нові пагони, що закладаються зі сплячих або нових (*адвентивних*) бруньок.

Ключова ідея

Хвороби рослин спричиняються фізіологічними причинами, травмами, паразитами та шкідниками. Від активності ворожих організмів рослина може оборонятися за допомогою різних систем захисту: вродженої неспецифічної, набутої неспецифічної та індукованої стійкості. Усі форми стійкості забезпечуються системним посиленням міцності рослинного організму та накопиченням у ньому токсинів. Наслідки травм і ушкоджень можуть долатися шляхом регенерації.

Запитання та завдання

1. Чи існують загальні причини того, що більшість хвороб тварин викликають бактерії, а більшість хвороб рослин — гриби?
2. Як людина навчилася використовувати токсини, які накопичують рослини?
3. Чи існують рослини, захищені від поїдання людиною?

§ 37. Значення ендокринної та нервової систем для адаптації в людей і тварин



Поміркуйте

Чому емоції можуть впливати на фізіологічні функції організму?



Згадайте

- Гормони
- Ендокринні залози
- Роль безумовних рефлексів у підтриманні гомеостазу

Гіпоталамо-гіпофізарний комплекс як центр управління адаптаційними змінами

Як вам уже відомо, усі функції організму хребетних тварин регулюються нервовою та ендокринною системами. Для досягнення корисного для організму пристосувального результату ці системи взаємодіють між собою. Вибіркове об'єднання окремих структур організму в цілісну систему для виконання будь-якого акту поведінки або функції називається **функціональною системою**.

Злагоджену взаємодію нервової й ендокринної систем забезпечує **гіпоталамо-гіпофізарна система**. Гіпоталамус є частиною проміжного мозку і пов'язаний майже з усіма відділами ЦНС. Від його основи відходить маленька структура — гіпофіз, до складу

якого входять передня і задня частки. Гіпоталамус і передня частка гіпофіза пов'язані спільною системою кровоносних судин.

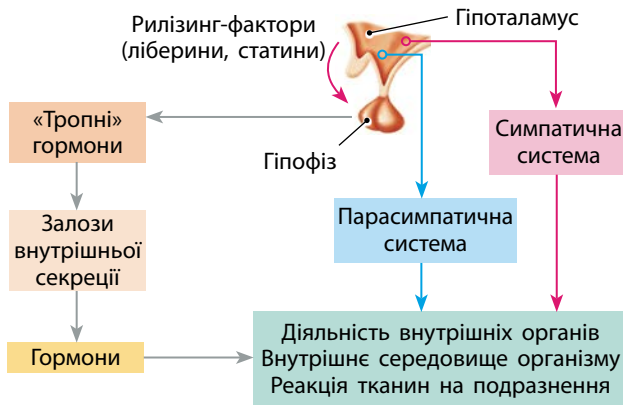
Клітини гіпоталамуса мають подвійну функцію. По-перше, вони функціонують, як звичайні нервові клітини, посилаючи іншим нейронам нервові імпульси, а по-друге, вони здатні секретувати біологічно активні речовини.

Коли клітини гіпоталамуса сприймають сигнали, що надходять із різних частин нервової системи, вони у відповідь секретують нейропептиди, які надходять у гіпофіз. Нейропептиди, що впливають на клітини передньої долі гіпофіза, називаються *рилізинг-факторами*, а на клітини задньої долі — *нейрогормонами*.

Під дією рилізінг-факторів гіпоталамуса передня частка гіпофіза виділяє в кров гормони, які регулюють ендокринну функцію парацитоподібних залоз, наднирників і підшлункової залози. Нейрогормони гіпоталамуса — антидіуретичний гормон (АДГ) та окситоцин — надходять у задню частку гіпофіза, секретуються нею в кров і діють на органи-мішені безпосередньо.

Таким чином, гіпоталамо-гіпофізарна система є прикладом тісної взаємодії нервового і гуморального способів регуляції функцій організму. Нервові імпульси, що надходять із мозку, перетворюються гіпоталамусом на ендокринні стимули (мал. 37.1).

Рилізінг-фактори гіпоталамуса	Гормони, що секретуються гіпофізом	Дія гормонів передньої долі гіпофіза
Соматоліберин і соматостатин	Соматотропін (СТГ)	Гормон росту, сприяє росту тканин
Кортиколиберин	Адренкортикотропін (АКТГ)	Сприяє синтезу і секретії гормонів кори надниркових залоз. Секреція АКТГ стимулюється стресом
Тироліберин	Тиреотропін (ТТГ)	Необхідний для синтезу і секретії гормонів щитоподібної залози
Гонадоліберини: фоліберин і люліберин	Гонадотропіни: фолікулостимулюючий (ФСГ) і лютеїнізуючий (ЛГ) гормони	ФСГ у чоловіків контролює сперматогенез, у жінок він необхідний для росту фолікулів яєчника. ЛГ у чоловіків сприяє синтезу тестостерону, у жінок — синтезу естрогенів і прогестерону
Пролактоліберин і пролактостатин	Пролактин	Стимулює утворення молока після народження дитини
Меланоліберин і меланостатин	Меланотропіни	Відповідають за пігментацію шкіри



Мал. 37.1. Гіпоталамо-гіпофізарна система зумовлює структурний і функціональний зв'язок нервової й ендокринної систем

Роль гормонів у пристосувальних реакціях

Під час адаптації організму до умов середовища велику роль відіграє гормональна регуляція обміну речовин. Гормони регулюють активність клітин організму, змінюючи перебіг їх метаболічних реакцій.

Як ви вже знаєте, гормональний сигнал сприймається клітиною декількома способами (докладніше див. § 22). Деякі гормони взаємодіють із рецепторами на поверхні клітини, і їхній сигнал далі передається за допомогою вторинних посередників. Деякі гормони дифундують через плазматичну мембрану, взаємодіють із внутрішньоклітинними рецепторами і потім переносяться в ядро. Як результат — у клітині змінюється активність уже синтезованих ферментів або ж регулюється транскрипція їх генів у ядрі (мал. 22.1). Таким чином гормональний сигнал змінює перебіг метаболічних реакцій у клітині.

Наприклад, якщо необхідно посилити фізичну активність організму, гормони посилюють синтез структурних і ферментних білків. Унаслідок цього збільшується кількість клітинних структур, зростає функціональна активність клітини, органа, а значить, і організму в цілому. Крім того, гормони посилю-

Ключова ідея

Усі функції організму хребетних тварин регулюються нервовою та ендокринною системами. Злагожену взаємодію нервової й ендокринної систем забезпечує гіпоталамо-гіпофізарний комплекс.

ють енергетичний обмін, а саме стимулюють розщеплення жирів, глікогену і мобілізацію глюкози.

Роль умовних рефлексів у пристосувальних процесах

Діяльність нервової системи щодо пристосування тварин і людини до мінливих умов середовища реалізується через рефлекси. У процесі еволюції виникли *безумовні рефлекси* — спадково закріплені реакції, які здійснюють адаптацію організму у відповідь на конкретні подразники (докладніше див. § 24). Однак набір безумовних рефлексів обмежений і не може забезпечувати правильну реакцію абсолютно на всі подразники, особливо на ті, що діють у нестандартних умовах.

Швидку реакцію на найрізноманітніші умови у вищих тварин і людини забезпечують *умовні рефлекси* — індивідуальні, вироблені протягом життя реакції на зміни навколишнього середовища. Умовний рефлекс сприймає нейтральний зовнішній подразник (наприклад, світло лампочки) як провідник безумовного подразника (поява їжі) і підлаштовує поведінку організму під конкретну ситуацію (виділення слини).

Умовні рефлекси забезпечують більш удале пристосування організму до мінливих умов життя. Вони сприяють пошуку їжі за запахом, своєчасному униканню небезпеки, орієнтації в часі та просторі. Умовно-рефлекторне відділення слини і шлункового соку на вигляд, запах, час прийому їжі створює кращі умови для перетравлення їжі ще до того, як вона потрапила до організму. Збільшення легеневої вентиляції до початку роботи, що стимулюється виглядом обстановки, у якій відбувається робота, сприяє кращій працездатності під час м'язової діяльності.

Запитання та завдання

1. Як об'єднуються шляхи нервової й ендокринної регуляції функцій організму?
2. Користуючись даними, наведеними в таблиці, складіть схему пристосувальної нервово-гуморальної відповіді організму під час стресу.
3. Поясніть, чому у випадку пухлин проміжного мозку в людини розвивається гігантизм (занадто високий зріст) або акромегалія.
4. Які умовні рефлекси, що допомагають уникнути небезпеки, маєте саме ви?

§ 38. Адаптації людини й тварин до жару й холоду



Поміркуйте

Чому в холодному кліматі жир у тварин розподіляється рівномірно під шкірою, а в жаркому кліматі жир запасається локально, в окремих частинах тіла (як-от у верблюдів, курдючних овець, зебу)?



Згадайте

- Активність ферменту
- Субстрати для енергетичного обміну

Адаптація людини до жару й холоду

Пристосування до холоду — найбільш складний вид кліматичної адаптації людини. Адаптації до жару в нас вироблені краще, ніж до холоду, тому що наші предки жили в умовах теплого клімату, і в процесі еволюції відбувалася адаптація до тепла. Перша реакція організму на вплив холоду спрямована на *зменшення тепловтрат*. Рефлекторно звужуються кровоносні судини шкіри, і це зменшує тепловіддачу. Окрім цього, кровоток перерозподіляється до внутрішніх органів, що допомагає підтримувати їхню температуру. Також організм посилює *продукцію тепла* через посилення обміну речовин. Особливо активується катаболізм ліпідів і вуглеводів, у процесі розпаду яких виділяється багато енергії. Якщо тепловтрати не компенсують-

ся, починається *тремтіння* — мимовільне скорочення підшкірних м'язів, енергія якого перетворюється на тепло.

Механізми адаптації до перегрівання спрямовані, навпаки, на *збільшення тепловіддачі й зниження теплопродукції*. Насамперед відбувається розширення кровоносних судин шкіри, і через шкіру організм віддає в навколишнє середовище надлишок тепла. У той час, як температура середовища підвищується, ефективність цього механізму тепловіддачі знижується. Якщо температура перевищує $+30^{\circ}\text{C}$, провідним стає *потовиділення*. Волога, що випаровується з поверхні тіла й дихальних шляхів, охолоджує організм.

У людини, яка багаторазово контактує з холодом, виробляються *довготривалі захисні механізми*. Наприклад, у жителів північних регіонів підвищений газообмін, високий вміст холестерину й жирних кислот у сироватці крові, товстий шар підшкірного жиру. Інтенсивність обміну речовин у них підвищено на 10–15%. В ескімосів це перевищення становить 15–30%, до того ж основну масу їхнього раціону становлять білки й жири.

Морфологічною адаптацією до клімату є різна статура корінних жителів холодних і жарких місцевостей (мал. 38.1). Довгі кінцівки збільшують площу поверхні тіла, тож збільшується тепловіддача. Невисокий зріст, короткі кінцівки, розвинений шар підшкірного жиру запобігають зайвим тепловтратам.

Крім того, люди пристосовуються до холодного й жаркого клімату за рахунок особливостей поведінки, одягу, конструкції житла, харчування.

Адаптації тварин до холоду

Фізична терморегуляція у тварин здійснюється завдяки особливим анатомічним і морфологічним рисам їхньої будови.

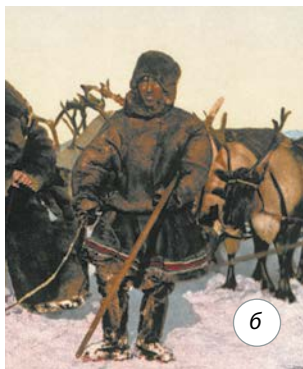


Дізнайтеся більше

Людина під час сильної жару може виділити до 12 л поту за день, розсіюючи тепло в десять разів більше за норму.



а



б

Мал. 38.1. Пропорції тіла людини в різних кліматичних умовах: а — Африка, б — Аляска



Густе хутро ссавців, пір'яний і пуховий покриви тіла птахів дозволяють зберігати навколо тіла прошарок повітря і зменшує тепловіддачу. У тварин, що мешкають у холодних кліматичних умовах, розвинений підшкірний прошарок жиру, бо жир — гарний теплоізолятор.

Багато тварин здатні підтримувати оптимальну температуру тіла за рахунок роботи м'язів. Наприклад, джмелі розігрівають тіло спеціальними м'язовими скороченнями, бджоли посилено махають крилами, щоб збільшити температуру у вулику. Таке підтримання температури потребує великих витрат енергії, тому тварини потребують більшої кількості їжі. У разі нестачі їжі взимку такий тип терморегуляції не вигідний.

Деякі тварини зимою впадають у сплячку. Під час сплячки всі хімічні процеси в організмі сповільнюються і потреба в їжі зменшується.

Існують і біохімічні адаптації до низьких температур. Наприклад, пойкилотермні тварини пристосовані до підтримання постійного рівня обміну незалежно від температури. Це забезпечується ферментами, які в разі зниження температури змінюють конформацію, і реакції відбуваються активніше. Також одні ферменти можуть заміщуватися іншими, що працюють за низьких температур. Такі адаптації потребують часу, оскільки відбуваються на рівні генетичної регуляції: інактивуються одні гени й активуються інші.

Тварини краще витримують вплив негативних температур тоді, коли в їхньому тілі менше води. Бо за негативних температур вода перетворюється на лід. Тому зимою відносний уміст води в тілі пойкилотермних тварин зменшується. Деякі тварини накопичують у біологічних рідинах *антифризи* — речовини, що знижують температуру замерзання розчинів. Наприклад, у багатьох полярних комах у гемолімфі дуже високий рівень гліцеролу, тому вони витримують тем-



Мал. 38.2. Ящірки стрімко перебігають гарячі поверхні, зменшуючи контакт із ґрунтом

пературу нижче за -10°C . В арктичних риб спостерігається висока концентрація солей у плазмі крові, що також знижує температуру замерзання.

Адаптація тварин до перегріву

Ефективним механізмом зниження температури тіла є випаровування шляхом потовиділення або крізь вологі слизові оболонки порожнини рота і верхніх дихальних шляхів. У собаки випаровування здійснюється тільки через слизові оболонки рота. До того ж частота його дихання сягає 300–400 вдихів на хвилину. Багато рептилій за критичних температур важко дихають або тримають рот відкритим. Бджоли, що літають у жарку погоду, виділяють із рота краплю рідини, випар якої видаляє надлишок тепла.

Збільшення поверхні тіла забезпечує інтенсивнішу віддачу тепла в навколишнє середовище. Як правило, поверхня тіла у ссавців — мешканців жарких регіонів — збільшується за рахунок більш довгих вух, хвостів, кінцівок.

У сильну жару тварини ховаються в тіні, норах, щілинах. У пустелях удень деякі види ящірок і змії зариваються в менш нагріті шари піску (мал. 38.2).



Запитання та завдання

1. Чому тепловіддача з поверхні шкіри людини неефективна для терморегуляції за температури навколишнього середовища вище 36°C ?
2. Наскільки ефективним для терморегуляції буде потовиділення у вологих тропіках?
3. Як люди адаптуються до холодного й жаркого клімату за рахунок харчування?
4. Поясніть, чому люди, пристосовані до різних кліматичних умов, мають різні пропорції тіла?
5. Подумайте, як тварини можуть використовувати житло й притулок для терморегуляції.



Ключова ідея

Кліматичні адаптації тварин і людини спрямовані на регуляцію тепловіддачі й рівня основного обміну. На внутрішньоклітинному рівні адаптуються властивості цитоплазми й температурний діапазон активності ферментів.

§ 39. Адаптації людини й тварин до гіпоксії, тиску, концентрації солей



Поміркуйте

Людина може затримати подих максимум на кілька хвилин. А кашалоти перебувають під водою декілька годин. Як їм це вдається?



Згадайте

- Гіпотонічне й гіпертонічне середовище
- Осмос, осмотичний тиск
- Функції гемоглобіну і міоглобіну

Пристосування до гіпоксії та тиску в умовах високогір'я

У високогірних районах атмосфера розряджена і вмісту кисню в повітрі недостатньо для нормального дихання. За таких умов виникає *гіпоксія*.

У разі *екстреної адаптації* до гіпоксії збільшуються частота й глибина подиху, посилюється серцебиття, розширюються судини головного мозку й серця. Посилюється ефективність процесів енергетичного обміну, особливо гліколізу. Стимулюється вихід еритроцитів із кров'яних депо (селезінки).

Якщо гіпоксія триває досить довго, формуються механізми *тривалої адаптації*. Відбувається гіпертрофія легень і серцевого м'яза, збільшується кількість альвеол у легенях. Активується утворення еритроцитів. У клітинах збільшується число мітохондрій,



Мал. 39.1. У лам із високогір'я Південної Америки насиченість артеріальної крові киснем навіть на висоті понад 3000 м залишається вищою за 92%

у тканинах підвищується ефективність метаболізму.

У корінних мешканців високогір'їв Південної Америки й Гімалаїв наявні генетичні зміни молекули гемоглобіну, який добре насичує артеріальну кров киснем. Така адаптація характерна і для людей, і для тварин (мал. 39.1).

Адаптація до гіпоксії в пірнаючих тварин

Ефективні адаптації до нестачі кисню формуються в пірнаючих тварин. Так, морські змії можуть перебувати під водою 2,5 години, морські черепахи — 6 годин, кашалоти — до 2 годин (мал. 39.2).

Пірнаючі тварини мають збільшений об'єм легень і високий вміст гемоглобіну в крові. Уміст міоглобіну в м'язах пірнаючих ссавців у 4 рази більший за наземних тварин. Під час занурення частота серцевих скорочень знижена, кровоток уповільнений і перерозподілений так, що насамперед кров'ю забезпечується головний мозок. Окрім того, кисень дуже заощаджується. Частина клітин може тимчасово переходити до анаеробного гліколізу.

Пристосування водних тварин до екстремальних глибин

Зі збільшенням глибини у водоймах знижуються концентрація їжі і вміст кисню. На великих глибинах немає сонячного світла, низька температура і величезний тиск. Відо-



Мал. 39.2. Кашалоти здатні зупиняти подих на 2 години, занурюючись на глибину понад 1000 м



мо, що під час збільшення глибини на кожні 10 м тиск збільшується на 1 атмосферу. Тобто живі істоти, що живуть на глибині океану до 10 000 м, зазнають надзвичайного тиску.

В усіх глибоководних риб слабо розвинені кістяк і мускулатура. Завдяки проникності тканин м'язи й кістки глибоководних риб просочені водою так, що риба відчуває однаковий тиск і зсередини, і ззовні. Чим глибше середовище існування, тим більш желеподібним є тіло риб і меншою частка кісткової структури. Такі характеристики роблять мешканців глибин повільними й менш рухливими порівняно з рибами, які живуть поблизу поверхні води.

Глибоководним риbam притаманний своєрідний баланс метаболічних реакцій. У них відбуваються такі біохімічні реакції, у яких об'єм продуктів менший за об'єм субстратів. Адже реакції, що спричинюють збільшення об'єму, будуть гальмуватися тиском.

Відсутність сонячного світла на глибині робить фотосинтез неможливим, тому джерелом енергії для глибоководних риб є органіка, яка опускається зверху. Мізерні запаси їжі — причина малих розмірів глибоководних тварин.

Багатьом глибоководним мешканцям властива біоломінесценція. За допомогою світла вони шукають корм, спілкуються, відволікають хижаків.

Збереження водно-сольового гомеостазу

Гіпотонічне середовище. Оскільки концентрація солей у прісній воді нижча, ніж у клітинах, вода надходить в організм прісноводних гідробіонтів осмотичним шляхом. В одноклітинних тварин цей процес відбувається через поверхню клітини, у багатоклітинних — через зябра й слизову оболонку травного тракту.

Щоб вилучити зайву воду й підтримати на потрібному рівні осмотичний тиск, організм активно виводить надлишок води через

скорочувальні вакуолі (у найпростіших) або через бруньки у складі сечі. Але разом із сечею з організму виводяться й необхідні для життєдіяльності солі.

Ці втрати солей необхідно компенсувати. Прісноводні тварини роблять це, закачуючи різні йони з навколишнього середовища крізь поверхню тіла й зябер. Цей процес відбувається як активний транспорт — проти градієнта концентрації.

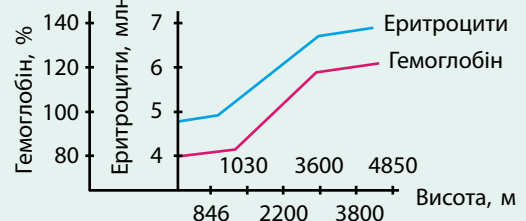
Гіпертонічне середовище. Завдання осморегуляції в морському середовищі зворотне: у морі концентрація солей вища, чим в організмі. У результаті осмосу вода залишає клітини і організм весь час зневоднюється.

Тому морські риби постійно п'ють воду, але й одержують надлишок солей, який виводиться через зябра, нирки (із сечею), кишечник. У ниркових каналцях морських кісткових риб реабсорбція йонів дуже знижена, а зворотне всмоктування води з первинної сечі відбувається вкрай інтенсивно.

ПР Практична робота

Моделювання адаптаційних змін в організмі людини (або тварин) при зміні умов (спека, холод, підйом в гори)

1. Розгляньте графік, на якому показана кількість еритроцитів (млн) та концентрації гемоглобіну (%) в людей, які постійно живуть на різних висотах.
2. Визначте, на скільки відсотків збільшаться обидва показники, якщо людина, котра мешкає на висоті 0 м над рівнем моря, потрапить надовго на висоту 2200 м і 3800 м над рівнем моря.
3. Зробіть висновки про причини спостережуваних змін.



! Ключова ідея

Довгочасні адаптації до гіпоксії формуються в мешканців високогірних районів і пірнаючих тварин. На значних водних глибинах живі істоти адаптуються до високого тиску, холоду, темряви. Прісноводні й морські мешканці по-різному підтримують водно-сольовий баланс.

≡ Запитання та завдання

1. Чому в умовах гіпоксії збільшується кількість мітохондрій у клітинах? 2. Чому глибоководні риби гинуть, якщо намагатися підняти їх на поверхню? 3. Поясніть, чому морські риби не можуть жити в річках.

§ 40. Адаптації тварин до умов харчування



Поміркуйте

Коли корова «жує жуйку», що насправді відбувається в її організмі?



Згадайте

- Травний тракт, апендикс
- Симбіотичні мікроорганізми кишечника
- Хижаки й паразити
- Фільтрація як спосіб харчування

У вивченні харчових зав'язків розрізняють *еврифагію* — харчування різноманітною їжею (рослинною й тваринною), *стенофагію* — харчування однорідною їжею, *монофагію* — харчування одним видом їжі, *поліфагію* — харчування різноманітною їжею (всеїдність), *зоофагію* й *фітофагію*.

Рослиноїдні тварини — фітофаги

У багатьох *фітофагів* еволюційно сформувався гризучий тип ротового апарату й різного роду пристосування до подрібнення, перетирання їжі. У різних рослиноїдних ссавців — це зубна система гризучого типу або зубний апарат, що перетирає їжу, у комах — це ротовий апарат, що гризе. Деякі тварини пристосовані до харчування соком рослин або нектаром квіток. Ротовий апарат у таких видів сформований у вигляді трубочки, за допомогою якої всмоктується рідка їжа.

Пристосування до харчування рослинами виявляються й на фізіологічному рівні. Особливо виражені вони у тварин, які харчуються грубими тканинами рослин, що містять велику кількість клітковини. Для розщеплення клітковини необхідний фермент целюлаза, якого немає в хордових. В організмі більшості тваринних розщеплення клітковини здійснюється симбіотичними бактеріями й деякими найпростішими в кишечнику.

На переробці клітковини спеціалізовані жуйні копитні, шлунок яких має складну будову. У першому відділі — *рубці* — рослинна їжа зазнає впливу ферментів симбіотичних

бактерій і найпростіших. Потім їжа потрапляє в сітку, звідки відригається й удруге пережовується. У наступному відділі — *книжці* — їжа механічно подрібнюється. В останньому відділі шлунка — *сичугу* — їжа зазнає дії шлункового соку й далі переміщується в кишечник. Рослинна їжа розщеплюється набагато повільніше, ніж тваринна, тому в рослиноїдних хребетних довжина шлунково-кишкового тракту в 6–10 разів більша за довжину тіла.

В інших ссавців основним місцем переробки клітковини є товста кишка, особливо її сліпий виріст — *апендикс*. Хімічно ці процеси подібні до процесів травлення в рубці.

Перетравлювання клітковини за участі бактерій і найпростіших поширене й серед безхребетних тварин. У термітів, наприклад, ця функція здійснюється за допомогою найпростіших (джгутикових) і бактерій.

Тварини, що поїдають інших тварин, — зоофаги

Зоофаги мають специфічні пристосування до особливостей харчування. Їхній ротовий апарат часто пристосований до захоплення й утримання жертви (мал. 40.1). В активних хижаків дуже розвинені нервова система, органи руху й органи чуттів. Травний тракт коротший, ніж у фітофагів.

У разі харчування тваринами, які мають щільні захисні покриви, формуються пристосування для їх руйнування. Наприклад, хижі молюски, які харчуються представниками того самого типу, «просвердлюють» їхні раковини за допомогою концентрованих мінеральних кислот, що виробляють спеціальні



Дізнайтеся більше

У корів масою 550–650 кг шлунок важить 75–125 кг. Рубець корів являє собою м'язовий мішок, об'єм якого досягає 200 л.

Кишечник людини має близько 7 м завдовжки. У травоїдної кози або вівці один лише тонкий кишечник завдовжки понад 20 м. У кішки довжина кишечника — до 2 м.

Об'єм апендикса в коня — близько 35 л.



Мал. 40.1. Зуби акул, китовий вус, ікла хижака, різці гризуна

залози. Спеціалізовані зуби скатів («тертка») розчавлюють панцири голкошкірих і раковини молюсків.

На фізіологічному рівні адаптації зоофагів виявляються у специфічності дії ферментів, «налаштованих» на перетравлювання їжі тваринного походження. Наприклад, у деяких комахоїдних ссавців і птахів, амфібій, рептилій і в деяких водних хребетних у шлунку є фермент хітиназа, що гідролізує хітин.

Зуби

Щуки, дельфіни, жаби й багато інших тварин використовують зуби тільки для захоплення й утримання здобичі, а не для її подрібнення. Акули й піраньї гострими зубами розривають жертву.

Найскладніший зубний апарат мають ссавці. Їхні зуби диференційовані за формою і призначенням. Різці призначені для захоплення й первинної обробки їжі. Ікла є знаряддям захисту або нападу. Передкорінні й кутні зуби потрібні для остаточного подрібнення й перетирання їжі.

Форму й розвиток різних типів зубів визначає характер харчування. Наприклад, у хижаків краще розвинені ікла, у рослиноїдних — кутні зуби. У гризунів більші різці, які сточуються й постійно ростуть (мал. 40.1).

Харчування паразитів

У паразитичний спосіб харчуються деякі протисти (малярійний плазмодій, дизен-

терійна амеба), бактерії (дифтерійна паличка, холерний вібріон, стафілококи), безхребетні тварини (сисуні, стрічкові черви, аскариди, кровосисні комахи).

Ендопаразити використовують в їжу речовини, легкодоступні для засвоєння і які не потребують складного травлення (кров, напівперетравлений уміст травного тракту, м'які тканини); вони поглинають поживні рідини поверхнею тіла (стьожкові черви) або всмоктують через ротовий отвір (аскарида, сисуні).

Паразити, що харчуються кров'ю (членистоногі, п'явки, кажани), мають колючосисний ротовий апарат. У секреті слинних залоз у них утримуються антикоагулянти, що перешкоджають зсіданню крові.

Фільтрація

Багато гідробіонтів харчуються шляхом *фільтрації*. Це відціджування або осадження завислих у воді органічних часток і дрібних організмів. Такий спосіб харчування характерний для пластинчастозябрових молюсків, сидячих голкошкірих, асцидій, вусатих китів. Двостулкові молюски, морські жолуді відціджують їжу за допомогою війок або щетиноподібних вусиків. У вусатих китів цю функцію виконують ротові пластини — китовий вус (мал. 40.1). Набравши в рот води, кит проціджує її через пластини, а потім заковтує застряглих між ними дрібних ракоподібних.

Запитання та завдання

1. Чому тварини-фітофаги мають менш розвинену мускулатуру й менш рухливі, ніж тварини-зоофаги?
2. Як за кістковими рештками виконаних ссавців можна визначити, чим вони харчувалися?



Ключова ідея

Адаптації до умов харчування пов'язані з морфологією тіла й фізіологічними процесами.

§ 41. Добові та сезонні адаптації тварин



Поміркуйте

Чому деякі тварини впадають у літню сплячку?



Згадайте

- Біоритми
- Сплячка

Добові адаптації

Добові адаптації тварин пов'язані з біологічними ритмами, які відповідають природному 24-годинному циклу зміни дня й ночі. Це так звані *циркадні ритми*. Майже всі тварини пристосовують до них свої фізіологічні й поведінкові процеси.

Із добовими біоритмами пов'язано багато фізіологічних показників (пульс, артеріальний тиск, температура тіла, рівень гормонів у крові тощо), від яких залежить активність організму. Протягом доби відбуваються циклічні коливання інтенсивності різних фізіологічних процесів організму. Добові біоритми значно виражені у тварин і людини: час активної діяльності й відпочинку в різних видів змінюється по-різному. Прикладом циркадного ритму у тварин є цикл сон — неспанья. Денні тварини добувають їжу вдень, для нічних (сови, кажани) період неспанья настає з темрявою.

Сезонні адаптації

Сезонні біоритми особливо виражені у тварин і рослин, що мешкають у регіонах зі значними сезонними змінами клімату. З порами року пов'язані ритми розмноження тварин та їх міграцій (насамперед перелітних птахів), настання фенологічних фаз розвитку рослин (цвітіння, плодоношення, скидання листків на зиму).

Тварини, що залишаються зимувати в умовах холодного клімату, реагують на зміни температури підвищенням ступеня теплоізоляції тіла (мал. 41.1). Так, теплоізоляційна здатність зимової «шуби» бурого ведмедя на 93 % вища за літню.



Мал. 41.1. Зимове хутро рисі та зайця

Пристосування до сезонних змін умов харчування зводяться переважно до зміни кормів за сезонами року, до зміни місць і способів пошуку їжі, запасання кормів.

Зокрема, в багатьох птахів у процесі еволюції сформувалася сезонна зміна кормів, тобто перехід на харчування тими кормами, які найбільш рясні або доступні в певний сезон року. Наприклад, великий строкатий дятел улітку харчується переважно комахами, а восени або взимку майже повністю переходить на рослинні корми — насіння хвойних дерев, горіхи й жолуді.

Більшість видів, здатних змінювати склад кормів, веде осілий і напівосілий спосіб життя або здійснює недалеко перельоти в межах тих самих широт.

Зимова сплячка та заціпеніння у тварин

Сплячка — стан заціпеніння, або «глибокого сну», з істотним зниженням температури тіла й інтенсивності всіх фізіологічних процесів.



Мал. 41.2. Їжак у стані зимової сплячки

Сплячка може бути сезонною. Літня сплячка, або *естивація*, пов'язана із сезонним дефіцитом води. Найбільш відома зимова сплячка, або *гібернація*, що триває від осені до весни. У видів, що впадають у зимову сплячку, температура тіла зазвичай знижується нижче 10°C. Інтенсивність метаболізму знижується приблизно до 5% від рівня основного обміну. У зимову сплячку впадають переважно невеликі ссавці (їхня маса не перевищує 10 кг, а в більшості випадків становить від 10 г до 1 кг) (мал. 41.2).

Заціпеніння — стан різкого зниження життєвої активності, що настає в пойкилотермних тварин за нестачі вологи (літнє заціпеніння) або в разі зниження температури навколишнього середовища (зимове заціпеніння).

Заціпеніння властиве, наприклад, протоптерам — двоцихрибам із пересихаючих водойм тропічної Африки. Цей процес має сезонний характер. Вони починають готуватися до сплячки з настанням посушливого сезону й у міру висихання тимчасових водойм. Протоптер проводить у стані заціпеніння 6–9 місяців, у періоди сильних посух — ще довше. У природних умовах протоптер виходить із заціпеніння з настанням періоду дощів, коли водойми наповнюються водою.



Ключова ідея

Добові й сезонні адаптації тварин співвідносяться з біологічними ритмами, які відповідають добовому й річному природним циклам. З добовими й річними біоритмами пов'язані фізіологічні показники й поведінкові особливості.



Мал. 41.3. Дикі гуси під час міграції

Сезонні міграції

Міграція — пристосування до добових або сезонних змін температури й інших природних факторів (наявність корму, відкритої води тощо).

Прикладом добової міграції є сезонні переміщення мікроскопічних тварин із глибинної частини озер на мілководдя, пов'язані зі змінами температури води.

Яскравим прикладом сезонних міграцій є *перельоти птахів* (мал. 41.3). Перелітні птахи здійснюють регулярні сезонні переміщення між місцями гніздування й місцями зимівлі. Переселення можуть відбуватися як на близькі, так і на далекі відстані. Для птахів помірних і арктичних широт північної півкулі типовим є переліт із півночі (там, де птахи гніздяться) на південь (там, де вони зимують), і назад. Улітку в північних широтах довжина світлового дня збільшується, що дає денним птахам більше можливості прогудувати своє потомство: у порівнянні з тропічними видами птахів кладка їхніх яєць більша. Восени, коли довжина світлового дня скорочується, птахи переселяються в більш теплі регіони, де кормова база менше залежить від сезонних коливань.

Ще одним прикладом сезонної міграції є *кочівлі* оленів та інших копитних узимку в пошуках корму з північних районів до більш південних.



Запитання та завдання

1. Чи існують сезонні адаптації в умовах тропічного лісу? **2.** Чим денні ссавці (або птахи) відрізняються від нічних? **3.** Чи існують сезонні адаптації в людини?

§ 42. Підтримання гомеостазу в умовах крововтрати. Реакції на вплив токсичних речовин

? Поміркуйте

Як в організмі людини утворюються тромбоцити?
Яку функцію вони виконують?

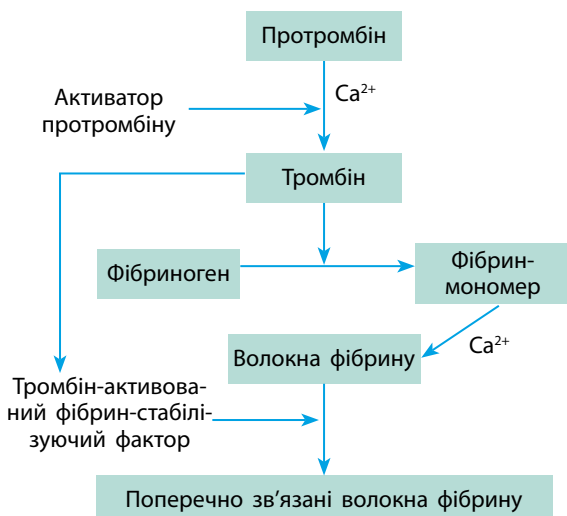
← Згадайте

- Формені елементи крові
- Зсідання крові
- Функції печінки

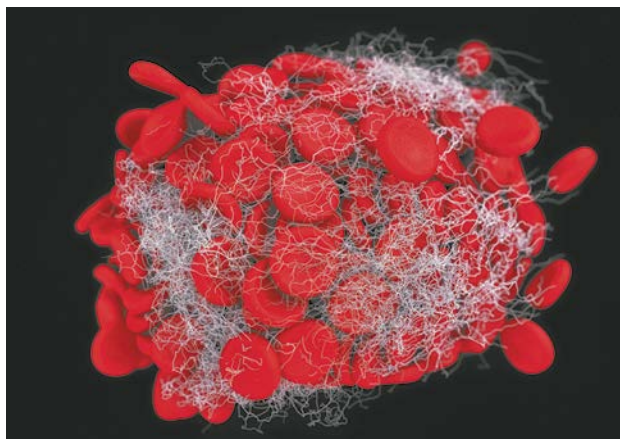
Фізіологічні механізми підтримання гомеостазу в умовах крововтрати

Крововтрата — це патологічний процес, що призводить до зменшення об'єму циркулюючої крові та, як результат, до гіпоксії та інтоксикації організму продуктами обміну речовин.

Під час дії термінового механізму компенсації крововтрати відбувається рефлекторний спазм кровоносних судин шкіри й внутрішніх органів (за винятком головного мозку й серця), унаслідок чого зберігається кровопостачання життєво важливих органів. Рефлекторно частішають серцеві скорочення, частішає й глибшає подих, що сприяє усуненню дефіциту кисню. Міжтканинна рідина і лімфа надходять у кровоносні судини, відновлюючи об'єм плазми.



Мал. 42.1. Головні етапи зсідання крові



Мал. 42.2. Сітка з волокон фібрину затримує формені елементи крові — утворюється тромб

Водночас різко зростає *зсідання крові*. Низка біохімічних реакцій призводить до утворення сітки з фібриногену, що затягує рану, та припинення подальшої крововтрати (мал. 42.1).

Нетермінові механізми компенсації крововтрати виявляються пізніше у вигляді посиленого кровотворення й відновлення білкового складу крові.

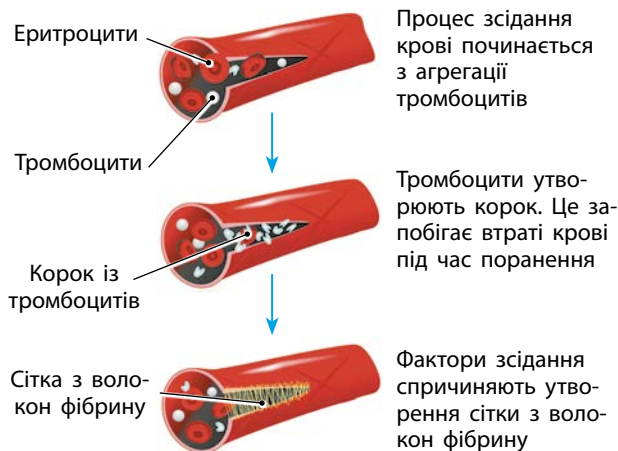
Зсідання крові

Зсідання крові є найважливішим захисним механізмом, що оберігає організм від крововтрати в разі пошкодження кровоносних судин.

Зсідання крові є складним біохімічним процесом. Пошкодження кровоносної судини викликає агрегацію (злипання) і руйнування тромбоцитів, активні речовини яких запускають каскад молекулярних процесів. У зсіданні крові беруть участь 13 плазмових факторів зсідання крові. Зокрема, фактор I — це фібриноген, фактор II — протромбін, фак-

+ Дізнайтеся більше

Спадкові дефекти білків, що беруть участь у зсіданні крові, характеризуються підвищенням кровоточивості. Найбільш часто трапляються хвороби, спричинені відсутністю фактора VIII (гемофілія A), або фактора IX (гемофілія B).



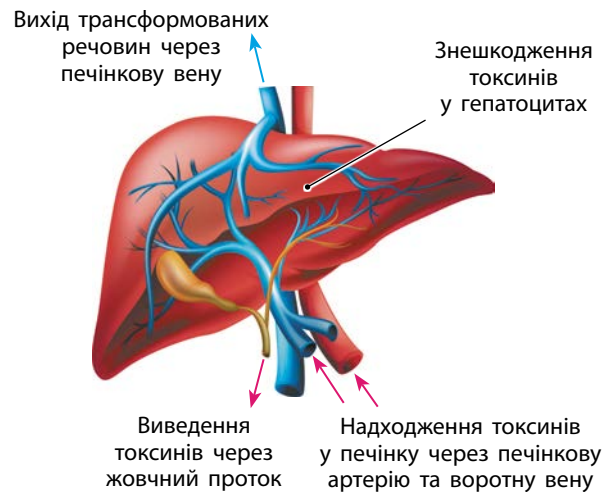
Мал. 42.3. Процес зсідання крові

тор IV — йони Ca^{2+} . Багато факторів зсідання крові синтезуються в печінці за участі вітаміну К.

На фінальних етапах каскаду реакцій зсідання крові з неактивного протромбіну утворюється активний фермент тромбін, який впливає на розчинений у плазмі білок фібриноген, перетворюючи його на нерозчинний фібрин (мал. 42.1). Фібрин полімеризується й утворює густу сітку, яка затримує формені елементи крові — еритроцити і лейкоцити. Так формується кров'яний згусток — тромб (мал. 42.2). Характерний для людини час утворення фібринового згустка — близько 10 хвилин. Згодом тромб ущільнюється, стягує краї рани і сприяє її загоєнню (мал. 42.3).

Реакції на вплив токсичних речовин

Токсичні речовини, потрапляючи в організм, спричиняють гострі й хронічні отруєння, алергічні реакції, анафілактичний шок або звикання. *Гострі отруєння* характеризуються короткочасною дією токсинів, що потрапили до організму в достатньо великих кількостях. *Хронічні отруєння* виникають



Мал. 42.4. Схема детоксикації в печінці

поступово, під час тривалого потрапляння й накопичення невеликих порцій токсину.

Детоксикація токсичних речовин в організмі людини відбувається в *печінці* (мал. 42.4). Печінка метаболізує дві третини із загальної кількості речовин, що надходять в організм. У клітинах печінки — *гепатоцитах* — відбувається трансформація речовин завдяки процесам окиснення, відновлення, гідролізу і кон'югації (докладніше див. § 25).

У членистоногих функцію нейтралізації токсинів виконує *жирове тіло*. Жирове тіло являє собою пухку тканину, пронизану трахеями, що заповнює проміжки між внутрішніми органами. Клітини жирового тіла накопичують солі сечової кислоти й інші екскрети, доповнюючи тим самим роботу мальпігієвих судин. У жировому тілі відбуваються й хімічні перетворення шкідливих речовин (метилування, гідроліз, ацетилювання, гідроксилювання) завдяки їх взаємодії з глюкозою, цистеїном, гліцином та іншими речовинами. Комахи можуть, наприклад, адаптуватися до потрапляння в їхній організм інсектицидів — речовин, за допомогою яких люди борються з комахами-шкідниками.

Ключова ідея

Зсідання крові є найважливішим захисним механізмом, що оберігає організм від крововтрати в разі пошкодження кровонесних судин. Детоксикаційні механізми печінки й жирового тіла борються з потраплянням шкідливих інфекційних агентів і токсичних речовин в організм.

Запитання та завдання

1. Які фактори можуть порушити зсідання крові?
2. Чому дефіцит вітаміну К призводить до порушення зсідання крові?
3. Чому після отруєння організму токсинами, наприклад під час тривалого вживання алкоголю, може розвинути цироз печінки?

§ 43. Регенерація



Поміркуйте

Ящірка в процесі регенерації відновлює втрачений хвіст. Чи властива регенерація людині?



Згадайте

- Твірна тканина рослин (меристема)
- Стовбурові клітини

Автотомія

Оригінальним захисним прийомом у тварин є **автотомія** — здатність відкидати певну частину тіла в разі нервового подразнення. Така реакція характерна, наприклад, для багатьох ящірок. Коли нападник хапає ящірку за хвоста, вона залишає його ворогу, а сама тікає. Така реакція відбувається рефлексивно, під впливом нервового подразнення. Певні м'язи різко скорочуються, і хвіст відкидається. Ще якийсь час хвіст продовжує ворухитися, привертаючи увагу нападника.

Подібне явище відбувається і в інших тварин. Восьминоги відкидають щупальці, паличники, раки й краби — кінцівки. У багатьох тварин після автотомії відбувається **регенерація** втраченого органа (мал. 43.1).

Регенерація

Регенерація (від латин. *regeneratio* — відродження) — процес відновлення організмом утрачених або пошкоджених структур. Роз-



Мал. 43.1. Репаративна регенерація хвоста в ящірки



Дізнайтеся більше

У молодих личинок аксолотлів кінцівка може регенерувати за три тижні, у дорослих тритонів і аксолотлів — за один-два місяці, а наземним амбістомам для цього потрібно близько року.

різняють два види регенерації: фізіологічну й репаративну.

Фізіологічна регенерація — це відновлення структур, утрачених у процесі життєдіяльності організму.

Репаративна регенерація — це відновлення структур після травми або інших пошкоджуючих факторів (мал. 43.2).

Під час регенерації відбуваються процеси, які властиві ембріональному розвитку: клітинний поділ, диференціювання, інтеграція в тканині.

Фізіологічна регенерація

Фізіологічна регенерація є нормальним процесом відновлення функціонуючих структур організму. Вона не пов'язана з пошкодженнями або втратами.

Фізіологічна регенерація на *внутрішньоклітинному* рівні є відновленням субклітинних структур — ядра, мітохондрій, хлоропластів, рибосом, ендоплазматичної сітки та ін. Значення такої регенерації особливо велике для тканин, дорослі клітини яких не діляться, зокрема нервової.

Для *клітинної* і *тканинної* форм регенерації характерне інтенсивне розмноження



Мал. 43.2. Регенерація морської зірки з одного променя



Мал. 43.3. Вегетативне розмноження полуниці вусами



Мал. 43.4. Мікроклональне розмноження рослин у культурі

клітин. Прикладами фізіологічної регенерації на клітинному рівні є відновлення епідермісу шкіри, кишкового епітелію, клітин крові. Завдяки фізіологічній регенерації птахи періодично відрощують нове пір'я, ссавці змінюють шерсть. У рослин відбувається постійне заповнення клітин кореневого чохла, що злущуються. У листопадних дерев листя щороку опадають і замінюються новими.

У багатьох тканинах існують спеціальні клітини, які забезпечують таке відновлення. Це, наприклад, стовбурові клітини кісткового мозку, що дають початок форменим елементам крові, проліферативні зони в епітелії шкіри і тонкої кишки, твірні тканини рослин (меристеми). Інтенсивність клітинного оновлення в цих тканинах дуже велика. Наприклад, у людини епітелій тонкої кишки повністю змінюється за дві доби, усі еритроцити — за два-чотири місяці.

Репаративна регенерація

Репаративна регенерація настає після пошкодження тканини або органа. Вона дуже різноманітна за факторами. Чинниками можуть бути: механічна травма, опік, обмороження, паразити.

Об'єм пошкодження й подальше відновлення бувають досить різними. Крайнім варі-

антом є відновлення цілого організму з малої його частини. Серед тварин таке відновлення можливе в багатьох безхребетних — губок, кишковопорожнинних, деяких червів, голкошкірих (мал. 43.2). Серед рослин значно поширене розмноження рослин відрізками кореня, кореневища, слані, стебловими й листовими живцями (мал. 43.3). Можливий розвиток цілої нової рослини навіть з однієї соматичної клітини. Ця здатність використовується для мікроклонального розмноження рослин у культурі (мал. 43.4).

У високоорганізованих тварин регенерують лише окремі органи або їхні частини, наприклад кінцівки в тритона, хвоста в ящірки, ока у членистоногих. Високу здатність до регенерації має печінка, яка після пошкодження може відновлювати первісний розмір. У рослин здатність до відновлення виявлена майже для всіх органів: стовбура, кореня, листків, квіток.

До репаративної регенерації також належить загоєння ран (пошкоджень зовнішніх покривів, пошкоджень кісток тощо). У тварин загоєння глибоких ран закінчується формуванням сполучної (рубцевої) тканини. У рослин у разі пошкодження тканин і органів утворюються ранові меристеми, рани на стовбурі або гілці зарубцьовуються спеціальною тканиною (докладніше див. §36).

! Ключова ідея

Регенерація — процес відновлення втрачених або пошкоджених структур організму (репаративна регенерація), оновлення відпрацьованих субклітинних структур, клітин і тканин (фізіологічна регенерація).

≡ Запитання та завдання

1. Наведіть приклади регенерації в людини.
2. Навіщо рослини розмножують мікроклонально?
3. Порівняйте здатність до регенерації безхребетних і хребетних тварин; тварин і рослин.

§ 44. Адаптації до фізичного навантаження



Поміркуйте

Чому наступного дня після важкого фізичного навантаження дуже болять м'язи?



Згадайте

- Енергетичний обмін
- Гліколіз. Цикл трикарбонових кислот
- Мітохондрії. АТФ
- Міоглобін

Адаптаційно-трофічна функція симпато-адреналової системи

Організм сприймає фізичне навантаження як якийсь сторонній подразник, і першою на цей подразник реагує симпатична нервова система, яка стимулює викид адреналіну наднирниками. Ці органи — симпатична нервова система та мозковий шар наднирників — складають так звану **симпато-адреналову функціональну систему**, що терміново готує організм до праці в екстремальних умовах. Під дією адреналіну збільшуються частота й об'єм дихання. Кровоток у м'язах суттєво посилюється, тому кровопостачання більш повно задовольняє підвищену потребу в кисні.

Але симпато-адреналова система не лише ініціює термінову реакцію на подразник. Вона також виконує **адаптаційно-трофічну функцію** — готує організм у цілому до під-

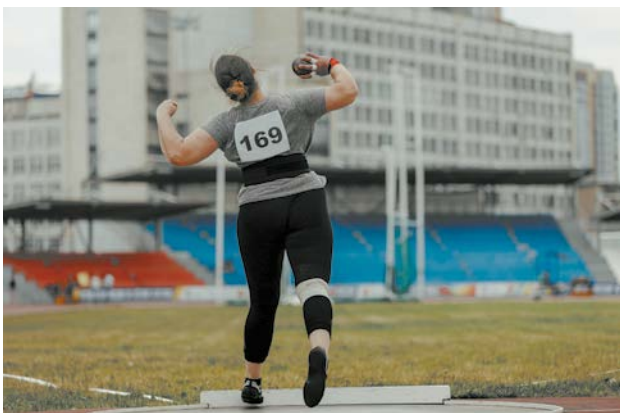


Дізнайтеся більше

Як ви знаєте, кисень необхідний клітинам для процесів енергетичного обміну і синтезу АТФ. Під час інтенсивної м'язової роботи, однак, потреба в кисні не може бути повністю задоволена. Тому більшу частину енергії клітини починають одержувати шляхом безкисневого гліколізу. Інтенсивний гліколіз призводить до утворення молочної кислоти. У разі накопичення великої кількості молочної кислоти настає м'язова втома. Болісні відчуття в м'язах після сильного навантаження спричиняються саме накопиченням молочної кислоти.

вищеної функціональної активності. Це здійснюється шляхом змін в обміні речовин. По-перше, посилюється енергетичний обмін (гліколіз, цикл трикарбонових кислот, розпад ліпідів) і стимулюється синтез АТФ у клітинах. По-друге, стимулюються процеси, що підвищують у крові вміст глюкози — головного субстрата реакцій енергетичного обміну. Зокрема, адреналін посилює розпад глікогену в печінці до глюкози і сприяє захопленню й утилізації глюкози тканинами.

Симпатична нервова система впливає на різні відділи центральної нервової системи, підтримуючи збудливість і регулюючи рефлекторну діяльність. Добре відомо, що в умовах творчого підйому, що супроводжується виділенням норадреналіну, збільшується не тільки фізична, а й розумова працездатність. Але пізніше настає фізична і розумова втома.



Мал. 44.1. Об'єм м'яза залежить від фізичного навантаження



Довготривале пристосування до підвищеної м'язової діяльності

Якщо фізичні навантаження повторюються регулярно, на тлі збережених результатів термінової адаптації від попереднього навантаження, то в результаті систематичних повторень системи організму, що забезпечують такий вид діяльності, зазнають довгострокових змін. Тож у процесі регулярних фізичних навантажень тренуваність організму підвищується, і він може витримувати більші навантаження.

Один зі способів адаптації до силового тренінгу — це збільшення розміру м'яза (мал. 44.1). Також у м'язових клітинах накопичується більше молекул АТФ, ферментів енергетичного обміну, збільшується кількість мітохондрій, накопичується білок міоглобін (який акумулює кисень у м'язовій тканині).

Гіпокінезія й гіподинамія

Для забезпечення нормальної життєдіяльності організму людини потрібна достатня активність скелетних м'язів. Робота м'язового апарату сприяє розвитку мозку. Рухова діяльність підвищує енергопродукцію й утворення тепла, поліпшує функціонування дихальної, серцево-судинної та інших систем організму. Нестача руху порушує нормальну роботу всіх систем і спричиняє появу особливих станів — гіпокінезії й гіподинамії.

Гіпокінезія — це знижена рухова активність. Вона може бути пов'язана з фізіологічною незрілістю організму, з особливими умовами роботи в обмеженому просторі, з деякими захворюваннями. В окремих випадках (у разі постільного режиму, наприклад) може бути повна відсутність рухів.

Існує й близьке поняття — **гіподинамія**. Це зниження м'язових зусиль, коли рухи здійснюються, але за вкрай малих навантажень на м'язовий апарат.

В обох випадках скелетні м'язи мало навантажені. Виникає величезний дефіцит

! Ключова ідея

Наш організм еволюційно пристосований до фізичних навантажень на рівні фізіологічних і біохімічних процесів. За недостатньої фізичної активності зменшується загальна адаптивність організму й розвиваються патологічні стани.

біологічної потреби в рухах. Усе це знижує працездатність організму.

За малорухливого способу життя людини м'язи слабшають і втрачають тонус, зменшуються витривалість і сила. Відсутність м'язового навантаження зменшує інтенсивність енергетичного обміну. З'являється надмірна вага, розвивається ожиріння. Слідом за цим відбуваються й інші ендокринні порушення.

Атрофуються не тільки скелетні, але й серцевий м'яз. Як наслідок — зменшується кровопостачання тканин, стінки судин утрачають тонус, розвивається гіпертонія, варикозне розширення вен. Хрящі поступово стають менш еластичними, тіло втрачає гнучкість.

Знижується тонус нервової системи, адже вона проводить менше імпульсів.

Гіподинамія й гіпокінезія найнегативнішим чином позначаються на здоров'ї.

Причини гіподинамії

До прямих причин гіподинамії належать малорухомий і неактивний спосіб життя. Гіподинамія є наслідком звільнення людини від фізичної праці, поширення офісної сидячої роботи, широкого використання транспорту. Гіподинамія на сьогодні є проблемою для всього світу. Це не хвороба, але серйозний виклик для суспільства.

ПР

Практична робота

Дослідження змін кровообігу та дихання людини при фізичному навантаженні

1. Утворіть пари, у яких кожен учень виконуватиме почергово функції випробовуваного і дослідника.
3. Випробовуваний має здійснити 10 присідань, а дослідник — виміряти кількість вдихів та скорочень серця протягом хвилини перед присіданнями та після них.
3. Складіть та заповніть таблицю за результатами досліду. Зробіть висновки.

≡

Запитання та завдання

1. Поясніть, чому в екстремальних умовах працездатність організму суттєво збільшується. Чи відбувається те саме з вами під час термінової підготовки до екзаменів? Чому наступного дня відчувається втома? 2. Чому ожиріння називають хворобою цивілізації? 3. Як ви вважаєте, чи позначається гіподинамія на інтелектуальних здібностях?

§ 45. Стрес та дистрес



Поміркуйте

Стрес — це добре чи погано?



Згадайте

- Функції гормону адреналіну
- Функціональні системи
- Гіпоталамо-гіпофізарна система

Поняття стресу

Стрес — загальна реакція організму у відповідь на дію надзвичайних подразників — **стресорів**. Стресорами можуть бути будь-які сильні фізичні або психологічні подразники: травми, отруєння, психо-емоційне напруження, надмірне фізичне навантаження або знерухомлення, переохолодження або перегрівання. Стрес буває гострим (короткостроковим) і хронічним (довгостроковим). Стрес спричиняє напруження функцій і систем та забезпечує мобілізацію резервних можливостей організму. Це дає змогу зберегти гомеостаз і адаптуватися до змінених умов.

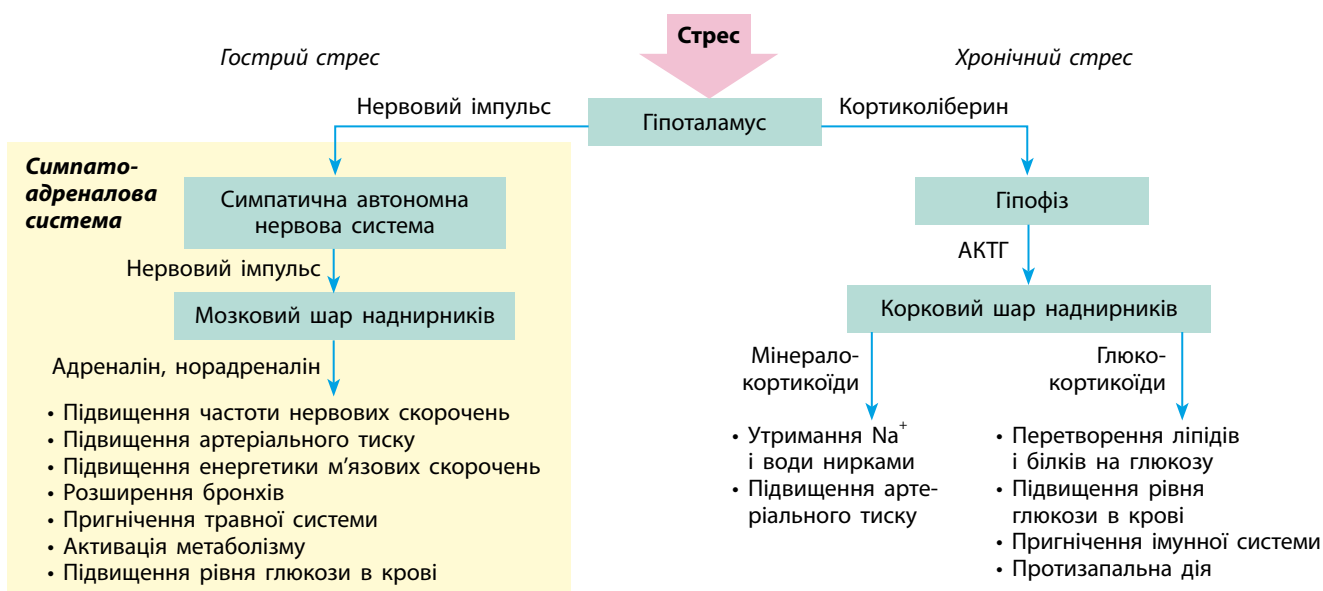
Активация симпато-адреналової системи

Основною функціональною системою організму, яка реагує на стрес, є *гіпоталамо-гіпофізарно-надниркова вісь* (мал. 45.1).

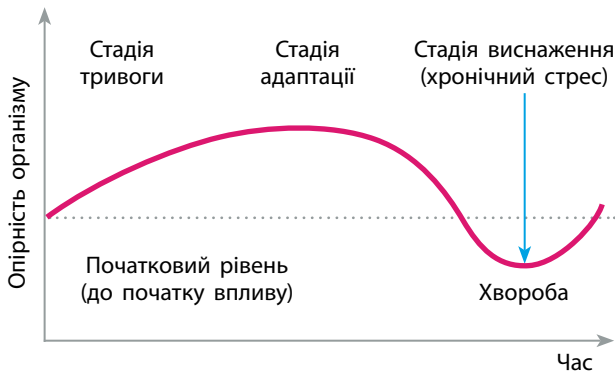
Під час гострого стресу відбувається активация **симпато-адреналової системи**, що складається із симпатичної нервової системи і мозкового шару наднирників (мал. 45.1). У відповідь на дію стресорів в організмі відбувається швидке збудження симпатичної нервової системи, посилення секреторної діяльності мозкового шару надниркових залоз. Інтенсивний викид адреналіну наднирниками приводить організм у стан загальної підвищеної активності (мал. 45.1). Тобто симпато-адреналова система стимулює пристосувальну реакцію «бийся або тікай» і забезпечує швидкі адаптивні зміни в обміні речовин, спрямовані на мобілізацію енергії.

Загальний адаптаційний синдром

Сукупність реакцій організмів на стрес складає **загальний адаптаційний синдром**, що характеризується трьома стадіями (мал. 45.2).



Мал. 45.1. Нерво-ендокринна регуляція відповіді організму на стрес



Мал. 45.2. Стадії стресу

Стадія тривоги. Уперше зіткнувшись із дією стресора, організм бурхливо реагує, активуючи безліч фізіологічних функцій. Відбувається збудження симпатичної нервової системи. Ендокринна система викидає низку гормонів (адренкортикотропний гормон і адреналін). Відбувається мобілізація пристосувальних сил організму, спрямована на боротьбу зі стресовим фактором і усунення пошкоджень, що виникають. Це швидка адаптація, здатна виконати термінове завдання пристосування.

Стадія адаптації. Якщо вплив стресора стає постійним (хронічним), організм переходить до іншої, довготривалої стратегії адаптації. Організм пристосовується, використовує свої компенсаторні можливості, щоб упоратися із загрозою. Життєдіяльність нормалізується.

Стадія виснаження. Якщо стрес є тривалим, компенсаторно-пристосувальні можливості організму вичерпуються. Для стадії характерні ослаблення синтетичних процесів у тканинах, пригнічення функцій фізіологічних систем.

! Ключова ідея

Стрес спричиняє напруження функцій і систем організму й забезпечує мобілізацію його резервних можливостей. Сукупність реакцій організмів на стрес складає загальний адаптаційний синдром. У відповіді на стрес головну роль відіграють гіпоталамус, гіпофіз, симпатична нервова система і наднирники. Стрес сприяє успіху діяльності людини в умовах труднощів і небезпек, але стрес, що перевищує критичний рівень (дистрес), шкідливо впливає на організм.

Адаптаційний синдром має **неспецифічну резистентність**. Загалом *резистентність* — це стійкість організму до дії надзвичайних подразників, здатність опиратися їм без істотних змін сталості внутрішнього середовища.

Неспецифічна резистентність означає, що реакція організму на стрес перебігає за однією й тією самою схемою незалежно від виду стресора. І за умов травми, і після неприємної звістки, і на сильному холоді первинною реакцією є викид адреналіну й мобілізація організму.

Дистрес

Стрес не впливає на життєдіяльність організму лише доти, поки він не перевищив певного критичного рівня. У разі ж перевищення цього рівня в організмі порушуються механізми саморегуляції й погіршуються результати діяльності, аж до їх зриву. Такий стрес, що перевищує критичний рівень і шкідливо впливає на організм, називають **дистресом**. Це руйнівний процес, що погіршує перебіг психофізіологічних функцій. Він може призводити до психічних захворювань, наприклад депресії.

Основними причинами дистресу є:

- тривала неможливість задовольнити фізіологічні потреби (відсутність води, повітря, їжі, тепла);
- невідповідні, незвичні умови життя (зміна концентрації кисню в повітрі, наприклад під час проживання в горах);
- ушкодження організму, хвороби, травми, довготривалий біль;
- тривалі негативні емоції (переживання страху, гніву, люті).

☰ Запитання та завдання

1. Наведіть приклади зі свого досвіду, коли стресова ситуація допомагала вам упоратися з проблемою.
2. Опішіть реакцію організму «бийся або тікай». У чому полягає її біологічний сенс?
3. Розгляньте мал. 45.1. Які компоненти відповіді на стрес належать до нервової системи? до ендокринної?
4. Які шляхи реакції на стрес (мал. 45.1) відповідають різним стадіям загального адаптаційного синдрому (мал. 45.2)?
5. Чому під час хронічного стресу людина стає вразливою до хвороб?
6. Як запобігти дистресу?

§ 46. Вікова динаміка адаптаційних можливостей



Поміркуйте

Хто, на вашу думку, більш здатний до адаптацій — підліток або доросла людина?



Згадайте

- Вікові періоди в житті людини
- Функції прогестерону, естрогену

Особливості адаптацій у ранньому віці

Організм дитини в процесі дорослішання постійно навчається, зокрема, функціональні системи вчаться взаємодіяти між собою й підпорядковуватися єдиній нейрогуморальній регуляції. На ранніх етапах розвитку практично будь-який новий вплив на організм викликає дуже бурхливу реакцію, до якої залучаються майже всі органи й системи. Це *генералізовані реакції*. Їх виникнення пов'язане з тим, що нервові центри ще не вміють диференціювати стимули. Така неспецифічна, генералізована реакція вкрай неекономічна, вона змушує активуватися велику кількість органів і тканин, не здатних допомогти в розв'язанні адаптивного завдання, що постає перед організмом. У цьому й полягає причина того, що дитячий організм не здатний до тривалого утримання стійкого стану під час будь-якої діяльності.



Мал. 46.1. У ранньому віці навчатися легше

Із часом, у міру дозрівання нервових структур, вони диференціюються й стають більш вибірковими стосовно стимулів. Адаптаційна відповідь перестає бути генералізованою, стає більш локальною і специфічною, спрямованою на розв'язання вузького адаптаційного завдання.

Найбільш значимі зміни в стратегії адаптації вегетативних систем відбуваються у віці 5–7 років. Лише із цього віку організм здатний здійснювати специфічні, добре диференційовані реакції в ході свого пристосування. У період статевого дозрівання адаптаційні процеси тимчасово втрачають свою ефективність і знову стають менш специфічними. Уже після 15–16 років юнаки й дівчата мають рівень адаптаційних можливостей, майже як у дорослих.

Фізіологічними й психологічними дослідженнями показано, що чутливість до зовнішніх впливів носить вибірковий характер на різних етапах онтогенезу (мал. 46.1). Це лягло в основу уявлення про критичні періоди як періоди найбільшої чутливості до впливу факторів середовища.

Особливості адаптацій у зрілому й літньому віці

Після 20–25 років організм закінчує формуватися, й починаються процеси *інволюції*, які торкаються всіх клітин, тканин, органів, систем організму та їхньої регуляції. Найбільш істотні вікові зміни виникають у людей у 50–60 років; у цей період частіше розвиваються й різні захворювання. З віком змінюється здатність організму пристосовуватися до звичайних факторів середовища, що зрештою в людей похилого віку призводить до розвитку реакцій хронічного стресу.

Усі вікові зміни зводяться до трьох типів: показники й параметри, що знижуються з віком; малозмінні показники й показники, що поступово зростають.

До *першої групи* вікових змін відносять скорочувальну здатність міокарда й скелетних м'язів, гостроту зору, слуху й працездатність нервових центрів, функції травних



залоз і внутрішньої секреції, активність ферментів і гормонів.

Другу групу показників становлять рівень цукру в крові, кислотно-лужний баланс, мембранний потенціал, морфологічний склад крові тощо.

До третьої групи належить синтез гормонів у гіпофізі (АКТГ, вазопресин), чутливість клітин до хімічних і гуморальних речовин, рівень холестерину, лецитинів і ліпопротеїдів у крові, артеріальний кров'яний тиск.

Якщо найважливішою фізіологічною характеристикою осіб молодого віку є *гомеостазис* (відносна сталість внутрішнього середовища організму), то для зрілих і людей похилого віку — *гомеорезис* (вікові зміни основних параметрів організму).

Адаптація материнського організму до вагітності

Для забезпечення розвитку плода в організмі матері відбуваються істотні зміни, які стосуються практично всіх систем організму.

В організмі матері збільшується інтенсивність і ефективність усіх метаболічних процесів.

Потреба в кисні збільшується на 20 %, об'єм повітря при диханні — на 40 %. Об'єм циркулюючої крові збільшується на 40–50 %. На 30–40 % збільшується частота серцебиття. Збільшується й об'єм плазми крові. У крові підвищується концентрація лейкоцитів і факторів зсідання крові.

Істотні зміни відбуваються в ендокринній регуляції. Плацента починає продукувати гормони, які впливають на перебіг вагітності.

У плаценті утворюється велика кількість естрогенів. Вони впливають на всі біохімічні процеси в матці, збільшують приплив крові, підсилюють поглинання кисню тканинами, активують енергетичний обмін.

Також плацента продукує велику кількість прогестерону. Прогестерон є одним з основних гормонів, який інгібує реакцію відторгнення плода. Тканини дитини являють собою мішень для імунної системи



Мал. 46.2. З першим криком немовля починає дихати самостійно

матері, і висока концентрація прогестерону блокує клітинну відповідь Т-лімфоцитів на чужорідні антигени.

Адаптації немовлят

У момент народження різко змінюється середовище існування дитини. В утробі матері вона одержувала харчування від материнського організму через плаценту й пуповину. У неї не було легеневого дихання, не функціонували травні органи, сечовидільна система. З перших митей самостійного існування організм дитини різко перебудовується.

Перший крик немовляти сигналізує про перший вдих. З першим вдихом починає функціонувати дихальна система (мал. 46.2). Після перетискання пуповини зв'язок кровеносних систем матері й дитини розривається, припиняється зв'язок дитини з матір'ю, тому вмикаються системи життєвого самозабезпечення організму дитину. Вона вступає в період новонародженості, який обмежується першими 28 днями життя.

У цей час організм дитини пристосовується до умов зовнішнього середовища: установлюються легеневе дихання, позаутробний кровообіг, починають функціонувати травні органи, з'являється самостійна терморегуляція, підвищується обмін речовин.

Ключова ідея

Адаптаційні можливості й напрямки адаптації різні на різних стадіях індивідуального розвитку.

Запитання та завдання

1. На яких етапах життя людина зазнає найсильніших адаптаційних навантажень?
2. Чому лікарі перші чотири тижні життя найбільш пильно спостерігають за станом дитини?

§ 47. Компенсаторні можливості організму людини



Поміркуйте

Чому в багатьох нижчих безхребетних можлива регенерація цілого організму з частини тіла; у нижчих хребетних (земноводні) можуть відновлюватися органи, а у ссавців і людини можлива регенерація лише окремих тканин?



Згадайте

- Адаптація
- Регенерація

Компенсаторна реакція організму

Будь-який дефект, наслідком якого є порушення нормального розвитку, спричиняє запуск компенсаторних функцій організму. **Компенсаторна реакція організму** — це пристосувальні зміни, спрямовані на відновлення функцій тканин або органів, що були пошкоджені або втрачені. Наприклад, після пошкодження мозочка рухова активність нормалізується іншими відділами головного мозку; після видалення однієї нирки інша функціонує інтенсивніше і компенсує втрату.

Компенсаторні реакції є різновидом пристосувальних реакцій. Але, на відміну від звичайних пристосувальних реакцій, компенсації виникають лише в тому випадку, коли організму завдано шкоди; вони не є видовими і відбуваються індивідуально.

Спочатку пошкодження структур і функцій організму призводить до термінової компенсації, а саме до активації симпато-адрена-

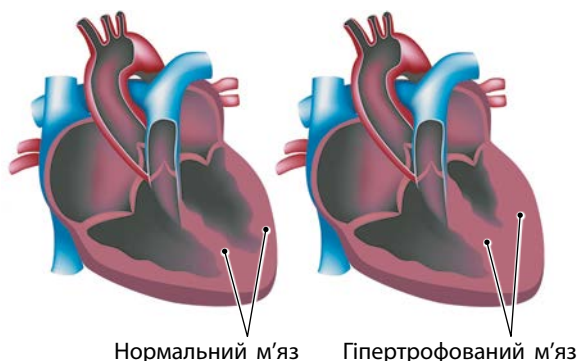
лової системи (див. § 45), зсіданню крові та іншим неспецифічним механізмам, що діють за будь-якого пошкодження.

Пізніше реалізуються форми довгострокової компенсації, зокрема, регенерація клітин і тканин, гіпертрофія і гіперплазія органів. Як ви вже знаєте, **регенерація** — це відновлення організмом тканин, клітин, внутрішньоклітинних структур. **Гіпертрофія** — це збільшення об'єму функціонуючої тканини. В основі гіпертрофії лежить **гіперплазія** — збільшення кількості клітин та внутрішньоклітинних структур.

Фізіологічна гіпертрофія розвивається у здорових людей як пристосувальна реакція на підвищену функцію органів, наприклад збільшення відповідних груп скелетних м'язів під час занять спортом. Компенсаторна гіпертрофія виникає, якщо орган не здатний виконувати функції в достатньому обсязі. Наприклад, за умови вад серця або ішемічної хвороби серця розвивається гіпертрофія серцевого м'яза, яка частково компенсує проблеми з кровообігом (мал. 47.1).

У разі хронічної гіпоксії в людей, які живуть високо в горах, спостерігається гіперплазія стовбурових клітин — попередників еритроцитів у кістковому мозку. Внаслідок цього в них виробляється більше еритроцитів, ніж в інших людей.

Найбільш досконалі компенсаторні процеси відбуваються під час пошкодження нер-



Мал. 47.1. Гіпертрофія серцевого м'яза



Дізнайтеся більше

Науковий медичний журнал *The Lancet* 2007 року опублікував статтю «Мозок клерка». У ній розповідалося про вражаючий випадок гідроцефалії у 44-річного француза. Під час медичного обстеження томографія виявила в нього відсутність трьох чвертей головного мозку (мал. А), на відміну від здорового мозку (мал. Б). Однак людина живе нормальним життям, має сім'ю, дітей і є державним службовцем.





вової системи. За сучасними даними, у головному мозку людини налічується від 10 до 100 млрд нейронів, що утворюють 10–30 тис. синапсів. За умови загибелі частини головного мозку ця розгалужена система нервових зв'язків може бути перебудована таким чином, що функції загублених ділянок візьмуть на себе клітини, які залишилися. Така властивість нервової системи відома як **пластичність** — нервові центри можуть у процесі компенсації приймати на себе нові, не властиві їм раніше функції. Найбільшою мірою пластичність властива корі головного мозку.

Відомі вражаючі факти про компенсаторні можливості головного мозку людини. Виявляється, можна жити без мозочка, з пошкодженою або видаленою частиною мозку і навіть без однієї півкулі.

Компенсаторні процеси в центральній нервовій системі здатні в певній мірі компенсувати дефекти органів чуття. Показано, наприклад, що після втрати зору функцію сприйняття сигналів середовища переймають на себе інші сенсорні системи — слух, дотик, нюх. Відомо, що в людей із розладами слуху загострена шкірна чутливість, вони вловлюють навіть мінімальну різницю в тактильних відчуттях.

Загартовування

Загартовування організму — це процедури, завданням яких є зміцнення імунної системи організму та його підготовка до несприятливих умов (спека, холод, вогкість). У результаті загартовування організм може навчитися краще запобігати виникненню захворювань, а також краще справлятися з навантаженнями й несприятливими умовами.

Користь загартовування організму:

- зміцнення імунної системи організму (краще протистоїть різним захворюванням);
- підвищення опірності несприятливим температурним умовам (холод, спека);



Ключова ідея

Реакція організму, спрямована на відновлення яких-небудь порушень у тілі й у функції внутрішніх органів, називається компенсаторною реакцією. У результаті загартовування організм може краще запобігати виникненню захворювань, а також краще справлятися з навантаженнями й несприятливими умовами.



Мал. 47.2. Моржування — спосіб загартовування

- підвищення витривалості й працездатності.

Основні способи загартовування організму — загартовування повітрям і водою. Загартовування водою є одним із найкорисніших видів загартовування організму. Можна виділити кілька способів: обтирання холодною водою, обливання, холодний душ, контрастний душ (мал. 47.2).

Починати загартовування організму можна лише в тому випадку, якщо людина здорова. Слід негайно припинити, якщо процедура викликає погіршення самопочуття. Рівень і час впливу необхідно підвищувати поступово. Процедури із загартовування повинні повторюватися безліч разів.

Перехресна адаптація

Науці відоме дуже цікаве явище, яке називається **перехресною адаптацією**. Полягає воно в тому, що захисно-приспосувальні реакції організму, викликані яким-небудь одним фактором, призводять до підвищення стійкості організму також до всіх інших факторів зовнішнього середовища. Наприклад, адаптація до високої температури призводить до підвищення витривалості. Адаптація до холоду підвищує м'язову силу.



Запитання та завдання

1. За рахунок якого механізму — гіпертрофії чи гіперплазії — відбуваються компенсаторні реакції центральної нервової системи?
2. Опишіть роль регенерації в компенсаторних процесах.
3. Який спосіб загартовування ви б обрали для себе?

§ 48. Морфологічні адаптації тварин. Адаптація як результат еволюції



Поміркуйте

За допомогою яких засобів маскуються тварини?



Згадайте

- Структурні адаптації
- Фізіологічні адаптації
- Поведінкові адаптації

Відповідність будови тіла до умов існування та способу життя організмів

Особливості будови тіла визначаються тим, у яких умовах тварина живе, як здобуває їжу, яким чином рухається тощо. Наприклад, для швидкохідних водних мешканців — риб і китоподібних — характерна обтічна форма тіла. У придонних риб тіло, навпаки, плоске (мал. 48.1).

У літаючих тварин сформувалися такі частини тіла, які дають можливість їм літати, — це крила у птахів і кажанів, складки тіла у білок-летяг. У тварин, що пристосовані до швидкого бігу у степу, розвинулися копита, що амортизують стрибки по твердій поверхні. У приматів кінцівки пристосовані до того, щоб чіплятися за віття, у підземних тварин — щоб рити.

Різниця в будові щелеп у рослиноїдних і хижих тварин характеризує особливості їхнього харчування. Хижі тварини отримали засоби нападу на жертву, тоді як жертви —

засоби пасивного захисту від хижаків — хітиновий покрив, раковини, кісткові панцири, голки.

Різні види, що ведуть більш-менш однаковий спосіб життя, мають схожі типи будови й поєднуються в групи, що називаються *життєвими формами*. Одні й ті ж життєві форми можуть виникати в дуже віддалених видів: дельфінів і риб, птахів і кажанів, хробаків і змій.

Пристосувальне забарвлення

Захисне забарвлення маскує особин під тло навколишнього середовища (мал. 48.2). Наприклад, яйця птахів, які гніздяться в траві, мають пігментовану шкаралупу. У місцевостях зі сніжними зимами тварини білішають (заєць, горностаї, біла куріпка). Деякі тварини можуть швидко (за кілька хвилин) змінити колір тіла (хамелеон, камбала).

Особливим типом захисного забарвлення є *забарвлення, що розчленовує*, — це коли на тілі тварини чергуються темні і світлі плями або смуги (тигри, зебри) (мал. 48.3). Таке забарвлення розмиває контури тіла, робить тварину непомітною серед рослин, під час гри світла й тіні.

Маскування — пристосування, за якого не тільки забарвлення, але й форма тіла зливається з навколишнім середовищем. Наприклад, богомоли нагадують гілочки (мал. 48.4), а метелики схожі на листя рослин.

Застережливе забарвлення попереджає про небезпеку і відлякує. Дуже яскраве забарвлення зазвичай характерне для отруйних

Систематичне положення



Мал. 48.1. Форма тіла і життєві форми



Мал. 48.2. Захисне забарвлення полярної сови



Мал. 48.3. Забарвлення, що розчленовує, у тигра



Мал. 48.4. Маскування богомола



Мал. 48.5. Застережливе забарвлення гусениці шовкопряда

видів, а також таких, що жалять (оси, бджоли, отруйні змії). Воно попереджає хижака про те, що потенційна жертва неїстівна. Застережливе забарвлення часто поєднується з демонстративною поведінкою (мал. 48.5).

Мімікрія — це подібність незахищених організмів за забарвленням і формою тіла із захищеними. Наприклад, смуги на тілі неотруйних мух дзюрчалок роблять їх схожими на бджіл та ос, забарвлення тропічних вужів нагадує отруйних змій. Така схожість виникла в ході еволюції як захисна: хижаки приймають незахищений вид за небезпечний і уникають його (мал. 48.6).

У більш широкому сенсі під мімікрією розуміють будь-які випадки забарвлення і форми тіла тварин, що маскують їх під середовище проживання (мал. 48.2, 48.4).

Еволюційне виникнення адаптацій

Пристосованість, або адаптивність, є одним із результатів *еволюції*, що виникає внаслідок *природного добору*. У результаті боротьби за існування в кожній популяції краще виживають і залишають потомство особини з корисними в певному середовищі фенотипами. Нащадки успадковують адаптивні риси батьків, отримуючи від них відповідні варіанти генів. Через низку поколінь у популяціях накопичуються переважно адаптивні генні варіанти. Отже, дія відбору

! Ключова ідея

У результаті тривалого еволюційного процесу в усіх організмів формуються й удосконалюються їхні пристосування до умов навколишнього середовища — адаптації. Усі адаптації відносні — вони корисні за конкретних умов.

полягає у вибіркового відтворенні адаптивних генотипів.

Відносний характер пристосувань

Пристосованість не має абсолютного характеру. Поїдають тварин і з захисним, і з застережливим забарвленням. Хижаки нападають на тих, хто маскується. До того ж усі адаптації відносні — вони корисні за певних умов. У разі зміни середовища адаптації можуть втратити своє значення (наприклад, любов до солодкої їжі в людини). Ознаки, що втратили значення, поступово редукуються й зникають (органи зору в печерних тварин, апендикс у людини). Якщо ознака стає шкідливою для організму, за нею відбувається негативний добір.



Мал. 48.6. Мімікрія: осоподібна муха імітує забарвлення ос

Запитання та завдання

1. Наведіть приклади тварин із захисним забарвленням.
2. Чисельність якого виду зазвичай буває вищою у випадку мімікрії: отруйного чи неотруйного? Відповідь поясніть.
3. Чи всі пристосування в людини, набуті в результаті еволюції, залишаються адаптивними і сьогодні?
4. Яка, на вашу думку, ознака найбільш визначає еволюційний успіх Людини розумної?

§ 49. Формування коадаптацій у симбіотичних організмів



Поміркуйте

Взаємодію паразитів та їхніх жертв інколи називають «гонкою озброєнь». Що цим хочуть сказати?



Згадайте

- Симбіоз
- Мутуалізм
- Паразитизм
- Хижацтво

У процесі спільної еволюції — **коеволуції** — різні види рослин і тварин виробили пристосування один до одного — **коадаптації**. Ці коадаптації можуть бути настільки тісними, що жити окремо один від одного види вже не можуть.

Коадаптація в системі «хижак — жертва»

Пристосування, які жертви виробляють для того, щоб протидіяти хижакам, сприяють формуванню в хижаків механізмів, які дозволяють долати ці пристосування.

У хижаків виникають пристосування до пошуку, переслідування та вбивства здобичі. Їм властиві розвинені органи чуття, більш складна поведінка, інколи колективна (вовчі зграї, лев'ячі прайди тощо). Для них характерні певні фізіологічні особливості, зокрема невелика довжина травного тракту і наявність у ньому протеолітичних ферментів із дуже високою активністю.



Мал. 49.1. Медична п'явка

У потенційних жертв розвиваються механізми протидії. Малорухливі тварини мають морфологічні засоби пасивного захисту (панцири черепах, мушлі молюсків). Дуже ефективними засобами захисту є фізіологічні механізми (отруйні залози, виділення рідини з неприємним запахом). Поведінкові механізми захисту спрямовані на втечу, активну оборону, відлякування або завмирання.

Між хижаками і жертвами формується система взаємодій, за якої обидві групи стабільно існують на певній території. Порушення такої системи призводить до катастрофічних екологічних наслідків. Наприклад, надмірний відстріл вовків стає причиною поширення захворювань серед їхніх жертв, наслідком чого є вимирання популяцій через перенаселення, ослаблення інфекціями тощо.

Коадаптація в системі «паразит — хазяїн»

У паразитів існує комплекс адаптацій, які забезпечують пристосування біології паразита до особливостей морфології, фізіології та екології їхніх хазяїв.

За класичною схемою «паразит — хазяїн» відбувається взаємодія вірусів або бактерій з організмами. Захворювання, що викликаються новими інфекціями, зазвичай перебігають у тяжкій формі, але в процесі еволюції хвороби переносяться легше: види-хазяї набувають імунітету, тоді як інфекційні агенти знижують агресивність.

У кишечних паразитів утворюються пристосування для прикріплення до тіла хазяїна та всисання поживних речовин, а також відбувається спрощення організації: втрачаються кінцівки й органи чуття, редукується травний канал. Організм-хазяїн підвищує свою стійкість до дії негативних факторів (зокрема, токсичності), джерелом яких є паразит.

Інколи коадаптація паразитів і хазяїв перетворюється на вигідну взаємодію. Приклад — медичні п'явки (мал. 49.1) та ссавці. Присисаючись до тіла тварини, п'явка вводить у її організм знеболювальні речовини, а також речовини, які перешкоджають зсіданню



Мал. 49.2. Запилення

крові та розчиняють тромби. Тобто після цього стан здоров'я жертви навіть покращується. Саме цей ефект і використовує медицина, застосовуючи п'явок із лікувальною метою.

Коадаптації під час мутуалізму

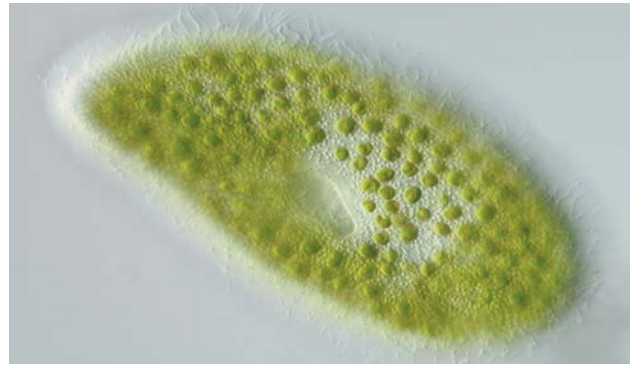
Мутуалізм — це взаємовигідна форма співіснування організмів. Мутуалістичні взаємовідносини відіграють важливу роль у сучасній біосфері. Так, украй важливими для рослин є мутуалістичні відносини з деякими грибами, які утворюють мікоризу, комахами-запилювачами і ссавцями, які поширюють їхнє насіння. Рослиноїдні тварини не можуть перетравлювати рослинну їжу без допомоги симбіотичних бактерій. Коралові рифи не можуть існувати без взаємодії коралових поліпів з одноклітинними водоростями — зооксантелами.

Яскравим прикладом тривалих і взаємовигідних відносин є спільна еволюція рослин і комах-запилювачів. Рослини приваблюють комах пахучими речовинами і яскравими квітами, їхній пилок липкий і легко пристає до тіла комахи. У комах розвиваються морфологічні пристосування до запилення: укрите волосками тіло, до якого добре прилипає пилок; пристосований до морфології квітки ротовий апарат, такий як хоботок у метеликів (мал. 49.2).



Ключова ідея

У процесі коеволуції в різних видів рослин і тварин виробилися взаємні пристосування один до одного — коадаптації. Вони можуть бути настільки тісними, що окреме існування таких видів стає неможливим.

Мал. 49.3. Ендосимбіоз інфузорії *Paramecium bursaria* із зеленими водоростями

Внутрішньоклітинний ендосимбіоз

Такий тип мутуалістичних відносин, як внутрішньоклітинний *ендосимбіоз* (один з організмів живе всередині іншого) (мал. 49.3), спричинив виникнення еукаріотичної клітини. Деякі стародавні бактерії настільки пристосувалися до життя в цитоплазмі інших клітин, що почали діяти з ними як єдиний організм. Згодом із клітин-ендосимбіонтів утворилися мітохондрії і хлоропласти. Мітохондрії утворилися з аеробних бактерій, здатних ефективно використовувати кисень, пластиди — з різних груп бактерій, здатних до оксигенного фотосинтезу, або одноклітинних фотосинтезуючих еукаріотів.

У процесі тривалої коеволуції клітини-хазяї та ендосимбіонти пристосувались один до одного та синхронізували процеси метаболізму. Глибину коадаптації добре видно з того, що, наприклад, для роботи мітохондрії потрібно приблизно 700 різних білків, але тільки 5 % із них закодовані в геномі мітохондрій. Усі інші білки кодуються ядерними генами і транспортуються в мітохондрії з цитоплазми клітини.



Запитання та завдання

1. Поясніть, як коадаповані між собою вовки і зайці. **2.** Чому в ендопаразитів спрощується організація? **3.** Які механізми задіяні у взаємоадаптації анаеробних кишкових бактерій і ссавців? **4.** Поясніть, як рослини використовують тварин для власного розмноження. **5.** Які властивості, на вашу думку, повинні були мати стародавні бактерії — предки мітохондрій? пластид?

Основні положення теми «Адаптації»

Середовища існування живих організмів

- Водне
- Наземно-повітряне
- Підземне
- Тіла живих організмів

Терморегуляція

Терморегуляція — це сукупність процесів, які дозволяють підтримувати температуру тіла організму на певному рівні. Терморегуляція є одним із найважливіших механізмів адаптації організмів до середовища існування.

Способи терморегуляції

- Фізичні
- Хімічні
- Поведінкові

Пойкілотермні організми

Пойкілотермні організми не можуть підтримувати температуру тіла вищою від температури навколишнього середовища більше, ніж на 1–2 °С. Відповідно, температура їхнього тіла змінюється разом із температурою середовища.

Представники пойкилотермних організмів: щука, ропуха, гадюка, коник, рак.

Гомойотермні організми

Гомойотермні організми можуть підтримувати сталу температуру найважливіших частин тіла незалежно від умов навколишнього середовища.

Поділяються на тварин зі справжньою (ластівка, дельфін, кабан) та інерційною (шкіряста черепаха) гомойотермією.

Рухи організмів

Основні типи таксисів

Тип таксису	Джерело подразнення	Приклади
Фототаксис	Світло	Переміщення джгутикових водоростей (наприклад, евглен) у місця з найкращим освітленням
Термотаксис	Температура	Переміщення бактерій у середовищі, яке має температурний градієнт, до зони з найбільш комфортною для неї температурою
Хемотаксис	Наявність певних речовин	Переміщення бактерій до місць скупчення поживних речовин або лейкоцитів до місця скупчення бактерій. Переміщення бактерій від кристалика солі в розчині до місця з меншою концентрацією солі
Гідротаксис	Волога	Переміщення мікроорганізмів у ґрунті в напрямі до найбільш оптимального для них рівня вологості
Аеротаксис	Кисень	Рух аеробних мікроорганізмів у напрямку підвищення концентрації кисню, а анаеробних — у напрямку зниження його концентрації
Магнітотаксис	Магнітне поле Землі	Орієнтація та координація руху деяких грамнегативних бактерій, які живуть у водному середовищі (прісні, солоні або сильносолоні водойми)
Геотаксис (гравітаксис)	Сила тяжіння	Рух мікроорганізмів орієнтований на дію сили тяжіння. Трапляється в мікроорганізмів різних водойм
Тігмотаксис	Фізичний контакт	Втеча бактерій від еукаріотів (амеб, лейкоцитів багатоклітинних), які на них полюють

Основні типи тропізмів

Тип тропізму	Джерело подразнення	Приклади
Фототропізм	Світло	Повертання листків і пагонів рослини, яка росте у приміщенні, у напрямі до вікон
Геотропізм	Сила тяжіння	Ріст кореня вниз (за винятком дихальних коренів, які ростуть угору), ріст прямостоячих пагонів угору
Хемотропізм	Наявність певних речовин	Ріст кореневих систем у напрямку до горизонту ґрунту, багатого на потрібні для рослини речовини
Тігмотропізм	Фізичний контакт	Обвивання навколо опори пагонів рослин із витким стеблом
Термотропізм	Температура	Ріст гілок дерев від джерела надмірного тепла (наприклад, димової труби, яка розташована поряд із деревом)
Гідротропізм	Волога	Ріст коренів кактуса в напрямку до джерела води в ґрунті

Основні типи настій

Тип настії	Джерело подразнення	Приклади
Фотонастія	Світло	Закриття та відкриття кошиків кульбаб за зміни рівня освітлення (відкриття за високого рівня освітлення, а закриття за низького)
Хемонастія	Наявність певних речовин	Закриття листків росичок у разі потрапляння на них комах як реакція на певні білки на їхніх ногах
Тігмонастія	Струс	Руси, зумовлені струсом, наприклад закриття листків у мімози сором'язливої після струсу, викликаного дотиком
Термонастія	Температура	Закриття квіток тюльпанів у разі зниження температури середовища і їх розкриття за підвищення температури
Гідронастія	Волога	Стулення та розкриття листків деяких видів папороті у випадку, відповідно, зниження та збільшення вологості повітря

Подразливість

Види рецепторів

Вид рецепторів	Які подразнення сприймає	Приклади
Фоторецептори	Світло	Рецептори сітківки
Хеморецептори	Молекули певних речовин	Нюхові та смакові рецептори
Механорецептори	Механічні стимули (тиск, коливання, дотик тощо)	Рецептори дотику, барорецептори
Терморецептори	Температуру	Холодові та теплові рецептори шкіри
Осморецептори	Осмотичний тиск	Рецептори внутрішніх органів, які контролюють стан внутрішнього середовища організму
Електрорецептори	Електричне поле	Рецептори електричних органів риб
Магніторецептори	Магнітне поле	Рецептори перелітних птахів, які дозволяють їм орієнтуватися за допомогою магнітного поля
Больові рецептори	Комплекс факторів	Рецептори болю у ссавців

Тема 7. Біологічні основи здорового способу життя



§ 50. Здоровий спосіб життя та його складові

? Поміркуйте

Якщо людина тривалий час буде їсти досхочу, але тільки один продукт, то в неї виникнуть проблеми зі здоров'ям. Чому?

← Згадайте

- Органічні речовини
- Неорганічні речовини
- Вітаміни
- Мікроелементи

Поняття здоров'я

Здоров'я є однією з головних цінностей життя людини і займає дуже високе місце в ієрархії її потреб. Найявністю здоров'я завжди розглядалося як обов'язковий компонент щасливого життя людини. Крім того, здоров'я людей є важливою умовою успішного соціального та економічного розвитку суспільства.

Здоров'я є комплексним поняттям. Воно включає не тільки відсутність захворювань та

фізичних вад організму, але й наявність стану повного психічного та соціального благополуччя. Здоров'я кожної людини має генетичну основу, яка дістається їй від батьків. Але реальний стан здоров'я на цій основі утворюється в процесі життя людини і суттєво залежить від способу життя, звичок, поведінки і соціальних умов, у яких живе людина.

Процес, що проявляється в порушенні будови, обміну речовин та функціонування організму або його частин, називають **хворобою**. Причини такого процесу можуть бути різними. Інколи вони пов'язані зі спадковими особливостями організму. Але в більшості випадків хвороби виникають як результат особливостей життя людини, її шкідливих звичок, недотримання правил здорового способу життя, ризикованої поведінки тощо.

Науки, що вивчають здоров'я людини

Здоров'я людини є об'єктом досліджень певних наукових дисциплін. Кожна з них вивчає різноманітні прояви життєдіяльності

Науки, що вивчають здоров'я людини

Наука	Предмет вивчення
Генетика	Спадковість і мінливість ознак організму людини, механізми реалізації спадкової інформації, регуляція прояву спадкових ознак
Біохімія	Біохімічні реакції в організмі людини, їх регуляція та механізми порушення, вплив на організм людини різноманітних речовин
Фізіологія	Фізіологічні реакції в організмі людини, їх регуляція та механізми порушення, вплив на процеси в організмі людини зовнішніх і внутрішніх факторів
Цитологія	Клітини людини, життєдіяльність клітин та фактори, які можуть на неї впливати, взаємодія клітин між собою
Гістологія	Тканини людини, життєдіяльність тканин та фактори, які можуть на неї впливати, взаємодія тканин між собою
Психологія	Психічні процеси в нервовій системі людини, дія на них зовнішніх і внутрішніх факторів, взаємодія людей між собою
Антропологія	Особливості будови організму людини, різноманіття ознак людей у різних популяціях, еволюція людини, вплив на організм людини умов навколишнього середовища
Медицина	Причини виникнення та способи лікування захворювань і мінімізації їх негативних наслідків, способи профілактики захворювань



організму людини, варіабельність цих проявів та можливі їх порушення.

Здоровий спосіб життя

Аби зберегти здоров'я, людина повинна дотримуватися певних правил. Ці правила дозволяють суттєво зменшити ризик погіршення здоров'я, а отже, допоможуть прожити довге і щасливе життя. Розумне використання людиною свого життєвого потенціалу і дотримання науково обґрунтованих рекомендацій із різних сфер життєдіяльності, називають **здоровим способом життя (ЗСЖ)**.

До принципів здорового способу життя належать певні правила щодо харчування, фізичної активності, особистої гігієни, психічного стану, життєвих звичок та інших аспектів життєдіяльності кожної людини.

Формування здорового способу життя

Здоровий спосіб життя не виникає сам по собі. Для його формування людина має відчувати в ньому потребу і розуміти його переваги. Без бажання дотримуватися правил здорового життя зусилля будуть витрачатися марно.

Важливо розуміти, що застосування принципів ЗСЖ матиме ефект лише у випадку комплексного підходу. Якщо дотримуватися правил раціонального харчування, але працювати майже без відпочинку, то гарного здоров'я все одно не буде.

Гігієна і харчування

Особиста гігієна стала особливо актуальною в наш час через високу щільність людських поселень. Великі скупчення людей полегшують поширення хвороботворних організмів. Одним із найефективніших засобів захисту є дотримання правил особистої гігієни.

! Ключова ідея

Людина повинна постійно підтримувати своє здоров'я. Найбільш ефективним способом цього є здоровий спосіб життя. Це комплекс науково обґрунтованих правил, яких слід дотримуватися в різних сферах життєдіяльності. Найважливішими складовими здорового способу життя є раціональне харчування, адекватні фізичні навантаження, дотримання правил особистої гігієни, правильне чергування навантаження та відпочинку, психологічний комфорт.

Не менш важливою складовою ЗСЖ є раціональне харчування. Значна частина населення нашої планети ще живе на межі голоду. Водночас для багатьох людей є дуже актуальною проблема переїдання. Крім того, достатня кількість їжі не гарантує її якість. Організм людини має отримувати потрібні йому речовини в певних пропорціях. А їжа складається не тільки з білків, ліпідів та вуглеводів, а ще й із вітамінів та мікроелементів. Вони потрібні в незначній кількості, але без них здоровою людина не буде.

Фізичні навантаження

Для багатьох мешканців сучасних міст великою проблемою в житті є гіподинамія. Недостатня рухова активність стає причиною багатьох захворювань. Особливо страждає серцево-судинна система. Це не дивно, бо еволюція людини тривала мільйони років, і її організм пристосований до регулярних фізичних навантажень. Якщо навантаження відсутні, робота організму порушується. Для нього такий стан речей не є нормальним.

Але надмірні фізичні навантаження теж можуть бути шкідливими для здоров'я. Надто важка фізична праця стає причиною проблем опорно-рухового апарату. Страждають суглоби і кістки, підвищується ризик пошкодження м'язів. Як і з іншими складовими ЗСЖ, найбільш оптимальними рекомендаціями буде дотримання помірних навантажень, адекватних фізичному стану конкретної людини.

Робота і відпочинок. Психологічні аспекти ЗСЖ

Важливою складовою ЗСЖ є регулярне чергування роботи і відпочинку. Постійне безперервне навантаження не тільки погано позначається на фізичному стані людини. Воно має вкрай негативні психічні наслідки. Мозок людини теж повинен відпочивати. Та й ефективність роботи після відпочинку суттєво збільшується.

≡ Запитання та завдання

1. Чому для деяких професій існують певні вимоги до стану здоров'я робітників? **2.** Чому держава зацікавлена в тому, щоб її громадяни дотримувалися здорового способу життя?

§ 51. Вплив зовнішніх факторів на здоров'я людини

? Поміркуйте

Чому вживання наркотиків створює проблеми не тільки тим людям, які їх приймають? Які негативні соціальні наслідки від вживання наркотичних речовин?

← Згадайте

- Нейрогуморальна регуляція
- Гормони
- Фактори середовища
- Здоровий спосіб життя

Стрес та його причини

У засобах масової інформації часто використовують терміни стрес і стресові фактори. Але вживають їх не завжди доречно. Ви вже знаєте, що стрес є неспецифічною нейрогуморальною відповіддю організму на дуже сильний зовнішній вплив. Він виникає в разі дії на організм чинників, які порушують гомеостаз.

Ці чинники можуть мати різне походження. Їх, власне, і називають стресовими факторами. Стресові фактори є частиною навколишнього середовища. Вони можуть бути наслідками дії живих організмів, явищ неживої природи або виникати як результат діяльності людини.

Залежно від того, що є причиною стресу, розрізняють фізіологічний і психоемоційний стрес. Причини фізіологічного стресу зовнішні. Вони діють на всіх тих, на кого подіяв фактор. Це землетрус, аварія, сильний дощ тощо. Психоемоційний стрес виникає під дією факторів, які є важливими для конкретної людини і можуть не впливати або не суттєво впливати на інших людей. Причиною такого стресу можуть бути невдале виконання домашнього завдання, образа на вчинок друга, програш улюбленої команди тощо.

Реакція організму на стрес

Розрізняють три стадії стресу: тривоги, адаптації і виснаження. У відповіді організму

на дію стресового фактора беруть участь багато органів. Насамперед це мозок і ендокринна система. Також активно задіяні серцево-судинна і дихальна системи.

На стадії тривоги організм відчуває, що виникла ситуація, яка може йому чимось загрожувати. Водночас здатність організму до опору зовнішнім впливам спочатку трохи знижується, а потім починає посилюватися.

На стадії опору під впливом нервової і гуморальної систем відбувається мобілізація ресурсів організму, і його здатність до опору збільшується. Ця стадія є найуспішнішою для подолання дії стресового фактора. Якщо організму не вдалося вирішити проблеми, настає стадія виснаження. Організм відчуває нестачу ресурсів, а його здатність до опору знижується.

Наслідки постійного стресу

Стрес не є захворюванням. Це нормальний механізм розв'язування проблемних ситуацій організмом. Повна відсутність стресу негативно позначається на стані організму людини.

Але проблемою може стати постійний стрес. Адже для подолання дії стресового фактора організм використовує свої резерви. У випадку повсякденного стресу ці резерви не встигають відновлюватися. Тому тривалий стрес стає причиною суттєвого виснаження організму, що, звичайно, значно погіршує стан здоров'я і здатність організму опиратися негативним впливам середовища.

Складовими постійного стресу можуть ставати шкідливі звички людини, такі як паління, алкоголізм і вживання наркотичних речовин. Їхній вплив на організм людини може бути дуже шкідливим.

Вплив куріння на здоров'я

Тютюнопаління стає шкідливою звичкою через звикання людини до нікотину, який міститься в тютюні. Нікотин у першу чергу діє на клітини нервової системи, але органи дихання і травлення також страждають.



Продукти паління потрапляють в організм через органи дихальної системи. Тому ці органи страждають найбільше. Паління може стати причиною раку легень або інших органів дихання. Ще однією проблемою є втрата еластичності голосових зв'язок під впливом тютюнового диму, що призводить до зміни голосу. Тютюновий дим негативно впливає на миготливий епітелій трахеї і бронхів. Саме через це багато паліїв часто кашляють.

Через куріння може порушуватися нормальне кровопостачання органів травлення, збільшується ризик захворювання на рак стравоходу та шлунка. Тютюновий дим негативно впливає на зуби, призводячи до їх потемніння та появи тріщин на емалі, що може спричинити розвиток карієсу. Наслідки куріння можуть погіршувати стан шкіри, роботу нирок і серцево-судинної системи.

Вплив на здоров'я алкоголю

Ви вже знаєте, що споживання алкоголю негативно позначається на організмі людини. Найбільші проблеми під час надмірного вживання алкоголю виникають у роботі нервової, серцево-судинної і травної систем. Також часто страждає видільна система.

Алкоголь порушує роботу центральної нервової системи. Він може бути причиною галюцинацій, неадекватного сприйняття дійсності, психічних розладів. Під впливом алкоголю людина часто перестає контролювати свої дії. У неї погіршується координація рухів і реакція на подразнення. Усе це створює небезпеку як для самої людини, так і для оточуючих.

Алкоголь руйнує слизову оболонку шлунка і знижує активність шлункового соку. Під впливом алкоголю погіршується працездат-

ність підшлункової залози. Та найбільше страждає печінка. У результаті дії алкоголю клітини печінки заміщуються на жирову тканину і печінка руйнується. Найгіршим наслідком може бути цироз печінки і повне припинення її роботи.

Дуже погано алкоголь впливає на серце. Його споживання підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань, а також спричиняє порушення обміну речовин та роботи імунної системи.

Вплив на здоров'я наркотиків

Наркотичні речовини впливають на клітини мозку, і їхня дія може легко стати причиною формування залежності. Уживання наркотичних речовин створює проблеми для всіх систем органів людини. Порушується робота серця, органів травлення, нирок і печінки. Але найбільше уражається мозок.

Під впливом наркотичних речовин відбувається руйнація особистості. Людина часто втрачає відчуття реальності, а її поведінка стає непередбачуваною. Коли наркотична залежність розвинулась, навіть коротка затримка з прийомом чергової дози викликає сильні страждання (абстинентний синдром).

ПР

Практична робота

Порівняльний аналіз складу енерготоніків на основі інформації, поданої на етикетках

1. Виберіть кілька енергетичних напоїв, які ви будете порівнювати між собою.
2. Проаналізуйте їхній вміст і складіть порівняльну таблицю.
3. Визначте для кожного напою склад харчових добавок, указаних спеціальними шифрами.
4. Сформулюйте висновки.



Ключова ідея

Стрес є нормальною реакцією організму на дію сильних факторів. Сам по собі він не шкідливий. Проблеми можуть виникати за умови постійного стресу, коли організм людини не встигає відновлюватися. Негативними складовими постійного стресу можуть бути такі шкідливі звички людини, як паління, алкоголізм і вживання наркотичних речовин.



Запитання та завдання

1. Складіть перелік органів, задіяних у відповіді на стрес, укажіть зміни, які виникають у цих органах під впливом стресу.
2. Чому людині важко відмовитися від споживання наркотичних речовин після формування залежності до їхньої дії?

§ 52. Безпека і статеві культура

? Поміркуйте

Чому будова організму чоловіків і жінок є різною і на якому етапі онтогенезу виникають ці відмінності?

← Згадайте

- Стать
- Статеві клітини
- Розмноження
- Внутрішнє запліднення

Статеві культура та її значення

Статеві культура є однією з важливих складових здорового способу життя. Вона охоплює як культуру власне сексуальних відносин, так і культуру взаємовідносин людей різної чи однієї статі в повсякденному житті.

Важливість статевої культури полягає в тому, що вона обумовлює репродуктивний успіх не тільки окремої людини, але й різних людських популяцій та всього виду в цілому. На статеві культуру суттєво впливають як національні традиції різних народів, так і особливості певних соціальних груп. Статеві культура населення значно впливає на соціальні процеси в суспільствах та індивідуальне життя кожної людини.

Захворювання, що передаються статевим шляхом

Дуже небезпечними для здоров'я людини є захворювання, які передаються статевим шляхом (ЗПСШ). Організм людини не утворює імунітету до цих захворювань, тому навіть після одужання людина може знову на них захворіти. Збудники цих захворювань, проникаючи в організм статевим шляхом, можуть також порушувати функціонування інших органів.

Перелік широко відомих захворювань, що передаються статевим шляхом, не надто великий. Але насправді цей шлях поширення використовують багато збудників інфекцій. Масштаби ураження людей цими захворюваннями дуже значні. Щодня на планеті ними заражається приблизно 1 мільйон людей. В Україні щорічно ці захворювання уражають 400 тисяч жителів.

Найбільш поширеними ЗПСШ у світі є хламідіоз, гонорея, сифіліс, трихомоноз та герпес. В Україні такими захворюваннями є сифіліс, гонорея, хламідіоз, герпес, мікоплазмоз, кандидоз і трихомоноз.

Вірусні та бактеріальні ЗПСШ

Збудниками найбільш відомих ЗПСШ є віруси і бактерії. До них належать вірус імунодефіциту людини, вірус герпесу, вірус

Поширені ЗПСШ, збудниками яких є віруси і бактерії

Захворювання	Збудник	Наслідки для організму людини
Синдром набутого імунодефіциту (СНІД)	Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ)	Ураження імунної системи, ослаблення опору організму інфекціям, що часто стає причиною смерті
Генітальний герпес	Вірус герпесу	Ураження слизових оболонок та нервових клітин
Сифіліс	Бліда трепонема	Ураження різних систем органів (нервової, серцево-судинної, опорно-рухової, покривів тіла тощо)
Гонорея	Гонокок	Запалення слизових оболонок статевих органів, безпліддя, імпотенція
Хламідіоз	Хламідії	Запалення статевих органів, безпліддя, імпотенція
Мікоплазмоз	Мікоплазми	Ураження статевих органів, імпотенція, безпліддя, підвищений ризик позаматкової вагітності



Поширені ЗПСШ, збудниками яких є еукаріотичні організми

Захворювання	Збудник	Наслідки для організму людини
Трихомоноз (трихомоніаз)	Трихомонада	Запалення статевих органів, органів видільної системи, часто розвивається безпліддя
Кандидоз	Гриби з роду Кандида	Ураження слизових оболонок статевих органів і органів виділення, можливе ураження слизових оболонок інших органів
Короста	Коростяний свербун	Ураження шкіри біля геніталій та на інших ділянках тіла, свербіж і запалення ураженої шкіри
Педикульоз	Лобкова воша	Шкіряний свербіж біля геніталій, сліди укусів паразитами на шкірі

гепатиту В, вірус гепатиту С, білда трепонема, гонокок, хламідії тощо.

Ці збудники є причиною таких захворювань, як СНІД, сифіліс, гонорея, хламідіоз, герпес статевих органів тощо. Але статевим шляхом можуть передатися й інші інфекції, які частіше поширюються іншим шляхом. Так, статевим шляхом може передаватися збудник туберкульозу (паличка Коха), що може стати причиною туберкульозу статевих органів.

ЗПСШ, збудниками яких є еукаріотичні організми

Також значна кількість збудників захворювань, що передаються статевим шляхом, є представниками еукаріотів. Більшість із них — гриби й одноклітинні еукаріоти (кандиди, трихомонади тощо), але трапляються і багатоклітинні паразити (коростяний свербун, лобкова воша). Ці організми є збудниками таких захворювань, як кандидоз (молочниця), трихомоноз, короста, педикульоз тощо.

Профілактика захворювань, що передаються статевим шляхом

ЗПСШ можуть передаватися під час усіх видів статевих контактів. Крім того, ними можна заразитися під час процедур татуажу, манікюру і педикюру. Щоб попередити

поширення цих захворювань, Всесвітня організація охорони здоров'я сформулювала поняття безпечної статевої поведінки, яка містить такі правила:

- правильне і регулярне використання презервативів;
- правильне застосування місцевих бактерицидних засобів;
- періодичне обстеження в спеціалізованих лабораторіях;
- спеціальне лікування в разі діагностування захворювання;
- статева стриманість;
- обов'язкове інформування статевих партнерів;
- вакцинація проти збудників, для яких створено вакцини (гепатит В, папіломавірус).

Проблемою в боротьбі з цими захворюваннями є намагання багатьох людей приховати їх наявність. Це пов'язано зі страхом негативних соціальних наслідків у випадку виявлення таких захворювань, бо зазвичай суспільство пов'язує їх із низькою сексуальною культурою й асоціальним способом життя. Хоча сексуальні контакти не є єдиним способом зараження такими інфекціями. Відтак багато людей у випадку захворювання вдаються до самолікування. Воно далеко не завжди буває успішним і часто стає причиною формування нових популяцій патогенів, стійких до дії існуючих лікарських препаратів.



Ключова ідея

Статева культура є важливою складовою людського життя. Вона охоплює не тільки культуру сексуальних відносин, але й культуру повсякденної взаємодії людей різних статей. Захворювання, що передаються статевим шляхом, є поширеними інфекціями, які можуть завдавати значної шкоди здоров'ю людини.



Запитання та завдання

1. Обґрунтуйте положення безпечної статевої поведінки, які запропонувала ВООЗ.
2. Один штам гриба, який є збудником кандидозу, може викликати класичну клінічну картину цього захворювання в однієї людини і ніяк не проявити себе в організмі іншої. З чим це може бути пов'язано?

§ 53. Неінфекційні захворювання опорно-рухової системи



Поміркуйте

Які фактори можуть впливати на розвиток і стан опорно-рухової системи людини протягом її життя?



Згадайте

- Кісткова тканина
- М'язова тканина
- Регенерація
- Обмін речовин

Причини виникнення неінфекційних захворювань опорно-рухової системи

Неінфекційними називають захворювання, які розвиваються без участі хвороботворних організмів. Причини виникнення неінфекційних захворювань опорно-рухової системи досить різноманітні. Вони можуть бути пов'язані як із порушеннями у процесах самого організму, так і з впливом певних зовнішніх факторів.

Найбільш поширеними причинами є:

- механічні пошкодження (травми);
- надмірні або недостатні фізичні навантаження;
- нераціональне харчування;
- спадкові захворювання;
- порушення процесів обміну речовин;
- доброякісні пухлини;
- онкологічні захворювання.

Найбільш поширені неінфекційні захворювання опорно-рухової системи

Механічні пошкодження є найбільш поширеними причинами проблем опорно-рухової системи. До них належать розтягнення м'язів і зв'язок, удари, вивихи та переломи. Однією з основних проблем у разі переломів є неправильне зростання кісток. Але сучасні медичні технології достатньо успішно її вирішують.

Надмірні й недостатні фізичні навантаження спричиняють захворювання за схожим механізмом. В обох випадках проблема



Мал. 53.1. Розвиток артрозу суглобів стопи

в тому, що кістка є живою тканиною й адаптується до навантажень, перебудовуючи свою внутрішню структуру. І надмірне, і недостатнє навантаження перешкоджають утворенню нормальної внутрішньої структури кістки. Наслідком надмірних навантажень може бути артроз (мал. 53.1), який уражає суглоби. А недостатнє навантаження стає причиною гіпотонії, і це створює проблеми не тільки для опорно-рухової, але й для інших систем органів.

Захворювання опорно-рухової системи, причиною яких є нераціональне харчування, спадкові захворювання та порушення обміну речовин, виникають через проблеми з перебігом біохімічних і фізіологічних процесів у клітинах тканин опорно-рухової системи. Однак причини виникнення цих проблем є різними.

Нераціональне харчування створює дефіцит вітамінів в організмі. Це може зумовити виникнення рахіту і порушення розвитку кісток. М'язова дистрофія Дюшена є результатом спадкового порушення в синтезі дистрофіну (білка м'язів), що стає причиною деградації м'язів.

А зниження виробництва в організмі гормона естрогену (це порушення обміну речовин часто трапляється в жінок) має своїм наслідком розвиток остеопорозу (мал. 53.2). Під час цього захворювання з кісток дуже інтенсивно видаляються сполуки Кальцію. Наслідком такого процесу є підвищення ламкості кісток і підвищення ризику переломів.

Ще одна причина проблем з опорно-руховим апаратом — утворення доброякісних



Нормальна кістка

Кістка з остеопорозом

Мал. 53.2. Зміни у структурі кістки, які є наслідком остеопорозу

пухлин. Як ви вже знаєте, *доброякісні пухлини* — це новоутворення в організмі, що зумовлені неконтрольованим, але обмеженим розмноженням клітин, які не поширюються в сусідні тканини (не здатні до інвазії) та віддалені органи (не утворюють метастази). За структурою доброякісні пухлини схожі на тканини, з яких вони виникли. Доброякісні пухлини зазвичай ростуть повільно й обмежені сполучнотканинною капсулою. Поширеними доброякісними пухлинами є міоми (розвиваються з м'язів) і остеоми (розвиваються з кісток).

Профілактика неінфекційних захворювань опорно-рухової системи

Профілактика неінфекційних захворювань опорно-рухової системи спрямована на ліквідацію причин виникнення проблем. Один із найбільш ефективних механізмів для цього — здоровий спосіб життя.

! Ключова ідея

Неінфекційні захворювання опорно-рухової системи можуть виникати з різних причин. Вони часто мають важкі наслідки для здоров'я людини. До найбільш поширених захворювань цієї групи належать механічні пошкодження, остеопороз, артроз, рахіт тощо. Гарним засобом профілактики таких захворювань є дотримання принципів здорового способу життя.

Особливо велике значення мають регулярні тренування. Помірні фізичні навантаження добре позначаються як на структурі кісток, так і на роботі м'язів. Зникають потенційні ризики гіпотонії, покращується обмін речовин. Як не дивно, але регулярні тренування зменшують і ризик механічних травм. Вони стимулюють нормалізацію обміну речовин, що зміцнює кістки, а м'язовий каркас, який завдяки цьому формується в людини, стає більш витривалим до ударів. Ще один позитивний ефект регулярних тренувань — формування правильної постави. Правильна постава сприяє нормальній роботі внутрішніх органів та взаємодії елементів опорно-рухової системи між собою.

ПР Практична робота

Розроблення власної програми фізичної самопідготовки

1. Оцініть стан своєї постави і визначте, чи потребує вона корекції.
2. Визначте, які з ваших груп м'язів є найменш розвиненими, і підберіть вправи для їх тренування.
3. Складіть програму тренувань з урахуванням стану постави та рівня тренуваності м'язової системи, якого ви б хотіли досягти.
4. Сформулюйте висновки.

ПР Практична робота

Вивчення (складання) вмісту аптечки для надання першої медичної допомоги

1. Складіть список ситуацій, у яких може виникнути необхідність надання людині першої медичної допомоги.
2. Враховуючи розмір аптечки, складіть перелік таких препаратів і допоміжних матеріалів, які мають бути у ній.
3. Сформулюйте висновки.

≡ Запитання та завдання

1. Чому у старих людей механічні пошкодження опорно-рухової системи відновлюються повільніше, ніж у молодих? 2. Чому остеопороз у жінок розвивається набагато частіше, ніж у чоловіків? 3. Яким чином спосіб життя в підлітковому віці може впливати на стан опорно-рухового апарату в дорослої людини.

§ 54. Неінфекційні захворювання основних систем органів

? Поміркуйте

Яким чином ендокринна система координує роботу всіх інших систем органів організму людини?

← Згадайте

- Гормони
- Алергія
- Артеріальний тиск
- Токсини

Причини виникнення неінфекційних захворювань основних систем органів

Причини виникнення неінфекційних захворювань кровоносної (у тому числі і серцево-судинної), дихальної, травної, видільної, ендокринної і статеві систем є різноманітними. Вони можуть бути пов'язані як із порушеннями у процесах самого організму, так і з впливом певних зовнішніх факторів. За даними ВООЗ, найбільш поширеними є не-

Неінфекційні захворювання основних систем органів

Система органів	Захворювання	Опис захворювання
Дихальна	Бронхіальна астма	Порушення прохідності бронхів унаслідок спазму мускулатури дрібних бронхів, набряку слизової оболонки й закупорення їх в'язкими виділеннями під час розвитку алергічних процесів у бронхах
Серцево-судинна	Інфаркт міокарда	Порушення кровопостачання ділянки серцевого м'яза, що призводить до його некрозу (відмирання). Частіше за все виникає через закупорювання тромбом однієї з артерій, що забезпечують кров'ю серцевий м'яз (їх називають коронарними)
Серцево-судинна	Ішемічна хвороба серця	Порушення руху крові в коронарних артеріях, часто внаслідок розвитку атеросклерозу
Серцево-судинна	Інсульт	Порушення кровообігу в головному мозку, що спричинені інфарктом або крововиливом у мозок
Серцево-судинна	Гіпертонічна хвороба	Порушення діяльності центрів мозку, які регулюють роботу судин, нирок, нейрогуморальної регуляції
Серцево-судинна	Атеросклероз	Ущільнення артеріальної стінки за рахунок розростання сполучної тканини через відкладання жовтої жирової речовини та солей Кальцію на поверхні стінки артерії (мал. 54.1)
Серцево-судинна	Варикозне розширення вен	Нерівномірне розширення вен, порушення руху крові у венах через слабкість стінок вен і м'язів кінцівок, які їх оточують
Серцево-судинна	Тромбофлебіт	Ускладнення варикозного розширення вен нижніх кінцівок, яке виявляється у вигляді ущільнення, почервоніння та болючості шкіри над варикозно зміненою веною
Ендокринна	Діабет	Недостатнє вироблення інсуліну або втрата клітинами можливості реагувати на його молекули стає причиною гіперглікемії — підвищеного вмісту цукру в крові, що є причиною цілої низки патологічних процесів в організмі
Статева	Безпліддя	Нездатність зрілого організму давати нащадків. Може бути як інфекційної, так і неінфекційної природи. Безпліддя неінфекційної природи може виникати в результаті порушення обміну речовин, спадкових порушень, наслідків абортів
Видільна	Сечокам'яна хвороба	Відкладення солей у нирках і сечовивідних шляхах у вигляді каменів, що виникає в разі порушення обміну речовин
Травна	Жовчнокам'яна хвороба	Утворення каменів у жовчному міхурі в результаті порушення обміну речовин



інфекційні захворювання серцево-судинної, дихальної та ендокринної систем. Неінфекційні захворювання серцево-судинної системи взагалі на сьогодні займають перше місце у світі серед причин смертності.

Найбільш поширеними причинами є такі:

- недостатні фізичні навантаження;
- нераціональне харчування;
- ожиріння;
- спадкові захворювання;
- порушення процесів обміну речовин;
- доброякісні пухлини;
- онкологічні захворювання.

Найбільш поширені неінфекційні захворювання основних систем органів

Згідно з даними ВООЗ, щороку у світі неінфекційні захворювання стають причиною смерті 41 мільйона людей. Із них 17,9 млн гинуть від захворювань серцево-судинної системи. Хвороби дихальної системи вбивають 3,9 мільйона, а діабет (найпоширеніше захворювання ендокринної системи) — 1,6 млн.

Профілактика неінфекційних захворювань основних систем органів

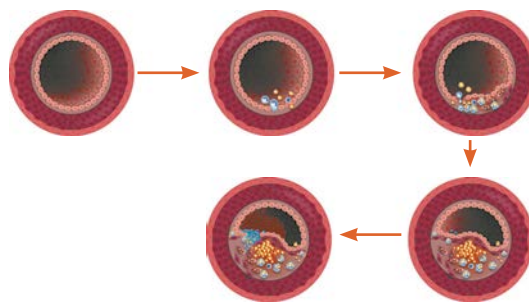
Профілактика неінфекційних захворювань основних систем спрямована на ліквідацію причин виникнення проблем. Один із найбільш ефективних механізмів для цього — здоровий спосіб життя. Він покращує обмін речовин і попереджає розвиток захворювань усіх основних систем органів.

Раціональне харчування суттєво знижує ризик багатьох порушень у роботі основних систем. Наприклад, наявність Йоду в продуктах харчування суттєво знижує ризик розвитку порушень у роботі щитовидної залози. Достатня кількість неорганічних речовин нормалізує фізіологічні процеси в травній, кровоносній, видільній, нервовій та інших системах. Зниження рівня постійного стресу добре позначається на роботі серця, стані судин, діяльності нервової, ендокринної та імунної систем.



Ключова ідея

Неінфекційні захворювання основних систем організму можуть виникати з різних причин. Вони часто мають важкі наслідки для здоров'я людини. Гарним засобом профілактики таких захворювань є дотримання принципів здорового способу життя.



Мал. 54.1. Стадії розвитку атеросклерозу



Практична робота

Визначення харчового статусу організму

1. Запишіть особливості своєї життєдіяльності (рівень фізичних навантажень, характер харчування, співвідношення періодів роботи й відпочинку, наявність ознак розладів, зумовлених недостатнім або надлишковим харчуванням).
2. Визначте конституційний тип тіла та зробіть соматометричні вимірювання (зріст і маса тіла, обхват грудної клітки тощо).
3. Обчисліть масово-ростові показники (індекс Брока, індекс Кетле).
4. Використовуючи отримані дані, визначте харчовий статус організму (фізіологічний стан організму, зумовлений його харчуванням) та сформулюйте висновок, у якому вкажіть, до якої категорії харчового статусу можна віднести ваш організм (оптимальний, надлишковий, недостатній, передхворобливий, хворобливий).



Практична робота

Надання першої медичної допомоги

1. Розгляньте запропоновані ситуації, у яких виникає необхідність надання першої медичної допомоги (пошкодження опорно-рухової системи, кровотеча, сонячний і тепловий удари, обмороження, опіки, укуси отруйної тварини).
2. Складіть перелік дій, які слід виконати в цих ситуаціях для надання першої медичної допомоги.
3. Сформулюйте висновки.



Запитання та завдання

1. Чому саме неінфекційні захворювання серцево-судинної системи стали найбільш поширеними в наш час? **2.** На прикладі ожиріння розгляньте вплив одного негативного фактора відразу на кілька систем організму людини.

§ 55. Неінфекційні захворювання нервової системи

? Поміркуйте

Які фактори можуть впливати на розвиток і стан нервової системи людини протягом її життя?

← Згадайте

- Нервова тканина
- Збудження
- Гальмування
- Вища нервова діяльність

Причини виникнення неінфекційних захворювань нервової системи

Як ви вже знаєте, нервова система людини складається з центральної та периферичної частин. До складу центральної нервової системи входять головний і спинний мозок, а до складу периферичної — нерви, які з'єднують центральну нервову систему і всі органи тіла. Порушення роботи нервової системи стають причиною порушення функціонування інших систем організму.

Неінфекційні захворювання периферичної нервової системи переважно виникають як наслідок травматичних пошкоджень, порушень обміну речовин (наприклад, у випадку такого гіповітамінозу, як пелагра) або ураження токсинами (наприклад, тетродотоксином). Проблеми з цією частиною нервової системи також можуть бути наслідками спадкових порушень або уроджених вад.

Неінфекційні захворювання центральної нервової системи проявляються у вигляді психічних розладів — порушень мислення, емоцій і поведінки. Їх зовнішніми проявами часто стають психосоматичні й тривожні розлади, депресії, манії, галюцинації тощо. Вони можуть мати важкі наслідки як для життя самої людини, так і для членів її родини та інших членів соціуму.

Причини виникнення неінфекційних захворювань нервової системи людини можуть бути різними. Ними стають як порушення у процесах самого організму, так і вплив певних зовнішніх факторів.

Найбільш поширеними причинами є такі:

- механічні пошкодження (черепно-мозкові травми);
- дія психічних факторів;
- нераціональне харчування;
- спадкові захворювання;
- порушення процесів обміну речовин;
- отруєння (з ураженням токсинами нервових клітин);
- онкологічні захворювання.

Але зазвичай такі захворювання виникають у результаті поєднання низки факторів, як зовнішніх, так і внутрішніх.

Епілепсія

Епілепсія є спільною назвою для групи розладів, які стають причиною судомних нападів. Такі напади можуть бути майже непомітними, а можуть тривати довго і з великою силою. У більшості випадків причина епілепсії залишається невідомою, але доведено, що на розвиток захворювання може впливати вживання алкоголю та наркотичних речовин.

Наявність епілептичних нападів не впливає на розумову діяльність людини і становить більшу проблему для неї самої, ніж для інших. Але люди з такою особливістю часто потерпають від негативного ставлення до них, соціальної ізоляції та дискримінації.

Шизофренія

Шизофренія є психічним розладом розумової діяльності. Її проявами є галюцинації, марення, дивні манії, параноя. Характерні дезорганізованість мови та мислення. Такі люди формують у своїй уяві власну реальність, яка не відповідає реальному життю. Це стає причиною значних соціальних проблем і виникнення конфліктів з оточенням. Шизофренія часто починає проявлятися у молодому віці (16–30 років). З часом вона може прогресувати і набувати більш важкої форми.

Причини розвитку шизофренії досі однозначно не з'ясовані. Але відомо, що на її розвиток і перебіг можуть впливати спадкові та екологічні фактори.



Хвороба Альцгеймера

Захворювання було названо на честь А. Альцгеймера — німецького психіатра та невропатолога, який уперше описав комплекс симптомів цього захворювання. Симптомами хвороби Альцгеймера є порушення пам'яті, абстрактного мислення, мови. У людини виникають проблеми з оперуванням предметами та процесами впізнавання.

Безпосередня причина цих змін — ураження клітин сірої речовини мозку, що стає причиною їх загибелі. Це відбувається в результаті накопичення в клітинах мозку білків з аномальною конформацією. Виникнення захворювання залежить як від спадкових особливостей, так і від дії зовнішніх факторів.

Хвороба Паркінсона

Захворювання було названо на честь англійського лікаря Дж. Паркінсона, який першим описав відповідні симптоми. Характерними особливостями хвороби Паркінсона є тремор (тремтіння) кінцівок, зниження спонтанної рухової активності (людина може дуже довго бути нерухою), монотонна мова тощо.

Причиною патологічних змін є загибель нейронів, які виробляють нейромедіатор дофамін. Розвиток захворювання зумовлює комплекс факторів, до якого належать спадкова схильність та дії середовища.

Хвороба Гантінгтона

Захворювання було названо на честь Дж. Гантінгтона — американського лікаря, який уперше описав комплекс симптомів цього захворювання. Захворювання розвивається у віці 35–50 років. Результатом патологічного процесу є дегенерація тканин головного мозку, у тому числі й кори.

Причиною захворювання є мутація одного з генів четвертої хромосоми, у якому відбувається дуплікація.



Ключова ідея

Неінфекційні захворювання нервової системи організму можуть виникати з різних причин. Вони часто мають важкі наслідки як для здоров'я людини, так і для її соціальної взаємодії. До найбільш поширених захворювань цієї групи належать епілепсія, шизофренія, хвороба Альцгеймера, хвороба Паркінсона тощо.

Розсіяний склероз

Це захворювання належить до групи аутоімунних. Його причиною є атака імунної системи організму на мієлін клітин власного мозку. Втрата мієліну порушує зв'язок ділянок мозку між собою і стає причиною різноманітних симптомів цього захворювання.

Безпосередня причина захворювання поки не визначена, але відомо про участь у її розвитку спадкової схильності та дії зовнішніх факторів.

Профілактика неінфекційних захворювань нервової системи

Як і у випадках неінфекційних захворювань інших систем організму, профілактика захворювань нервової системи спрямована на ліквідацію причин виникнення проблем. Одним із найефективніших механізмів для цього є здоровий спосіб життя. У тому числі такі його аспекти, як раціональне харчування та оптимальне чергування праці й відпочинку. Але для цієї системи організму вкрай важливим аспектом є турбота про психічне здоров'я та взаємодія конкретної особи з іншими людьми.

Негаразди у взаємодії з іншими людьми можуть провокувати розвиток захворювань, до яких у людини є спадкова схильність. Тому створення комфортного психологічного середовища є гарним профілактичним заходом.

Дотримання правил безпеки дозволяє уникати черепно-мозкових травм, а турбота про інші системи організму запобігає опосередкованому ушкодженню нервової системи (наприклад, у результаті розладу роботи ендокринної чи імунної систем).

Ще одним важливим заходом профілактики таких захворювань є генетичне консультування, яке дозволяє розраховувати ризик народження дітей із відповідною спадковою схильністю.



Запитання та завдання

1. Чи можуть співпадати симптоми в захворювань, які уражають центральну нервову систему, але мають різну природу? Відповідь обґрунтуйте.
2. У випадку хвороби Гантінгтона дефектний білок синтезується в усіх частинах тіла. Але патологічні зміни виникають тільки в певних структурах мозку. З чим це може бути пов'язано?

§ 56. Імунна система та імунітет

? Поміркуйте

Яким чином клітини організму розпізнають одна одну? Чому в деяких випадках організм може запобігти виникненню захворювання, а в деяких — ні?

← Згадайте

- Лейкоцити
- Антитіло
- Антиген
- Імунітет

Склад імунної системи людини

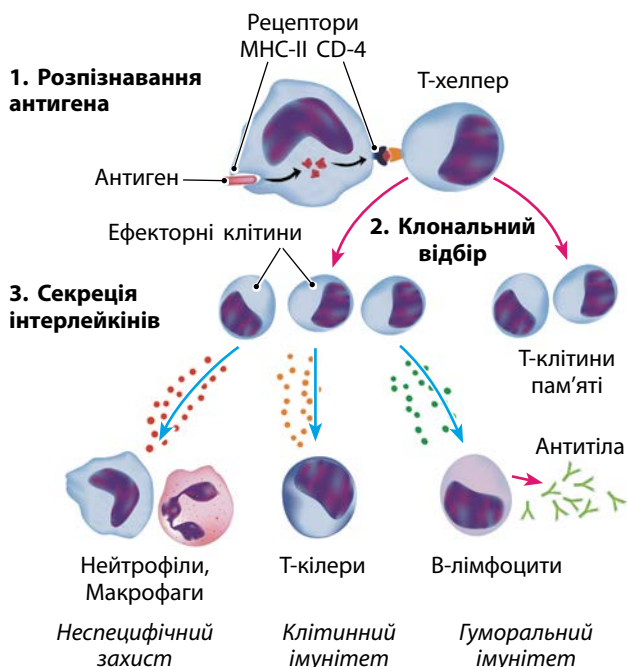
До складу імунної системи людини належать кістковий мозок, тимус, селезінка, мигдалики, лімфатичні вузли (мал. 56.1) та інші органи. Центральними органами системи є тимус і кістковий мозок, а всі інші належать до периферичних органів. Кістковий мозок і селезінка є джерелом утворення лейкоцитів. Селезінка також активно виробляє лейкоцити й бере участь у знешкодженні мікроорганізмів та небезпечних речовин у крові, яка через неї проходить.

Тимус — це залоза, яка дуже активно працює в людей молодого віку, а потім знижує свою активність. У ньому відбувається дозрівання і «навчання» Т-лімфоцитів, які після цього набувають здатності розпізнавати певні антигени.

Але найбільш масовою структурою імунної системи є лімфатичні вузли. Вони формуються в місцях злиття кількох лімфатичних судин, створюючи бар'єри для поширення інфекцій в організмі.

Особливості роботи імунної системи

Імунна система підтримує сталість внутрішнього середовища організму (здійснює імунну регуляцію) за допомогою двох основних механізмів — клітинного (захисні функції виконують клітини) і гуморального (захисні функції виконують молекули білків — антитіла) імунітетів. Їх забезпечують білі клітини крові — В- і Т-лімфоцити. Вони забезпечують так звану *імунну відповідь* — складну сис-



Мал. 56.1. Імунна реакція на виявлений антиген

тему реакцій імунної системи, мета якої — знешкодити виявлений антиген (мал. 56.1).

Клітинний імунітет забезпечується завдяки діяльності Т-лімфоцитів. Вони мають на своїй поверхні рецептори, здатні розпізнавати певний антиген. У разі взаємодії з цим антигеном Т-лімфоцити починають активно розмножуватися, утворюючи велику кількість клітин. Вони знищують мікроорганізми, які несуть цей антиген.

Існує кілька різновидів Т-лімфоцитів. Т-хелпери отримують сигнали від тих клітин, які розпізнають чужі антигени (макрофаги, дендритні клітини тощо) та активують процеси імунної відповіді. Результатом їх активного поділу стає утворення ефекторних клітин, які є специфічно чутливими до конкретного антигена і Т-клітин пам'яті, що забезпечують швидку відповідь у випадку повторної зустрічі з антигеном. Ефекторні клітини диференціюються далі, утворюючи клітини для неспецифічного захисту, специфічні Т-кілери і В-лімфоцити.

Гуморальний імунітет забезпечується завдяки діяльності В-лімфоцитів. Ці клітини міс-



тять рецептори, здатні розпізнавати антигени. Після розпізнавання антигена В-лімфоцити активно розмножуються і виробляють високоспецифічні білки — антитіла. Антитіла взаємодіють тільки з одним антигеном і нейтралізують його токсичну дію або полегшують поглинання фагоцитами клітин із цим антигеном.

Алергії та аутоімунні захворювання

У роботі імунної системи, як і в роботі інших систем організму, можуть виникати порушення. Наслідки таких порушень, зокрема, алергії, — аутоімунні захворювання та випадки імунодефіциту.

Алергія — це форма імунологічної відповіді, що виявляється в підвищеній чутливості організму до різноманітних алергенів. Алергени є антигенами, що спричиняють алергічні реакції в організмі. Для різних людей вони можуть бути різними, наприклад пилок рослин, шерсть тварин, пил, певні лікарські препарати або речовини побутової хімії. У разі алергії організм відповідає на специфічний алерген посиленою реакцією, що уражає його власні клітини і тканини. Такою реакцією може бути набряк або запалення, спазм гладенької мускулатури, порушення циркуляції крові.

Дуже небезпечними розладами роботи імунної системи є *аутоімунні захворювання*. Вони виникають, коли імунна система організму починає сприймати деякі власні клітини як чужі. Відповідно, це спричиняє імунну відповідь, що призводить до руйнування й відмирання клітин і тканин.

Імунодефіцит спостерігається у випадках, коли імунна система працює недостатньо ефективно. Наслідком цього є легке ураження організму навіть дуже слабкими збудниками захворювань, які за звичайного стану імунної системи організму не шкодять. Причини імунодефіциту можуть бути як спадковими (спадковий імунодефіцит),

так і неспадковими (набутий імунодефіцит, прикладом якого є СНІД).

Імунокорекція та імунотерапія

Дослідженням роботи імунної системи людини та лікуванням захворювань, пов'язаних з імунною системою, займається окрема медична дисципліна — *імунологія*. Одними з головних галузей імунології є імунотерапія та імунокорекція.

Різниця між імунотерапією та імунокорекцією полягає в тому, що процедури імунотерапії спрямовані на збудників захворювань, які потрапили в організм людини. Основне завдання технологій імунотерапії — знищити патогенів шляхом прямої дії на них. У випадку імунокорекції вплив здійснюється на клітини та органи імунної системи, і будь-яка дія безпосередньо на патогенів відсутня. Але дія використаних технологій на імунну систему підсилює її роботу, і вона самостійно знищує патогенні організми.

Механізм взаємодії антиген-антитіло

Одним із ключових елементів знешкодження антигенів, які потрапили в організм, є взаємодія цих антигенів з антитілами. Як ви вже знаєте, антитіла утворюються В-лімфоцитами.

Антитіло має форму, що нагадує літеру «Y» і складається з двох важких і двох легких поліпептидних ланцюгів. На кожному з кінців легкого і важкого ланцюгів, розташованих паралельно, утворюється активний центр, який із дуже високою специфічністю зв'язується з антигеном.

Взаємодія антигена й антитіла може завершуватися кількома способами. Антитіла можуть зумовлювати *аглотинацію* (злипання у грудочки) мікроорганізмів із відповідними антигенами, а можуть сприяти руйнуванню антигенів або випадінню їх в осад.



Ключова ідея

Імунна система людини виконує функції імунної регуляції і захищає організм від проникнення чужорідних збудників інфекцій та паразитів. Порушення роботи імунної системи можуть мати важкі наслідки для здоров'я людини і навіть загрожувати її життю.



Запитання та завдання

1. Навіщо людині потрібен тимус, якщо він усе одно редукується у процесі індивідуального розвитку?
2. Яким чином організму людини, маючи не дуже багато генів, що кодують білки антитіл, вдається створювати специфічні антитіла для дуже великої кількості антигенів, із якими організм взаємодіє протягом свого життя?

§ 57. Онкологічні захворювання

? Поміркуйте

Як контролюється поділ клітин в організмі людини? Чому кількість поділу певних типів клітин є обмеженою?

← Згадайте

- Мітоз
- Регуляція активності генів
- Стовбурові клітини
- Доброякісні пухлини

Прояв онкологічних захворювань

Онкологічні захворювання людини — це група захворювань, які виникають у результаті утворення та розвитку в організмі злоякісних пухлин. Злоякісні пухлини є новоутвореннями в організмі, що виникають як результат необмеженого і неконтрольованого розмноження клітин, які поширюються в сусідні тканини (здійснюють інвазію) та віддалені органи (утворюють метастази).

Злоякісні пухлини часто називають терміном «ракова пухлина», або «рак». Цей термін запропонував Гіппократ, який описав пухлину, що зовнішньою формою була схожа на краба або рака завдяки місцевим метастазам, що проникали в сусідні тканини.

На сьогодні онкологічні захворювання займають друге місце серед причин смертності після серцево-судинних захворювань. Згідно з прогнозами ВООЗ, 2020 року вони можуть вийти на перше місце. Згідно з даними ВООЗ, щороку на планеті ці захворювання уражають 10 мільйонів осіб.

Характерними ознаками злоякісних пухлин є такі:

- швидкий неконтрольований ріст;
- проникнення в сусідні тканини з утворенням місцевих метастазів (інвазії);
- переміщення окремих клітин пухлини лімфатичними та кровоносними судинами у віддалені органи й тканини (утворення метастазів);

- отруйна дія на весь організм унаслідок вироблення клітинами пухлини токсинів;
- фізичне виснаження, зменшення маси тіла;
- наявність механізмів «уникання» уваги імунної системи організму;
- наявність великої кількості мутацій у клітинах пухлини;
- низький рівень диференціації клітин пухлини;
- втрата здатності клітин до апоптозу;
- інтенсивне утворення кровоносних судин у пухлині.

Причини виникнення онкологічних захворювань

Онкологічні захворювання виникають тоді, коли в якійсь із клітин порушується генетичний механізм контролю процесу поділу клітини. Процес поділу контролюється багатьма факторами, тому і можливостей його порушення існує багато. Більше того, різні порушення можуть мати дуже схожий зовнішній прояв. І це є однією з причин важкості лікування таких захворювань. Бо методи, які діють проти однієї причини захворювання, можуть ніяк не допомагати у випадку іншої.

Основна причина виникнення таких порушень — дія онкогенних факторів (тобто факторів, здатних призвести до розвитку онкологічного захворювання). Ці фактори мають різну природу і об'єднуються у три великі групи: фізичні, хімічні й біологічні.

До *фізичних* факторів належать ультрафіолетове та іонізуюче випромінювання. *Хімічними* факторами є ароматичні вуглеводні, деякі сполуки Нітрогену, діоксин, речовини тютюнового диму тощо. *Біологічними* факторами є деякі віруси та мобільні генетичні елементи. Також до біологічних факторів належать помилки генетичного апарату клітини під час процесів реалізації генетичної інформації, дія епігенетичних факторів і помилки системи репарації клітини.

Слід зазначити, що ракові клітини виникають в організмі регулярно. Але імунна система зазвичай їх виявляє і знищує. З ві-



ком у роботі імунної системи частіше виникають помилки і ризик розвитку онкологічних захворювань зростає. Крім того, у сучасному світі різко підвищився рівень впливу онкогенних факторів. Це пов'язано з розвитком сучасних технологій, використанням у виробництві та побуті нових сполук, техногенними катастрофами.

Різноманіття злоякісних пухлин

Злоякісні пухлини можуть виникати в будь-якій тканині організму. Їх класифікують за типом клітин, які дають їм початок. Але клітини в злоякісних пухлинах слабко диференційовані, тому в них можна розрізнити клітини різних типів.

Поширені типи злоякісних пухлин

Назва пухлини	Структури, з клітин яких утворюється
Меланома	Меланоцити
Карцинома	Епітеліальна тканина
Саркома	Сполучна, кісткова, м'язова тканина
Гліома	Гліальні клітини
Лімфома	Лімфоїдна тканина
Лейкоз	Стовбурові клітини кісткового мозку

Основні способи лікування онкологічних захворювань

Способів лікування злоякісних клітин існує багато. І якщо захворювання виявлено на ранній стадії, шанси видужати у хворого дуже великі. А от якщо захворювання було виявлено на пізніх стадіях, ситуація значно ускладнюється. Хоча і в таких випадках людину часто вдається вилікувати. Тому в боротьбі з раком дуже важливою є рання діагностика і профілактика захворювання.



Ключова ідея

Онкологічні захворювання виникають як наслідок появи та розвитку злоякісних пухлин. Клітини цих пухлин мають властивість до безперервного росту і поділу та активного поширення в навколишні тканини. Ці захворювання досить успішно лікуються на ранніх стадіях, тому в боротьбі з ними велике значення мають профілактика та регулярні обстеження.

Основними способами лікування злоякісних пухлин є:

- хірургічне видалення пухлини;
- хіміотерапія (знищення клітин пухлини спеціальними препаратами);
- радіотерапія (знищення клітин пухлини за допомогою радіаційного опромінення);
- фотодинамічна терапія (руйнування клітин пухлини світлом із певною довжиною хвилі);
- гормональна терапія (деякі типи пухлин є чутливими до дії гормонів);
- імунотерапія (стимулювання імунної системи організму для підвищення її ефективності в боротьбі з пухлиною).

Найчастіше для більш ефективного лікування застосовують комбіновану терапію, за якої одночасно використовуються кілька методів знищення пухлини.

Профілактика онкологічних захворювань

Профілактика цих захворювань спрямована на уникнення або ослаблення дії канцерогенних факторів. Це допомагає суттєво знизити ризик їхнього виникнення. Так, неживання канцерогенів у складі їжі суттєво зменшує ризик розвитку раку органів травної системи, матки і молочних залоз. Уникнення куріння та регулярного перебування в приміщеннях, у яких курять, зменшує ризик захворіти на рак легень, стравоходу, шлунка, сечового міхура тощо.

Деякі вірусні інфекції, малорухомий спосіб життя, стреси й нервові перевантаження, перебування в зонах з підвищеним рівнем радіації теж спричиняють розвиток онкогенних захворювань. Тому уникнення дії цих факторів також гарний профілактичний захід. Окрім того, дуже важливою є рання діагностика онкологічних захворювань. Шанси вилікувати рак на ранніх стадіях становлять понад 90%. Тому регулярне обстеження також є засобом профілактики важких форм раку.



Запитання та завдання

1. Що треба робити, щоб знизити для себе ризик захворювання на рак або запобігти важким наслідкам у разі його виникнення?
2. Які методи діагностики онкологічних захворювань можуть бути найбільш ефективними на ранніх етапах захворювання?

§ 58. Спадкові захворювання

? Поміркуйте

У геномі людини трохи більше 20 тисяч генів, а білків синтезується приблизно 100 тисяч. Завдяки чому це можливо?

← Згадайте

- Хромосоми
- Мутації
- Гени
- Онтогенез

Спадкові та неспадкові захворювання

Спадкові захворювання — це ті захворювання, причиною яких є порушення процесів збереження, передачі та реалізації генетичної інформації. Спадкові захворювання утворюються в результаті пошкодження генетичного апарату клітин — мутації. Проте це не означає, що всі вони можуть передаватися наступним поколінням.

Генетичні порушення і в людини, і в будь-якого іншого живого організму можуть відбуватися на різних рівнях формування спадкового матеріалу, і виникають вони внаслідок дії на генетичний апарат клітин мутагенних факторів, що й стає причиною спадкових захворювань.

Природжені вади — це такі структурні порушення, які можуть розвинутиися до

народження дитини (тобто в період внутрішньоутробного розвитку ембріона) або проявляються відразу чи згодом після її народження. Причиною таких вад є порушення ембріонального розвитку зародка, і виникають вони, на відміну від спадкових хвороб, без порушення генетичного апарату клітин.

Порушення на рівні геному і хромосом

Такі порушення в людини зазвичай є вкрай тяжкими і рідко сумісні з життям. Так, за умови утворення триплоїдної зиготи її розвиток розпочинається, але зародок, як правило, гине на ранніх стадіях розвитку. В окремих випадках таку вагітність вдається зберегти до моменту пологів, але новонароджені живуть дуже недовго. Зміни кількості хромосом у деяких парах (трисомії та моносомії) теж відомі, але здебільшого зародки з такими порушеннями теж гинуть. Є лише кілька винятків.

Порушення на рівні генів

За допомогою сучасних методів досліджень уже відкрито близько 5000 молекулярних захворювань, які є наслідками прояву мутантних генів.

Перспективи генної терапії

Генна терапія — це сукупність технологій, які забезпечують внесення змін у генетичний апарат соматичних клітин людини.

Приклади хромосомних і геномних захворювань людини

Захворювання	Відомості про захворювання
Трисомії аутосом	До народження доживають немовлята з трисоміями за 13-ю (синдром Патау), 18-ю (синдром Едвардса) і 21-ю (синдром Дауна) хромосомами. Люди із синдромами Патау й Едвардса мають значні аномалії розвитку різних систем організму і живуть дуже недовго. Люди із синдромом Дауна живуть довше, вони мають проблеми зі здоров'ям, але у випадку наполегливої праці і відповідної роботи з цими проблемами з раннього дитинства вони стають повноцінними членами суспільства і ведуть цілком нормальне життя
Порушення кількості статевих хромосом	У людини Y-хромосома містить дуже мало генів, а зайві X-хромосоми інактивуються клітиною, перетворюючись на тільце Барра. Тому генотипи XYY і XXX не мають особливих зовнішніх проявів. Але проблеми виникають за умови подальшого збільшення кількості статевих хромосом. Спадковими захворюваннями також є синдром Кляйнфельтера (генотип XXY) і синдром Шерешевського — Тернера (у геномі є лише одна X-хромосома)
Хромосомні мутації	Прикладом хромосомного порушення в людини є синдром Лежена, який виникає внаслідок втрати фрагмента 5-ї хромосоми. Його ще називають синдромом котячого крику, бо плач багатьох дітей із цим синдромом схожий на котячий крик



Приклади генних захворювань людини

Захворювання	Відомості про захворювання
Муковісцидоз	Виникає внаслідок пошкодження гена, розташованого на хромосомі 7. Призводить до загущення секретів залоз зовнішньої секреції. Викликає значні проблеми в роботі травної і дихальної систем
Фенілкетонурія	Виникає внаслідок пошкодження гена, розташованого на хромосомі 12. Призводить до неможливості переробки амінокислоти фенілаланіну. За відсутності лікування призводить до ураження нервової системи
Дальтонізм	Виникає внаслідок пошкодження одного з трьох генів, що відповідають за синтез білка опсину, який сприймає відповідний колір. Ген синього опсину розташований на хромосомі 7, а гени червоного й зеленого — на X-хромосомі. Призводить до втрати можливості сприймати відповідний колір
Гемофілія	Виникає внаслідок пошкодження одного з генів, що відповідають за процес зсідання крові. Ці гени розташовані на X-хромосомі. Призводить до порушення процесів зсідання крові
Серповидно-клітинна анемія	Виникає в результаті заміни нуклеотиду А на Т в гені, який розташований на хромосомі 11. Наслідком мутації є заміна в молекулі β-ланцюга гемоглобіну амінокислоти глутаміну на валін. Така молекула має відмінну форму і стає причиною зміни форми еритроцита, що зменшує площу його поверхні й погіршує здатність поглинати кисень

Головне її призначення — лікувати спадкові захворювання. Основна ідея — замінити дефектний ген у клітинах на нормальний. Для цього з організму спочатку беруть клітини, вводять у них здоровий ген і повертають в організм. Таку терапію здійснюють, наприклад, для гена тимідинкінази в людей із тяжкою формою імунодефіциту.

Генна терапія вже має приклади успішного застосування, але поки що всі ці дослідження здійснюють як експериментальні. Адже технологія є складною й потребує докладного вивчення можливих ризиків і негативних наслідків.

Виявлення та профілактика спадкових захворювань

Виявити спадкові захворювання можна декількома способами. Для цього можна про-

аналізувати каріотип, що дозволить виявити пошкодження хромосом чи зміну їхньої кількості, або зробити біохімічні аналізи, які покажуть зміну активності ферментів або дефіцит чи надлишок певних речовин в організмі (наприклад, гормонів). Можна зробити аналіз амніотичної рідини й виявити захворювання зародка ще в тілі матері.

Дуже важливим є обстеження новонароджених. За допомогою нескладного тесту можна на ранніх стадіях виявити захворювання на фенілкетонурію. Це дозволяє попередити розвиток цього захворювання за допомогою особливої дієти для дитини. Надзвичайно перспективним є також використання молекулярно-генетичних методів діагностики спадкових захворювань.

Зараз відомі сотні захворювань, у яких механізми біохімічних порушень вивчено досить докладно, але спадкові захворювання людини набагато простіше попередити, ніжвилікувати. Тому для їх попередження створено систему генетичного консультування.

Ключова ідея

Спадкові захворювання людини є наслідком дії мутагенних факторів. Вони можуть бути причиною порушень на різних рівнях організації генетичного матеріалу. Для лікування спадкових захворювань перспективним методом є технологія генної терапії. Зменшення ризику виникнення спадкових захворювань можна досягти шляхом дотримання заходів профілактики, генетичного консультування і пренатальної діагностики.

Запитання та завдання

1. На конкретному прикладі поясніть, як за допомогою аналізу родоvodu можна зменшити ризик народження дитини зі спадковим захворюванням.
2. Які проблеми заважають більш активному використанню генної терапії?

§ 59. Інфекційні та інвазійні захворювання

? Поміркуйте

Які переваги надає паразитам їхній спосіб життя порівняно з тими організмами, які не є паразитами?

← Згадайте

- Паразитизм
- Організм-хазяїн
- Життєвий цикл
- Імунітет

Інфекції та інвазії людини

Крім неінфекційних хвороб, у людини бувають інфекційні захворювання і паразитарні інвазії. **Інфекційними захворюваннями** називають хвороби, які спричиняють паразитичні організми. Частіше цей термін застосовують у більш вузькому розумінні, називаючи інфекціями захворювання, збудниками яких є віруси або бактерії (мал. 59.1), такі, як чума, холера або грип.

Захворювання, збудниками яких є еукаріотичні організми, частіше називають **інвазіями**, або **паразитарними інвазіями** (мал. 59.2). До них належать, наприклад, глистяні захворювання (так звані гельмінтози), малярія та сонна хвороба.

Значення інфекцій та інвазій

Інфекції та інвазії призводять до великої кількості летальних випадків сучасного людства і можуть бути причиною від 20 до 30 % смертей. Як і неінфекційні хвороби, ця група захворювань завдає економіці різних країн

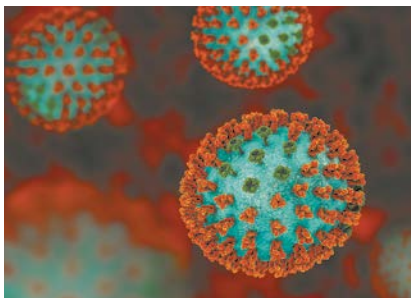
суттєвих збитків. І ці збитки не вичерпуються витратами на лікування тих, хто захворів.

На профілактику таких захворювань (щеплення, дезінфекція, розробка вакцин і ліків тощо) потрібні значні видатки. Під час лікування людина не може працювати, а після видужування, як правило, потребує час на реабілітацію або взагалі частково чи повністю втрачає працездатність. А це теж чималі видатки. Ще одна проблема — карантини й обмеження переміщення людей і вантажів в умовах розвитку епідемій.

Шляхи зараження інфекційними захворюваннями

Існує кілька різних класифікацій збудників інфекційних захворювань. За *середовищем проживання* збудника розрізняють сапронози, зоонози і антропонози. Збудники сапронозних інфекцій (правця, легіонельозу) живуть у природних неживих (абіотичних) місцях (ґрунт, водойма тощо). Збудники зоонозних інфекцій (чума, ящур) у природному середовищі живуть в організмах певних видів тварин (гризунів, копитних, кліщів тощо). Збудники антропонозних інфекцій (кір, вітряна віспа) живуть тільки в організмі людини і поза ним через певний час гинуть.

Від середовища проживання збудника часто суттєво залежать шляхи зараження людей. Так, серед *зоонозних* інфекцій часто трапляються шляхи передачі інфекції через переносника (кліща, комара, блохи тощо), так званий трансмісійний шлях передачі. *Сапронозні* інфекції часто є інфекціями немитих



Вірус грипу



Холерний вібрион

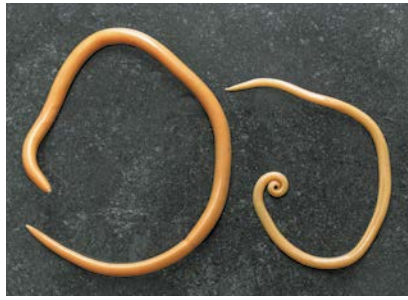


Паличка Коха

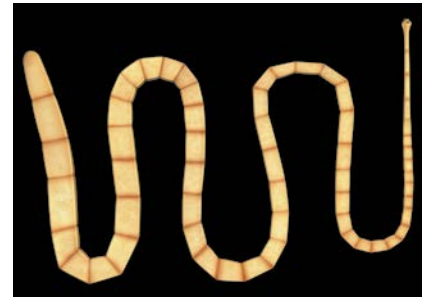
Мал. 59.1. Збудники інфекцій: грипу, холери і туберкульозу



Малярійний плазмодій



Аскарида людська



Свинячий ціп'як

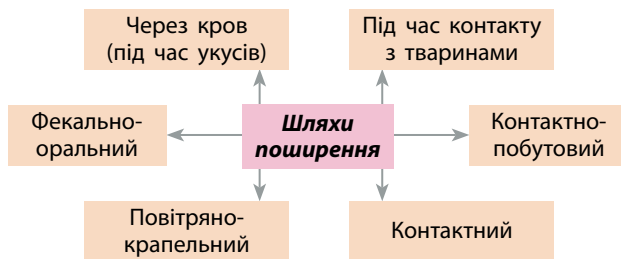
Мал. 59.2. Збудники інвазій: малярії, аскаридозу і теніозу

рук і потрапляють в організм оральним шляхом (холера) або через пошкодження покривів тіла (правець). *Антропонозні* передаються під час безпосереднього контакту через органи дихання (кір) або статеві органи (гонорея).

Існують і інші варіанти (мал. 59.3). Так, грип передається через органи дихання, а його природним осередком є популяції птахів і свиней. Збудники інвазій (наприклад, гельмінти) можуть потрапляти в організм із їжею (свинячий ціп'як) або за допомогою переносників, приміром комарів (малярійний плазмодій).

Заходи профілактики інфекцій та інвазій

Профілактика цих захворювань може бути неспецифічна або специфічна. *Неспецифічна* профілактика передбачає заходи, спрямовані на загальні принципи попередження інфекційних захворювань. Такі заходи мо-



Мал. 59.3. Основні шляхи поширення інфекцій та інвазій

Ключова ідея

Інфекції та інвазії є важливим фактором, який впливає на життя людей. Їхньою причиною є проникнення хвороботворних організмів в організм людини. Збудники інфекцій та інвазій належать до різних груп організмів — вірусів, бактерій, грибів, тварин тощо.

жуть бути індивідуальними (загартування організму, дотримання правил особистої гігієни, уникнення зон підвищеного ризику тощо) або колективними (побудова каналізації, забезпечення медичної допомоги, пропагування медичних знань тощо).

Специфічна профілактика спрямована на попередження конкретного захворювання. Складовими такої профілактики зазвичай є профілактична вакцинація та застосування сироваток. Вакцинація використовується для створення активного штучного імунітету, а сироватки — для забезпечення пасивного штучного імунітету.

ПР Практична робота

Санітарний аналіз повітря у приміщенні. Виготовлення найпростіших респіраторів

1. Використовуючи марлю або широкий бинт та вату, зробіть найпростіший респіратор, розмір якого буде для вас зручним.
2. Візьміть три чашки Петрі з поживним середовищем і відкрийте кожну з них на одну хвилину в різних приміщеннях.
3. Помістіть чашки в термостат і протягом тижня спостерігайте за ростом і розвитком колоній мікроорганізмів, які потрапили до чашки з повітря приміщення. Порівняйте результати спостережень для різних чашок.
4. Сформулюйте висновки.

Запитання та завдання

1. Які проблеми можуть виникнути при спробах попередити поширення зоонозних інфекцій? 2. Наприкінці XIX століття на території України до 15 років у середньому доживала лише третина дітей. Із чим це було пов'язано?

§ 60. Діагностика інфекційних та інвазійних захворювань

? Поміркуйте

Часто збудники різних захворювань викликають у людини дуже схожі симптоми. Чому?

← Згадайте

- Прокаріоти
- Молекулярна генетика
- ДНК
- Імунологічна реакція

Зовнішні симптоми та інші методи діагностики

Як і в давнину, сучасна діагностика починається з огляду й опитування хворого. І це не дивно, бо багато інфекцій мають дуже характерні симптоми, і їх досить легко можна діагностувати. Зрозуміло, що поняття «досить легко» стосується людей із медичною освітою. Хоча і звичайна людина повинна знати основні симптоми найбільш поширених захворювань.

Так, захворювання бореліозом (хворобою Лайма) можна діагностувати за характерним запаленням шкіри. Воно має форму кільця навколо місця укусу кліща, який і був джерелом інфекції. Кір стає причиною появи характерних висипань на тулубі та інших частинах тіла. А у випадку ураження коротяним свербуном висипання концентруються на певних ділянках тіла і за характером відрізняються від висипань під час кору.

На жаль, не всі інфекції та інвазії можна розпізнати за зовнішніми ознаками. Надто схожі в них симптоми. Тому в таких випадках застосовують більш складні, але й ефек-

тивніші методи — мікробіологічне, біохімічне або молекулярно-генетичне дослідження.

Біохімічні методи дослідження

Найпростіші біохімічні методи дозволяють визначити не так багато параметрів, але й вони дають можливість відкинути заздалегідь багато хибних діагнозів.

Більш складні біохімічні методи дослідження переважно базуються на *імунологічних реакціях*, які є специфічними для конкретного антигена, що належить тому чи іншому збуднику інфекції (так званий імуноферментний аналіз). Останнім часом такі дослідження дозволяють встановлювати діагнози з дуже високим рівнем достовірності, бо для їх здійснення почали використовувати набори компонентів, виготовлені з використанням моноклональних антитіл.

Одним із сучасних різновидів такого методу є *вестерн-блот* (імуноблотинг). У цьому методі антигени зі зразка збудника захворювання розділяються на молекули різного розміру за допомогою гелі-електрофорезу. Потім їх переносять на спеціальний папір або нітроцелюлозну мембрану і обробляють антитілами в процесі імуноферментного аналізу.

Одним із найновіших методів діагностики стала газovorідинна *хроматографія*. Її принципом є виявлення речовин, які виробляють тільки бактерії певних видів. Газovorідинна хроматографія дуже ефективно дозволяє виявляти анаеробні організми. До того ж вона здатна виявляти приховану інфекцію, збудники якої перебувають у неактивному стані і традиційними методами не виявляються.

Перші симптоми деяких захворювань

Захворювання	Симптоми
Дифтерія	Підвищення температури, запалення горла, нежить
Кашлюк	Застуда, сухий кашель (особливо вночі)
Кір	Підвищення температури, застуда, кон'юнктивіт, нежить
Вітряна віспа	Підвищення температури, характерні висипання на шкірі
Паротит (свинка)	Підвищення температури, збільшення слиних залоз біля нижньої щелепи
Кишкові інфекції	Підвищення температури, нудота, блювання, біль у животі



Методи лабораторної діагностики захворювань

Метод	Що визначається
Мікроскопічний	Форма, розмір, структура та здатність до забарвлення клітин мікроорганізмів
Мікробіологічний	Чиста культура мікроорганізмів та її властивості
Біологічний	Реакція лабораторних тварин на мікроорганізм
Імунологічний	Взаємодія мікроорганізму з різними антитілами
Молекулярно-генетичний	Взаємодія ДНК патогену з ДНК- або РНК-зондами

Ще одна перевага цього методу — одночасний аналіз на наявність багатьох збудників, що суттєво прискорює діагностику.

Мікроскопічні методи дослідження

Мікроскопічні методи дослідження теж використовуються для визначення патогену. З їх допомогою можна не тільки шукати бактерій у крові пацієнта, але й визначати причину інвазії, ідентифікуючи яйця глистів. Крім звичайної мікроскопії, можуть використовувати й інші різновиди — фазово-контрастну, флуоресцентну тощо.

Одним із найстаріших методів із цієї групи є *культуральний* метод. У цьому випадку зразки мікроорганізмів висівають на культуральні середовища різного складу. Залежно від складу середовища мікроорганізми певного виду утворюють колонії, які мають характерні морфологічні ознаки. Крім того, до складу середовищ можуть додавати різні антибіотики та бактеріофагів. Таким чином визначають не лише вид патогенного мікроорганізму, але і його стійкість до різних потенційних засобів лікування.

Для ефективного визначення мікроорганізмів у мікроскопічних дослідженнях широко використовують забарвлення їхніх клітин різноманітними барвниками. Одним із найстаріших варіантів цього методу є забарвлення за Грамом, яке використовується вже більше ста років.

Мікроскопічні методи широко використовуються в діагностиці інвазій. Саме для мікроскопічного виявлення глистної інва-

зії здають аналіз калу. У ньому можна виявити яйця таких глистів, як аскариди, або членики і яйця стьожкових червів. Мікроскопічні дослідження здійснюються також для зразків тканин, що дозволяє виявити збудників інвазій прямо в організмі.

Молекулярно-генетичні методи дослідження

Найновішими методами досліджень на сьогодні є молекулярно-генетичні. Їхня перевага в тому, що вони ідентифікують збудників безпосередньо за послідовністю їхньої ДНК.

Перевагою молекулярно-генетичних методів є також те, що вони можуть працювати з дуже малими зразками. Для збільшення копій ДНК із таких маленьких зразків використовують технологію *полімеразної ланцюгової реакції* (ПЛР). Ця технологія передбачає кілька циклів розплітання та подвоєння молекул ДНК зі зразка. Таким чином за 20–30 циклів вдається отримати достатню для аналізу кількість матеріалу.

Ще одним методом молекулярно-генетичної діагностики є *ДНК-гібридизація*. Цей метод використовує ДНК-зонди — короткі фрагменти ДНК збудників захворювань, які позначено за допомогою радіоактивних міток або спеціальних ферментів. Якщо у зразка є ДНК відповідного патогену, то після введення ДНК в одноланцюгову форму зонд з'єднується з ним за рахунок своєї комплементарності. А такий комплекс вже легко виявляється за допомогою мітки зонду.



Запитання та завдання

1. Чи раціонально використовувати молекулярно-генетичні методи діагностування в усіх без винятку випадках?
2. Які недоліки можуть мати методи молекулярно-генетичної діагностики?
3. Яким чином можна дізнатися, чи був носієм якогось небезпечного захворювання кліщ, який укусив?



Ключова ідея

Сучасні методи діагностики інфекцій та інвазій є різноманітними. Конкретне застосування певного методу визначає лікар, виходячи з конкретної ситуації і враховуючи потребу терміновості встановлення діагнозу.

§ 61. Паразитичні членистоногі

? Поміркуйте

Яким чином паразитичні членистоногі (кліщі, блохи, клопи) знаходять своїх жертв?

← Згадайте

- Паразитизм
- Інфекція
- Інвазія
- Діагностування

Різноманіття паразитичних членистоногих

Паразити трапляються в усіх групах членистоногих. Але паразитами людини є представники павукоподібних та комах. Різноманіття цих паразитів є високим. Вони поділяються на кілька груп.

Облігатні паразити ведуть тільки паразитичний спосіб життя. Для *факультативних* паразитизм є необов'язковим, а *випадкові* потрапляють в організм хазяїна і паразитують у ньому лише в окремих випадках. Тимчасові паразити контактують із хазяїном протягом невеликого проміжку часу, а для постійних організм хазяїна є середовищем існування. Ектопаразити живуть та живляться на поверхні тіла, а ендopазити — усередині тіла хазяїна.

Паразитичний спосіб життя став причиною адаптації членистоногих до таких умов існування. Характерними їх рисами стали висока плодючість, спеціальні пристосування для живлення тканинами тіла хазяїна, структури, які дозволяють закріпитися на тілі хазяїна, щільні і міцні покриви тіла,

гарно розвинені органи чуттів (для тимчасових ектопаразитів) тощо.

Паразитичні павукоподібні

Паразитичні павукоподібні, що як хазяїна використовують людину, належать до кліщів (мал. 61.1). Представник ендopазитів серед кліщів — коростяний свербун, який є збудником корости. Це захворювання щороку уражає у світі приблизно 300 млн людей. Переважно жертвами кліща стає бідне населення. Але контактний спосіб зараження робить його загрозою для будь-якої людини.

Більшість паразитичних кліщів, які можуть нападати на людину, є ектопаразитами і живуть на поверхні тіла тільки тимчасово. Після насичення свого шлунка кров'ю ці кліщі відділяються від тіла людини і падають на землю. Зазвичай вони паразитують на різних видах ссавців (косулях, зайцях, їжаках тощо) та птахів. Людина стає об'єктом їхнього нападу, лише потрапивши в місця, де вони живуть. Частіше за все це ліс або поле. Такими паразитами є, наприклад, представники іксодових кліщів — собачий, тайговий та інші види.

Ці кліщі завдають людині шкоди не тільки тим, що живляться її кров'ю. Вони також є переносниками небезпечних захворювань, таких як кліщовий енцефаліт або бореліоз. Через те що ці кліщі живляться кров'ю різних видів ссавців і птахів, вони можуть мати у своєму організмі збудників не одного, а кількох захворювань. Тому наслідком їхнього укусу може буде одночасне зараження двома або навіть трьома захворюваннями.



Коростяний свербун



Собачий кліщ



Тайговий кліщ

Мал. 61.1. Паразитичні кліщі



Головна воша



Гедзь



Личинка людського овода

Мал. 61.2. Паразитичні комахи

Для запобігання ураженню кліщами використовують способи, які залежать від виду паразита. Аби не захворіти на коросту, слід дотримуватися правил особистої гігієни. А для уникнення укусів іксодових кліщів, варто використовувати щільний одяг й обробляти тіло та одяг спеціальними репелентами, які відлякують цих членистоногих.

Паразитичні комахи

Більшість комах, які паразитують на людині, живляться її кров'ю, тобто вони є ектопаразитами. Найбільш відомі представники цієї групи — воші, блохи, клопи і двокрилі (комарі та мухи) (мал. 61.2). Деякі з них постійно (воші) або майже постійно (блохи) живуть на тілі людини. Інші, такі як клопи, комарі, мухи або москіти, контактують із людиною тільки під час свого живлення.

Воші є невеличкими безкрилими комахами, тіло яких сплющено у спинно-черевному напрямку. Тип розвитку — неповний. На людині паразитує три види вошей — головна, платтяна і лобкова. Зараження вошами називають педикульозом. Яйця вошей, які вони прикріплюють на волосся або одяг, називають гнідами. Головна і платтяна воші можуть переносити збудників небезпечних захворювань. Саме через них людина заражається висипним і поворотним тифом.

Блохи, як і воші, є дрібними безкрилими комахами. Але їхнє тіло сплющено з боків, і тип розвитку в них повний. Личинки біль-

шості бліх живляться органічними рештками ґрунту або підстилки в норах та гніздах ссавців і птахів. Кров'ю живляться дорослі комахи. Блохи чудово стрибають. Будова їхнього тіла дозволяє робити дуже далекі і точні стрибки, що допомагає блохам потрапляти на тіло хазяїна або уникати небезпеки. Блохи є переносниками багатьох захворювань.

Широко відомим паразитичним клопом є блошиця постільна. Здатність переносити захворювання для неї не встановлена, хоча і не виключена. Переносником небезпечного захворювання хвороби Шагаса є тріатомовий клоп, який живе в Центральній і Південній Америці.

Багато ектопаразитів людини є і серед представників двокрилих. Це комарі, москіти, гедзі та інші кровосисні мухи. Переважно живляться кров'ю тільки самки цих комах, яким таке живлення потрібне для нормального розвитку яєць.

Представниками ендopазитів людини серед комах є оводи та деякі інші мухи (вольфартова муха, сірі м'ясні мухи, сирні мухи тощо). Личинки цих комах розвиваються в тілі людини. Більшість із них є підшкірними паразитами, як, наприклад, людський шкірний овод із Центральної та Південної Америки. Але в деяких випадках личинки можуть розвиватися у шлунку, ранах та на слизовій оболонці природних отворів (носоглотка, вуха, очі, сечостатеві органи тощо).

Запитання та завдання

1. Складіть перелік захворювань, які можуть переносити паразитичні членистоногі.
2. Які адаптації до паразитичного способу життя можна виявити в паразитичних членистоногих?
3. Чому в багатьох комах, які є ектопаразитами людини (вошей, бліх), відсутні крила?



Ключова ідея

Членистоногі, які паразитують на людині, належать до представників або павукоподібних, або комах. Вони можуть бути переносниками небезпечних інфекцій.

§ 62. Вірусні захворювання

? Поміркуйте

Існує думка, що віруси не можна вважати живими організмами. Чи можна з цим погодитися?

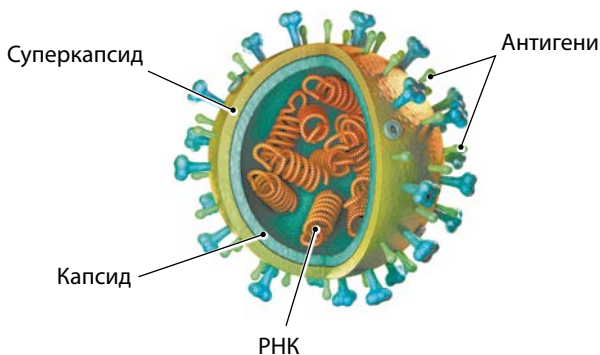
← Згадайте

- Неклітинні форми життя
- Властивості живого
- Імунна система
- Шляхи передачі

Віруси

Віруси — це паразитичні неклітинні системи, здатні розмножуватися в живих клітинах. Вивчення вірусів було розпочато 1892 року Д. Й. Івановським, який з'ясував, що збудник тютюнової мозаїки не росте на поживних середовищах і проходить крізь бактеріальні фільтри.

Характерними особливостями вірусів є наявність у них лише одного типу нуклеїнової кислоти (залежно від виду віруса, це може бути ДНК або РНК) і відсутність у них власних систем синтезу білків та перетворення енергії (мал. 62.1). Через це віруси не можуть розмножуватися самостійно і є внутрішньоклітинними паразитами. Наразі описано вже більше п'яти тисяч видів вірусів, які уражають представників усіх царств живої природи.



Мал. 62.1. Будова вірусу грипу

Життєвий цикл вірусів

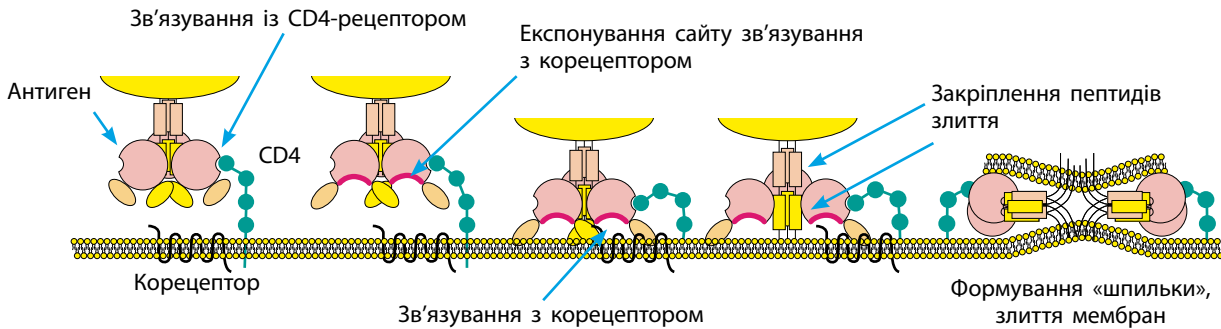
Як ви вже знаєте, життя вірусу можна поділити на дві головні фази. В одній із них він існує у вигляді віріона поза клітинами живих організмів, а в іншій — усередині живих клітин. У формі віріона віруси не здатні до росту й розмноження та підтримання гомеостазу. Але в цьому стані вони можуть перетворюватися на кристали, що не є характерним для живих організмів. Головне завдання віріона — знайти потрібну клітину і проникнути до неї. Здійснюватися це може як шляхом простого механічного переносу (наприклад, повітряно-крапельний шлях передачі вірусу грипу), так і з допомогою посередників (наприклад, перенесення вірусів рослин за допомогою попелиць).

Вірус виявляє потрібну клітину (упізнає її за специфічними рецепторами, які розташовані на мембрані) та проникає в її цитоплазму (мал. 62.2). Після потрапляння в цитоплазму вірус блокує роботу ДНК клітини-хазяїна й починає керувати роботою систем клітини. Він використовує її ресурси для синтезу власних білків та нуклеїнових кислот. Із синтезованих білків і нуклеїнових кислот шляхом самозбирання утворюються нові віріони. Коли ресурси клітини закінчуються, вона гине, а віріони виходять у навколишнє середовище.

Існує ще один варіант розвитку подій після потрапляння вірусу в клітину. У цьому випадку ДНК вірусу (або ДНК, синтезована з вірусної РНК за допомогою спеціального ферменту зворотної транскриптази) вбудовується в ДНК клітини-хазяїна. У такому стані вона може залишатися неактивною дуже довго.

Вірусні захворювання людини

Вірусні захворювання є дуже поширеними в людських популяціях. Вони тривалий час були однією з головних причин високої смертності. Навіть зараз вони можуть ставати причиною як загибелі людей, так і значних економічних втрат.



Мал. 62.2. Проникнення вірусу в клітину

Боротьба з вірусними захворюваннями

Лікування вірусних захворювань ускладнюється тим, що засоби для боротьби з їхніми збудниками важко підбирати. Антибіотики, які широко використовують проти бактеріальних інфекцій, проти вірусів не є дієвими. Їх призначають тільки в деяких випадках як допоміжний засіб для попередження бактеріальних ускладнень після вірусного захворювання.

Для лікування і профілактики вірусних інфекцій зараз використовують деякі спеціальні речовини. Широко застосовується білок інтерферон, який утворюється клітинами в разі їх інфікування вірусом і перешкоджає зараженню нових клітин. Використовують також спеціальні препарати, що запобігають розмноженню вірусів. Так, ацикловір убудовується у вірусну нуклеїнову кислоту й порушує її функції. А ремантадин запобігає вивільненню нуклеїнової кислоти вірусу з оболонки капсида.

Проте найбільший успіх у боротьбі з вірусами має профілактика цих інфекцій. Більшість вірусних інфекцій людини легше попередити, ніж лікувати. Найбільш поширеним заходом профілактики вірусних інфекцій людини залишається щеплення. До речі, перша у світі справжня вакцина була створена саме проти вірусної хвороби (віспи) ще за

сто років до відкриття самих вірусів. Завдяки профілактичним заходам удалося навіть повністю ліквідувати природні осередки віспи й суттєво зменшити поширення цілої низки інших вірусних інфекцій.

Для створення вакцин проти вірусів сучасна медицина використовує ослаблені живі віруси, мертві віруси та окремі вірусні білки, отримані методами генної інженерії (так, білок вірусу гепатиту В було введено до геному дріжджів, які й почали його синтезувати). Зараз досліджують одержання вірусних часток без нуклеїнових кислот. Такі частки не будуть спричиняти захворювання, але зможуть створити імунітет до вірусу.

Для профілактики вірусних інфекцій широко використовують і заходи, які перешкоджають проникненню вірусів у живі організми. До таких заходів належить карантин (ізоляція заражених особин та тих, які могли заразитися), який застосовують для боротьби з вірусами рослин, тварин і людини. Для запобігання потраплянню в організми вірусів, які поширюються повітряно-крапельним шляхом, використовують марлеві пов'язки. Для тих вірусів, які передаються контактним шляхом, використовують засоби стерилізації та асептики. З тими вірусами, які заражають за допомогою певних переносників, борються шляхом обмеження кількості цих переносників або їх ізоляції. Так діють із комарами і кліщами, які переносять віруси людини та тварин, і з попелицями, які переносять віруси рослин.

! Ключова ідея

Віруси є неклітинними формами життя, які містять лише одну форму нуклеїнової кислоти — ДНК або РНК. Віруси не можуть розмножуватися самостійно і роблять це тільки в клітинах інших живих організмів.

≡ Запитання та завдання

1. Складіть перелік основних відмінностей вірусів від клітинних форм життя. **2.** Які переваги дає вірусу перебування в латентній формі, вбудованій у ДНК клітини-хазяїна?

§ 63. Пріонні захворювання



Поміркуйте

Чим різняться між собою α -спіральна та β -складчаста структури білкової молекули?



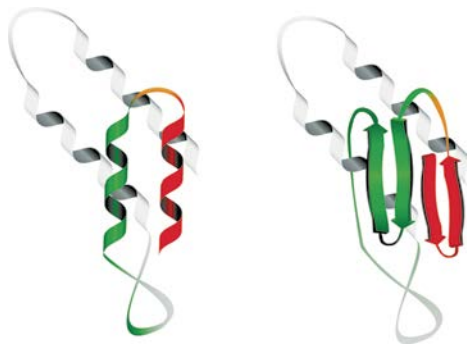
Згадайте

- Клітинні форми життя
- Білки
- Рівні організації білка
- Конформація молекули

Пріонні інфекції

Пріони є особливим класом інфекційних агентів, що викликають невиліковні захворювання ЦНС людини та тварин — губкоподібні енцефалопатії. Нині не виявлено жодної нуклеїнової кислоти, яка була б асоційована з пріонами. Інфекційний пріонний білок з аномальною третинною структурою здатний каталізувати структурне перетворення гомологічного йому нормального клітинного білка на подібний до себе — пріонний (мал. 63.1). У результаті цього змінюються вторинна і третинна структури білка. У молекулі збільшується кількість бета-складчастих ділянок і зменшується кількість ділянок у формі альфа-спіралі.

Особливостями пріонних захворювань є те, що до них не формується імунітет, їхній інкубаційний період може тривати кілька де-



Мал. 63.1. Нормальна і пріонна конформації молекули білка

сятків років, а ефективного методу лікування цих захворювань не існує.

На відміну від більшості інших збудників інфекційних захворювань, зокрема вірусів, пріони дуже стійкі до різноманітних фізико-хімічних факторів.

Пріонні хвороби належать до групи нейродегенеративних захворювань. У загальній популяції вони трапляються вкрай рідко та рееструються у вигляді інфекційних та спадкових форм. У людини відомо кілька захворювань, які спричиняються пріонами: куру, хвороба Крейтцфельда — Якоба, синдром Герстмана — Штрауслера — Шейнкера та смертельне родинне безсоння.

Серед досліджень пріонних захворювань найбільш відомим у світі стало з'ясування природи хвороби куру. Це захворювання виявили в 1950-х роках у племені фора в гірському районі Нової Гвінеї. У процесі розвитку захворювання, як і у випадку інших пріонних інфекцій, уражається головний мозок, наслідком чого стають тремтіння кінцівок, порушення ходи та розлади розумової діяльності на більш пізніх стадіях захворювання. На останній стадії куру хворі нездатні самостійно ходити і навіть їсти. Захворювання поки що є невиліковним.

Спосіб передачі цього захворювання є дуже специфічним. Основним шляхом поширення куру став ритуальний канібалізм, бо в племені фора вважалося, що поїдання померлого — це найвищий прояв шани до нього. Імовірно, свого часу епідемія розпочалась зі смерті однієї людини від хвороби Крейтцфельда — Якоба. А потім захворювання поширювалося аліментарним шляхом (через їжу). Масштаби епідемії були значними для відносно невеликого племені. Так, у 1957 році від куру померло приблизно 200 людей.



Дізнайтеся більше

Для групи пріонних захворювань було запропоновано термін «конформаційні захворювання». Таким чином відображалось те, що причиною патологічних процесів в організмі ставала зміна просторової конформації білкових молекул.



Після заборони канібалізму на початку 1960-х років кількість захворювань поступово зменшувалася. Але люди продовжували помирати від цього захворювання ще довго. Причиною цього був дуже довгий інкубаційний період захворювання. Він міг тривати більше 50 років. Останній випадок захворювання було зареєстровано 2005 року (за іншими даними — 2009-го).

Шляхи зараження пріонами

Людина може заразитися пріонами, що містяться в їжі, оскільки вони не руйнуються ферментами травної системи. Безперешкодно проникаючи через стінку тонкого кишечника, вони потрапляють у центральну нервову систему. Так переноситься новий варіант хвороби Крейтцфельдта — Якоба (nvCJD, нвХКЯ), якою люди заражаються після вживання в їжу м'ясних або молочних продуктів, отриманих від хворих на губчасту енцефалопатію корів (BSE, коров'ячий сказ).

Пріони можуть проникати в організм й парентеральним шляхом. Були описані випадки зараження після внутрішньом'язового введення препаратів, виготовлених із гіпофізу людини (головним чином, гормони росту для лікування карликовості), а також зараження мозку інструментами під час нейрохірургічних операцій, оскільки пріони стійкі до застосовуваних у цей час термічних і хімічних методів стерилізації. До такої форми належить *ятрогенна* хвороба Крейтцфельдта — Якоба (1CJD, яХКЯ).

За поки що невідомих умов в організмі людини може відбутися спонтанна трансформація пріонного протеїну в інфекційний пріон. У такий спосіб виникає так звана *спорадична* хвороба Крейтцфельдта — Якоба (sCJD, сХКЯ), уперше описана 1920 року незалежно Крейтцфельдтом і Якобом. Припускають, що спонтанне виникнення цієї хвороби пов'язане з фактом постійного виникнення в людському організмі невеликої

кількості пріонів, які ефективно ліквідуються клітинним апаратом Гольджі. Порушення цієї здатності до самоочищення клітин може призвести до підвищення рівня пріонів вище гранично припустимої норми й до їх подальшого неконтрольованого поширення. Причиною виникнення спорадичної хвороби Крейтцфельдта — Якоба, згідно з цією теорією, є порушення функції апарата Гольджі в клітинах.

Особливу групу пріонних захворювань становлять спадкові хвороби, спричинені мутацією гена пріонного білка. Ці мутації призводять до підвищення схильності клітинного білка до спонтанної зміни просторової конфігурації й перетворення його на інфекційний пріон. До цієї групи захворювань належить і спадкова форма хвороби Крейтцфельдта — Якоба (fCJD, сХКЯ), яка спостерігається в деяких країнах світу.



Практична робота

Визначення індивідуальних біоритмів

1. Виміряйте частоту серцевих скорочень кожні 2 години з 8:00 до 20:00 протягом трьох днів.
2. Обчисліть середнє значення частоти серцевих скорочень для кожної години вимірювання. Побудуйте графік зміни частоти серцевих скорочень залежно від часу доби. Визначте ступінь ритмічності змін цього показника.
3. Сформулюйте висновки.



Практична робота

Моделювання поширення глобальної інфекції ресурсами комп'ютерної гри «Plague Inc»

1. Виберіть інфекцію, поширення якої ви будете вивчати.
2. Задайте початкові параметри моделювання.
3. Спостерігайте за моделлю поширення інфекції та збережіть результати.
4. Сформулюйте висновки.



Ключова ідея

Причиною пріонних інфекцій є зміна конформації білка нервових клітин, яка може відбуватися під впливом зовнішнього фактора або самостійно. Профілактика пріонних інфекцій є більш ефективним засобом боротьби з ними, ніж лікування.



Запитання та завдання

1. Чому звичайна стерилізація продуктів, отриманих із хворих корів шляхом термічної обробки, не перешкоджає зараженню пріонним захворюванням?
2. Чому лікування пріонних інфекцій є складнішим, ніж їх профілактика?

§ 64. Боротьба з бактеріальними захворюваннями

? Поміркуйте

Чому у хвороботворних бактерій клітини часто мають слизові капсули? Які переваги це їм дає?

← Згадайте

- Імунітет
- Антитіла
- Антигени
- Вакцинація

Способи лікування та профілактики бактеріальних захворювань

Бактеріальними називають інфекції, збудники яких належать до домену Бактерії. Бактерії можуть уражати всі органи і системи органів тіла людини. Бактерії можуть проникати в організм людини через травну систему (з їжею або водою), через дихальну систему (під час дихання), через статеву та видільну систему (у разі статевих контактів) та через шкіру (зазвичай у випадку її пошкодження).

Лікування і профілактика бактеріальних захворювань спрямовані або на недопущення потрапляння інфекції в організм, або на полегшення чи стимулювання роботи імунної системи, або на безпосереднє знищення мікроорганізмів. Для цього широко використовують такі методи, як застосування антибіотиків та сироваток і вакцинація.

Антибіотики є органічними речовинами, які в природних умовах синтезуються різними мікроорганізмами. За допомогою антибіотиків ці мікроорганізми вбивають або пригнічують своїх конкурентів.

Сироватки створюють у людини пасивний штучний імунітет шляхом ін'єкції утворених антитіл від одного індивідуума до іншого, того ж або іншого виду. Цей спосіб забезпечує короткочасний, але дуже швидкий захист від інфекції або токсинів.

Вакцини створюють у людини активний штучний імунітет шляхом ін'єкції до організму невеликих кількостей антигенів у вигляді вбитого або послабленого стороннього агента. Водночас організм виробляє власні антитіла й утворює клітини імунологічної пам'яті (забезпечують більш швидку реакцію організму в разі повторної зустрічі зі стороннім агентом). Це забезпечує тривалий захист від інфекції, але діяти цей захист починає тільки через певний проміжок часу.

Профілактика бактеріальних захворювань

До бактерій належать збудники таких захворювань, як чума, дифтерія, холера, бактеріальна пневмонія, ангіна, сифіліс. Для профілактики цих та інших інфекцій застосовують різноманітні заходи, які враховують особливості поширення та життєдіяльності конкретного патогену.

Способи захисту організму від бактеріальних інфекцій

Спосіб захисту	Механізм захисту	Стислий опис
Перешкоджання проникненню інфекції до організму	Поведінка	Уникнення можливих контактів зі сторонніми об'єктами (хвороботворними організмами або паразитами), які можуть потрапити до організму
	За допомогою зовнішніх покривів	Утворення на поверхні тіла захисних структур, що протидіють проникненню сторонніх об'єктів (шкіра)
Знищення сторонніх об'єктів, що потрапили до організму	За допомогою фагоцитозу	Здійснюється, в основному, нейтрофілами і макрофагами (великими нерухомими фагоцитами, розташованими в печінці, селезінці й лімфатичних вузлах), здатними розпізнавати сторонні організми
	Імунною системою	Здійснюється Т-лімфоцитами і В-лімфоцитами, що забезпечують, відповідно, клітинний і гуморальний імунітет



Поширені бактеріальні захворювання

Захворювання	Шляхи зараження	Заходи профілактики
Ангіна (гострий тонзиліт)	Повітряно-крапельний або через продукти харчування	Активне виявлення хворих, їх ізоляція, госпіталізація і раціональне лікування; максимальне розосередження людей; провітрювання житлових, службових і навчальних приміщень; здійснення поточної та завершальної дезінфекції; посилення медичного контролю за технологією приготування і термінами збереження готової їжі
Дифтерія	Повітряно-крапельний	Основним заходом щодо профілактики дифтерії є правильно організовані та вчасно здійснені щеплення дифтерійним анатоксином. З появою хворого на дифтерію в осередку відбувається весь комплекс протиепідемічних заходів: активне виявлення, ізоляція і госпіталізація хворих; бактеріологічне обстеження і санація виявлених носіїв; поточна й завершальна дезінфекція
Менінгококова інфекція	Повітряно-крапельний	З появою хворого в осередку здійснюються протиепідемічні заходи: активне виявлення, ізоляція і госпіталізація хворих; бактеріологічне обстеження з подальшою ізоляцією та санацією виявлених носіїв; дезінфекція; екстрена профілактика антибіотиками, щеплення за епідемічними показаннями менінгококовими вакцинами
Черевний тиф і паратифи	Фекально-оральний	Профілактика черевного тифу й паратифів ґрунтується на здійсненні спільних для кишкових інфекцій санітарних, дезінфекційних і дезінсекційних заходів, спрямованих на попередження водного та харчового шляхів передачі інфекції. З появою хворого здійснюються протиепідемічні заходи: раннє активне виявлення хворих, їх ізоляція та госпіталізація; лабораторне обстеження працівників харчування, водопостачання та осіб, що підпали під ризик зараження; поточна і завершальна дезінфекція; вакцинація (ревакцинація) проти черевного тифу; екстрена профілактика сухим полівалентним черевнотифозним бактеріофагом
Чума	Трансмісивний, через укуси інфікованих переносників (бліх)	Профілактичні заходи спрямовані на попередження заносу збудника інфекції, скорочення епізоотологічної активності природних осередків чуми та попередження захворювань людей у цих осередках
Холера	Фекально-оральний	У профілактиці холери особливо важливе суворе дотримання санітарно-гігієнічних вимог щодо забезпечення правильного водопостачання, каналізації й очищення населених місць. Дуже важливу роль у профілактиці холери відіграє ретельне виконання всім населенням вимог особистої гігієни. Карантин встановлюють у тих чи інших місцевостях за наявності особливих умов, що спричиняють поширення холери. Здійснення специфічної профілактики (щеплення) має допоміжне значення



Ключова ідея

Бактеріальні захворювання виникають у результаті потрапляння в організм людини хвороботворних бактерій. До цієї групи захворювань належать такі інфекції, як чума, холера, ангіна, дифтерія тощо. Для лікування бактеріальних захворювань широко використовують антибіотики.



Запитання та завдання

1. Які особливості будови та життєдіяльності бактерій використовують для боротьби з ними? **2.** Які механізми дозволяють бактеріям швидко ставати стійкими до нових антибіотиків?

§ 65. Боротьба з мікологічними захворюваннями

? Поміркуйте

Чому звичайні представники мікробіоти людини, які багато років живуть в її організмі, інколи можуть раптово ставати причиною захворювання?

← Згадайте

- Прокаріоти
- Еукаріоти
- Гриби
- Осмотрофи

Особливості паразитичних грибів

Збудниками небезпечних хвороб людини можуть бути гриби-паразити. Більшість грибів — аеробні організми, які активно дихають і потребують багато кисню для своєї життєдіяльності. Але трапляються й такі, що здобувають енергію внаслідок бродіння (наприклад, деякі дріжджі).

Тіло гриба (міцелій) може складатися як з однієї, сильно розгалуженої клітини, так і з багатьох. Розмножуються гриби надзвичайно інтенсивно, статевим, нестатевим або вегетативним способами.

Паразитичні гриби можуть оселятися в будь-яких ділянках тіла людини: на поверхні шкіри, у ротовій порожнині, у шлунково-кишковому тракті, у статевих органах тощо. Захворювання людини, збудниками яких є паразитичні гриби, називають *мікозами*. За місцем ураження розрізняють дерматомі-

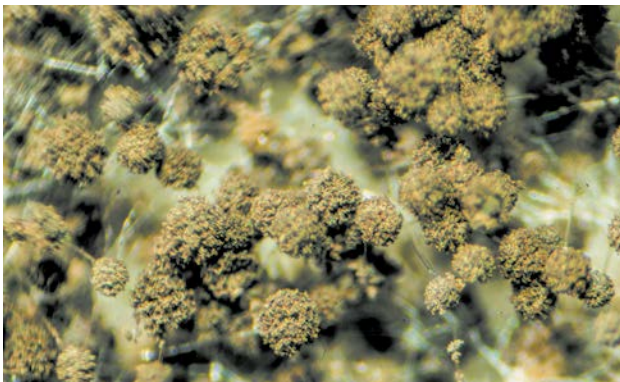
кози (уражають шкіру) та мікози внутрішніх органів (уражають органи всередині тіла).

Гриби, які є причиною захворювань людини

Існує багато видів грибів, які паразитують на поверхні тіла людини, уражаючи її шкіру та її похідні (волосся, нігті). Гриб трихофітон Шонляйна (*Trichophyton schoenleinii*), оселяючись на волосистій частині голови, спричиняє хворобу паршу. Інші гриби з роду Трихофітон (*T. tonsurans* і *T. violaceum*) уражають волосся, нігті і шкіру і є збудниками стригучого лишая. Це захворювання здатне уражати всі ділянки тіла.

Під час контактів із тваринами діти можуть заражатися грибом мікроспорум собачий (*Microsporum canis*), який є збудником мікроспорії.

Дуже розповсюдженим є паразитичний гриб *Candida albicans*, який є збудником молочниці ротової порожнини в дітей (пліснявки) і піхви в жінок. Ураження цим грибом часто залежить від стану імунної системи людини. За її нормального функціонування гриб живе на слизових оболонках як звичайний представник мікробіоти і не спричиняє патологічні процеси. А у випадку виникнення проблем з імунітетом він починає проявляти агресію і стає причиною захворювання. Крім того, патогенність різних штамів цього гриба є різною.



Мал. 65.1. Спорноні структури аспергілу

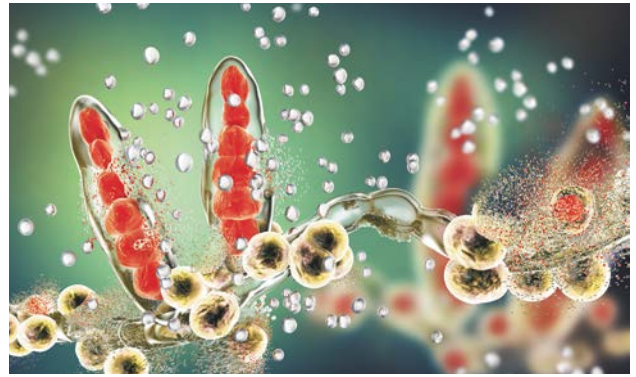


Мал. 65.2. Ріжки пурпурові



Дізнайтеся більше

Старовинна легенда про «прокляття фараонів» виникла саме в результаті дії мікроскопічних грибів. Згідно з цією легендою, злодії, які грабували гробниці фараонів, отримували прокляття і помирали. Насправді в гробницях розвивалися гриби аспергіли, які продукували величезну кількість спор. Саме ці спори часто ставали причиною важкої алергічної реакції і загибелі від набряку легень тих, хто проникав у поховання.



Мал. 65.3. Міцелій та спори паразитичного гриба Трихофітон, який уражає шкіру людини та її похідні

Ще однією великою проблемою є алергічні реакції, причиною яких є спори грибів. Надзвичайно сильні алергічні реакції можуть виникати на спори аспергілів (мал. 65.1). Така реакція може навіть бути смертельною.

Серйозною, хоча й не дуже відомою проблемою, є мікотоксикози. Це отруєння, які виникають під впливом мікотоксинів — отруйних сполук, що виробляються грибами. Часто такі отруєння можуть виникати як результат споживання продуктів, уражених пліснявою.

Але можливі й інші способи отруєнь. Суттєвою загрозою для людини є мікотоксини паразитичного гриба ріжки пурпурові (*Claviceps purpurea*) (мал. 65.2). Цей гриб уражає злакові культури. Його склероції містять велику кількість алкалоїдів (ерготамін, ергостерин тощо), які потрапляють у борошно під час помолу. Наслідки отруєння — ураження нервової системи, галюцинації, судоми, гангрена кінцівок. До початку хімічної обробки полів фунгіцидами ураження людей цими мікотоксинами часто набувало масового характеру.

Способи боротьби з паразитичними грибами

У багатьох випадках найкращим захистом від захворювань, збудниками яких є гриби, є гарний стан імунної системи. Запобігти потраплянню спор грибів на тіло людини

практично неможливо. Вони поширені всюди, у великих кількостях перебувають у повітрі, на підлозі та поверхнях предметів. Але в більшості випадків потраплянню спор до організму закінчується їх знищенням нашою системою імунітету. І один з найкращих способів профілактики грибкових захворювань — здоровий спосіб життя. Саме він забезпечує найбільш сприятливий режим роботи імунної системи.

Лікують грибкові інфекції спеціальними антигрибковими препаратами та антибіотиками. Більша частина антибіотиків, які застосовуються проти бактерій, на гриби не діє, бо розрахована на дію проти прокаріотів. Але є антибіотики, які можуть діяти також і проти грибів, і проти бактерій.

Досить часто для грибів, які уражають шкіру, лікування тільки зовнішніми препаратами виявляється недостатньо ефективним. Це пов'язано з тим, що міцелій гриба глибоко проникає в тканини людини, і зовнішня обробка просто не захоплює частину тіла патогена (мал. 65.3). Тому в процесі лікування доводиться застосовувати ті препарати, які діють у внутрішньому середовищі організму.

Для багатьох грибкових інфекцій лікування триває досить довго. І набагато легше ці захворювання попередити, ніж лікувати.



Ключова ідея

Грибкові захворювання трапляються часто і можуть мати важкі наслідки для організму людини. Найбільш надійним методом профілактики є здоровий спосіб життя, який дозволяє ефективно працювати імунній системі самого організму.



Запитання та завдання

1. Складіть перелік заходів, які дозволять суттєво знизити ризик захворювання мікологічними інфекціями.
2. У яких умовах грибкові інфекції можуть стати дуже небезпечними для людини?

§ 66. Боротьба з протозойними захворюваннями

? Поміркуйте

Які переваги дає паразитам поширення за допомогою переносників порівняно з поширенням аліментарним шляхом (через рот із їжею або водою)?

← Згадайте

- Еукаріоти
- Джгутики
- Життєвий цикл
- Переносник

Протозойні інвазії

Протозойними інвазіями називають захворювання, збудниками яких є еукаріотичні одноклітинні організми (на відміну від інфекцій, збудниками яких є прокаріоти). Таких захворювань багато, і вони потребують більш складного лікування, ніж бактеріальні інфекції. На них не діють класичні антибіотики, тому для лікування цих захворювань застосовують інші препарати.

Багато з протозойних захворювань поширено в тропічних регіонах. Тому їх профілактика є особливо важливою для тих, хто збирається подорожувати. До протозойних інвазій належать малярія, трихоманоз, лейшманіози, амебіаз, токсоплазмоз, сонна хвороба тощо.

Малярія

Збудником малярії є представники одноклітинних еукаріотів із роду *Plasmodium*. Захворювання поширюється через укуси малярійних комарів. Слід звернути увагу на те, що основним хазяїном плазмодію є комар, а людина — це проміжний хазяїн (мал. 66.1).

На сьогодні за рік у світі реєструють до 500 мільйонів випадків захворювання на малярію. Кількість померлих від малярії щороку може сягати 3 мільйонів. Переважно малярія поширена в тропічних країнах, але її відсутність, наприклад, в Україні, США або країнах Європи пов'язана з тим, що свого часу її вдалося перемогти і вилікувати всіх хворих.

Амебна дизентерія

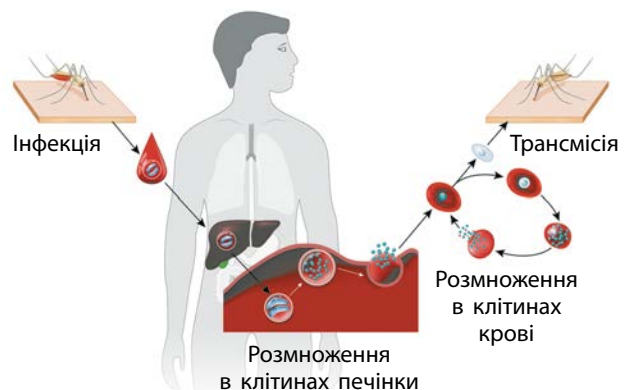
Збудником інвазії є дизентерійна амеба. Шлях передачі інвазії аліментарний (фекально-оральний). Дизентерійна амеба починає посилено розмножуватися в товстому кишечнику з ураженням його стінок. У деяких випадках збудник може тривалий час жити в кишечнику без ознак захворювання.

Захворювання поширено переважно в країнах із жарким кліматом (найбільше в Мексиці та Індії), але періодичні спалахи реєструються і в інших країнах. Цисти амеби можуть виживати поза організмом людини до 4 тижнів (у теплом і вологом середовищі). Переносниками цист часто бувають мухи і таргани.

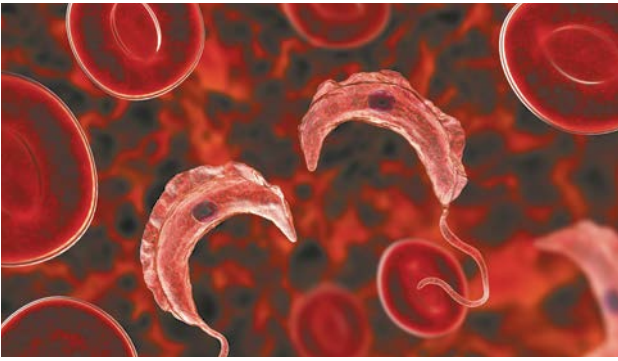
Токсоплазмоз

Збудником токсоплазмозу є найпростіший одноклітинний паразит із роду *Toxoplasma*. Захворювання уражає багатьох представників ссавців. Основним хазяїном є представники родини Котячі, а проміжним можуть бути різні ссавці, у тому числі й людина. Дуже часто проміжними хазяями є гризуни.

У людини інвазія часто буває безсимптомною, але може викликати важкі наслідки у випадку погіршення імунітету. Також дуже небезпечним є зараження вагітних жінок, бо проникнення інвазії у плід може порушувати процеси розвитку. Характерною особливістю цього паразита є здатність змінювати поведінку свого хазяїна, зокрема і людини.



Мал. 66.1. Життєвий цикл збудника малярії



Мал. 66.2. Трипаносоми в крові людини

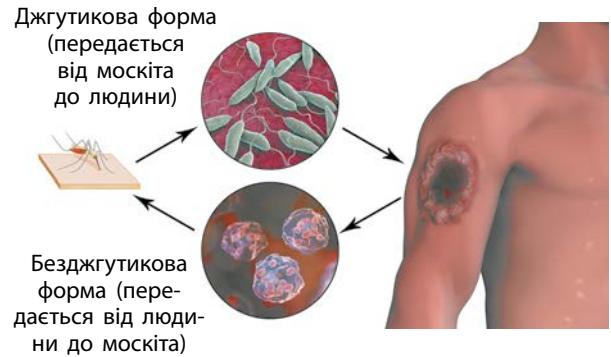
Сонна хвороба

Сонна хвороба, або африканський токсоплазмоз, є небезпечним протозойним захворюванням, збудник якого — одноклітинний паразит із роду Трипаносома (*Trypanosoma*) (мал. 66.2). Представники цього роду можуть бути збудниками не тільки сонної хвороби, але й інших трипаносомозів (наприклад, хвороби Шагаса). Переносником сонної хвороби є муха цеце. Інші трипаносомози можуть передаватися іншими комахами. Так, хворобу Шагаса переносять кровосисні клопи.

Сонна хвороба є дуже тяжким захворюванням із високим ризиком загибелі хворого. Основна причина смерті — ураження центральної нервової системи.

Лейшманіози

Лейшманіози — це група захворювань, збудниками яких є представники одноклітинних еукаріотів із роду *Leishmania*. Крім людини, ці паразити уражають й інших ссавців (гризунів, собак, коней тощо). Захворювання поширюється через укуси москітів. Як і у випадку малярії, основним хазяїном плазмодію є комахи, а людина — це проміжний хазяїн. Паразити в організмі людини уражають переважно клітини макрофагів. Залежно від виду лейшманій осередки інвазії можуть



Мал. 66.3. Лейшманії та їхній вплив на організм людини

утворюватися на шкірі або у внутрішніх органах людини (мал. 66.3).

Зоною поширення лейшманіозів є тропічні регіони Євразії, Африки та Америки — місця поширення москітів. Щорічно на лейшманіоз хворіє приблизно 2 мільйони людей. А всього в зоні ризику проживає приблизно 380 мільйонів.

Профілактика протозойних інфекцій

Заходи профілактики протозойних інвазій побудовані на особливостях життєвого циклу паразита. Їх дотримуються, щоб запобігти зараженню. Тому для тих інвазій, які передаються аліментарним шляхом (наприклад, амебна дизентерія), найкращий захід профілактики — дотримання правил особистої гігієни. Захворювань, які передаються статевим шляхом, можна запобігти, утримуючись від випадкових статевих контактів.

Із паразитами, які поширюються за допомогою переносників, можна боротися, роблячи переніс неможливим. Наприклад, уникаючи районів, де поширена муха цеце (для сонної хвороби), або використовуючи протимоскітні сітки і репеленти (для профілактики лейшманіозів). Для запобігання захворюванням на малярію часто обробляють території інсектицидами, що знищують малярійних комарів.

! Ключова ідея

Збудниками протозойних захворювань є одноклітинні еукаріотичні організми. До цієї групи належать такі небезпечні захворювання, як малярія, токсоплазмоз, амебна дизентерія, сонна хвороба тощо. Деякі з них, наприклад малярія, є причиною високої смертності в цілій низці країн.

≡ Запитання та завдання

1. Раніше на території України малярія траплялася досить часто. Чи можливе повернення цього захворювання до нашої країни? **2.** Складіть перелік заходів, які дозволять суттєво знизити ризик захворювання протозойними інвазіями за умови їх дотримання.

§ 67. Боротьба з гельмінтозами

? Поміркуйте

Чому деякі паразитичні черви можуть кілька років жити в кишечнику людини, не викликаючи серйозних симптомів захворювання?

← Згадайте

- Плоскі черви
- Паразитизм
- Круглі черви
- Проміжний хазяїн

Гельмінти та гельмінтологія

Паразитичних червів називають гельмінтами, а науку, що їх вивчає,— *гельмінтологією*. Серед гельмінтів найбільш поширеними є представники плоских та круглих червів. Трапляються і представники кільчастих

червів, такі як п'явки. Згідно з даними ВООЗ, приблизно половина населення нашої планети заражена тим чи іншим гельмінтом.

Сисуни

До плоских червів належать сисуни. Їх близько 4 тис. паразитичних видів. Тіло червів покрите щільною оболонкою — кутикулою, є органи прикріплення: гачки, присоски, шпильки тощо. Добре розвинена статева система. Складні цикли розвитку дають змогу паразитам проникати в тіла хазяїв, яких може бути декілька, й успішно розселитися. До сисунів належать печінковий сисун, котячий сисун (котяча двоустка), кров'яний сисун (кров'яна двоустка) та інші види.

Сисуни уражають переважно органи травного тракту. Так, збудники фасціольозу та

Поширені захворювання, збудниками яких є сисуни

Захворювання	Збудник	Шляхи зараження	Заходи профілактики
Фасціольоз	Печінковий сисун	Через травний тракт під час споживання водних рослин або овочів, политих водою з водойм, де живуть проміжні хазяї сисуна	Миття овочів перед споживанням, уживання тільки кип'яченої води з природних водойм
Шистосомоз	Шистосоми (кров'яні сисуни)	Через травний тракт під час купання, прання білизни в природних водоймах, роботи на зрошуваних полях	Дотримання правил особистої гігієни, вживання лише кип'яченої води з природних водойм
Опісторхоз	Котячий сисун	Через травний тракт у процесі споживання риби, яка є одним із проміжних хазяїв паразита	Вживання в їжу тільки добре термічно обробленої або сильно просоленої риби

Поширені захворювання, збудниками яких є стьожкові черви

Захворювання	Збудник	Шляхи зараження	Заходи профілактики
Ехінокооз	Ехінокок	Через травний тракт, коли яйця потрапляють до рота з немитих рук	Дотримання правил особистої гігієни
Дифілоботріоз	Стьожак широкий	Під час поїдання зараженої риби, яка є одним із проміжних хазяїв цього паразита	Вживання в їжу тільки добре термічно обробленої або сильно просоленої риби
Теніаринхоз	Ціп'як бичачий	Під час уживання зараженого м'яса великої рогатої худоби, яка є проміжним хазяїном цього паразита	Вживання в їжу лише добре термічно обробленого м'яса
Теніоз	Ціп'як свинячий	Під час уживання зараженого м'яса свиней, які є проміжним хазяїном цього паразита	Вживання в їжу тільки добре термічно обробленого м'яса



Поширені захворювання, збудниками яких є круглі черви

Захворювання	Збудник	Шляхи зараження	Заходи профілактики
Аскаридоз	Аскарида людська	Через рот під час споживання овочів або через немиті руки	Дотримання правил особистої гігієни
Трихінелоз	Трихінела	Під час уживання зараженого м'яса свиней або диких тварин (кабанів, ведмедів тощо)	Вживання в їжу тільки добре термічно обробленого м'яса
Ентеробіоз	Гострик	Через рот у процесі споживання їжі немитими руками	Дотримання правил особистої гігієни

опісторхозу зазвичай живляться тканинами печінки. Але котячий сисун паразитує також у протоках підшлункової залози. Шистосоми уражають вени кишкового тракту та сечовидільної системи.

Різні види цих гельмінтів поширені в різних регіонах. Фасціольоз поширений по всьому світі, але найчастіше трапляється в помірних регіонах. Опісторхоз переважно поширений на території Євразії, а шистосомоз є хворобою тропічних регіонів. За розміром економічної шкоди шистосомоз поступається тільки малярії. Це захворювання виявлено більш ніж у 200 мільйонів людей.

Стьожкові черви

Серед стьожкових червів, яких називають ціп'яками, близько 3 тис. паразитичних видів, які живуть у кишечнику різних тварин і людини. Найбільш відомими представниками цього класу є бичачий ціп'як, свинячий ціп'як, стьожак широкий, ехінокок. Їхнє тіло, вкрите кутикулою, складається з члеників, яких може бути понад 1000. У дорослих червів, котрі живуть у кишечнику, постійно утворюються нові членики, а зрілі, заповнені яйцями, виводяться назовні з фекаліями. За добу назовні від однієї особини виходять мільйони яєць.

Для ехінокока людина є не основним, як для інших стьожкових червів, а проміжним

хазяїном. Його основні хазяї — представники родини Собачі. Тому цей паразит в організмі людини оселяється не в кишечнику, а в інших органах (печінці, мозку тощо), що суттєво погіршує їхній стан і може стати причиною смерті.

Круглі черви

Серед круглих червів є такі паразити людини, як гострики, трихінели, філярії, аскариди. Деякі з них завдають досить значної шкоди людині, і зараження ними майже непомітне. Інші (наприклад, аскариди і трихінели) можуть становити велику небезпеку і навіть призводити до загибелі людей.

Аскариди спричиняють тяжке захворювання, унаслідок якого організм отруюється виділеннями аскарид, потерпає від нестачі поживних речовин. Аскарида живе в кишечнику людини, вона не має органів прикріплення, тому весь час рухається проти плину рідини. Аскарида є роздільностатевим організмом. У кишечнику однієї людини може жити кілька аскарид. Якщо цих гельмінтів буде надто багато, то це може призвести до розриву кишечника і ймовірної загибелі людини.

Гострики є дрібними гельмінтами до 12 мм завдовжки. Вони є одним із найбільш поширених видів. Найчастіше гострики уражають дітей, оскільки ті не так ретельно дотримуються правил особистої гігієни. А основний спосіб потрапляння гострика в організм — через брудні руки під час їжі.



Ключова ідея

Черви, які паразитують на людині, переважно належать до представників або плоских, або круглих червів. Деякі паразитичні плоскі та круглі черви можуть тривалий час мешкати в тілі людини без видимих проявів. Але зараження іншими паразитичними червами із цих груп може бути смертельно небезпечним.



Запитання та завдання

1. Які переваги може надавати паразитичним червам наявність проміжного хазяїна? **2.** Запропонуйте перелік заходів, що дозволять запобігти зараженню паразитичними червами.

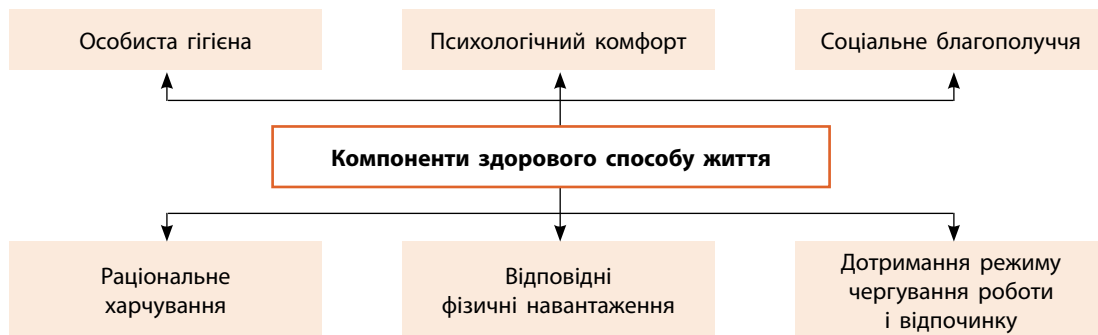
Основні положення теми «Біологічні основи здорового способу життя»

Здоров'я і хвороба

Здоров'я є комплексним поняттям. Воно включає не тільки відсутність захворювань та фізичних вад організму, але й наявність стану повного психічного та соціального благополуччя.

Здоровий спосіб життя

Спосіб життя заснований на розумному використанні свого життєвого потенціалу і дотриманні науково обґрунтованих рекомендацій із різних сфер життєдіяльності.



Стрес

Стрес — це неспецифічна нейрогуморальна відповідь організму на дуже сильний зовнішній вплив, яка виникає в разі дії на організм чинників, що порушують гомеостаз.

Види стресу

Фізіологічний

Психоемоційний

Статева культура

Статева культура — це і культура власне сексуальних відносин, і культура взаємовідносин людей різної чи однієї статі в повсякденному житті. Статева культура населення суттєво впливає на соціальні процеси в суспільствах та індивідуальне життя кожної людини.

Захворювання, що передаються статевим шляхом

Збудники:

- віруси (ВІЛ, вірус герпесу)
- бактерії (гонокок, бліда трепонема)
- найпростіші (трихомонада)
- гриби (кандида)
- багатоклітинні організми (лобкова воша, коростяний свербун)

Правила безпечної статевої поведінки:

- правильне і регулярне використання презервативів
- правильне застосування місцевих бактерицидних засобів
- періодичне обстеження в спеціалізованих лабораторіях
- спеціальне лікування в разі діагностування захворювання
- статевая стриманість
- обов'язкове інформування статевих партнерів про можливі ризики під час статевого контакту
- вакцинація проти збудників, для яких створено вакцини (гепатит В, папіломавірус)

Імунна система людини:

- тимус
- мигдалики
- кістковий мозок
- апендикс
- селезінка
- лімфатичні вузли
- пейерові бляшки

Імунітет

Гуморальний	Клітинний
Забезпечується В-лімфоцитами	Забезпечується Т-лімфоцитами

Імуноterapia — це галузь імунології, яка займається дослідженням і застосуванням способів лікування з використанням імунобіологічних препаратів (вакцин, сироваток, інтерферонів, бактеріофагів тощо).

Імунокореція — це сукупність способів і методів лікування та профілактики порушень роботи імунної системи людини. Також цим терміном називають галузь імунології, яка займається розробкою цих способів і методів.

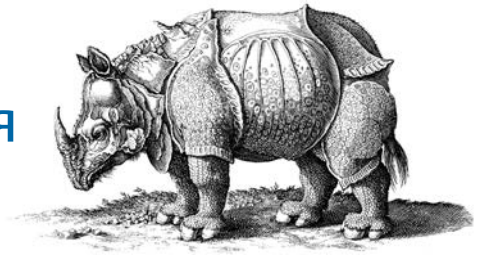
Причини неінфекційних захворювань:

- механічні пошкодження (травми)
- недостатні фізичні навантаження
- ожиріння
- порушення процесів обміну речовин
- злоякісні пухлини
- отруєння
- надмірні фізичні навантаження
- нераціональне харчування
- спадкові захворювання
- дія психічних факторів
- доброякісні пухлини

Поширені типи злоякісних пухлин

Назва пухлини	Структури, з клітин яких утворюється
Меланома	Меланоцити
Карцинома	Епітеліальна тканина
Саркома	Сполучна, кісткова, м'язова тканини
Гліома	Гліальні клітини
Лімфома	Лімфоїдна тканина
Лейкоз	Стовбурові клітини кісткового мозку

Тема 8. Селекція та біотехнологія



§ 68. Сучасна селекція



Поміркуйте

Які сорти яблук ви найчастіше споживаєте і чим вони різняться між собою? Чому різноманіття порід собак є таким великим?



Згадайте

- Ген
- Спадковість
- Мінливість
- Мутації

Селекція як наука

Селекція — це наука про методи створення нових і вдосконалення старих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Завдяки селекції вдалося отримати велику різноманітність форм одомашнених живих організмів.

Селекція виникла давно, ще в період, коли людина тільки почала опановувати землеробство та тваринництво. На перших етапах селекції наукові методи не застосовувалися, але це компенсувалося багатим практичним досвідом людей, які займалися цим усе життя, і великою тривалістю селекційного процесу.

Поступово виробилися певні правила та прийоми селекції. Так, уже за часів Давньої



Мал. 68.1. Фінікова пальма — один із найперших об'єктів селекції

Фінікії (1200 р. до н. е. — початок нашої ери) застосовувалися методи штучного запилення фінікових пальм (мал. 68.1). До XIX ст. в практику селекції вже ввійшло складання родоводів у тварин цінних порід та планування пар для схрещування.

Інтенсивність роботи селекціонерів суттєво зросла після того, як було встановлено закони спадковості. Саме тоді селекція отримала теоретичне підґрунтя для своєї роботи. Було встановлено характер успадкування багатьох ознак у культурних рослин і домашніх тварин. У практику роботи ввійшло використання індукованого мутагенезу. А після встановлення структури ДНК розпочалася ера молекулярно-біологічних методів у селекції.

Завдання селекції

Основні завдання селекції спрямовані на забезпечення виконання головного завдання всього сільського господарства — забезпечення максимально можливого виробництва високоякісної сільськогосподарської продукції. Крім виробництва харчових продуктів, селекція забезпечує потреби виробництва технічних культур.

Основними завданнями селекції є:

- виведення сортів рослин із високою врожайністю;
- виведення порід тварин із високою продуктивністю;
- виведення стійких до захворювань та дії несприятливих факторів форм рослин і тварин;
- забезпечення адаптації сортів і порід до умов сучасного сільськогосподарського виробництва;
- зниження витрат на вирощування рослин і тварин.

Досягнення сучасної селекції

Результати роботи селекціонерів дуже добре видно за ефективністю сільського гос-

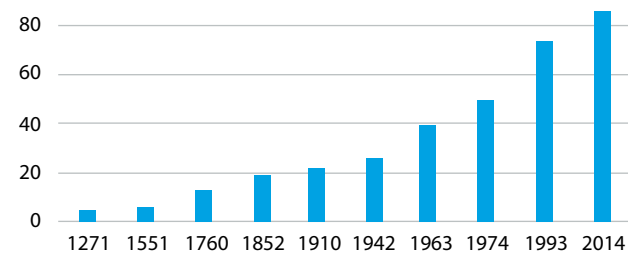


подарства. Якщо у XIX ст. середня врожайність пшениці в Російській імперії становила не більше 5–8 ц/га, то на початку XXI ст. у країнах ЄС вона досягла 55 ц/га, а в деяких країнах суттєво перевищувала цю цифру.

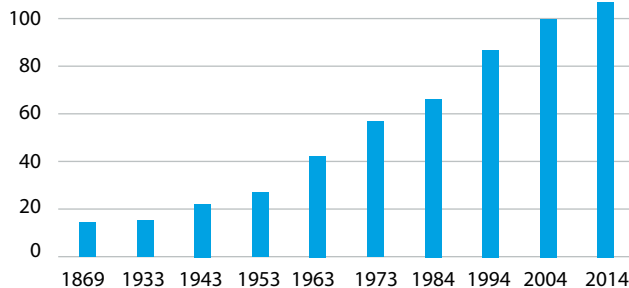
Саме завдяки копіткій селекційній роботі в середині XX ст. у світовому сільському господарстві вдалося здійснити «Зелену революцію» — значне підвищення виробництва харчових продуктів. На той момент без такої революції було б неможливо забезпечити населення планети (яке стрімко зростало) достатньою кількістю продовольства.

Досягнення селекції дозволяють зменшувати і хімізацію сільського господарства. «Зелена революція» стала можливою ще й завдяки широкому застосуванню добрив та пестицидів. Без використання пестицидів шкідники і хвороби могли знищувати до 90% урожаю. Виведення сучасних сортів, стійких до дії багатьох захворювань, дозволяє суттєво зменшити застосування засобів захисту рослин.

Урожайність пшениці у Великій Британії за роками (ц/га)



Урожайність кукурудзи у США за роками (ц/га)



Мал. 68.2. Зміни з часом урожайності пшениці у Великій Британії та кукурудзи в США

Ключова ідея

Селекція є важливою галуззю науки, яка забезпечує підвищення продуктивності сільського господарства і забезпечує людство продовольством та іншою продукцією. Селекція забезпечує не тільки підвищення врожаю, але й зростання якості продуктів.



Мал. 68.3. Фрагмент картини Джованні Станкі «Натурморт із кавунами» (близько 1645–1672 рр.)

Наочним доказом ефективної роботи селекціонерів є зростання середньої врожайності сільськогосподарських культур у різних країнах починаючи із середини XIX ст. (мал. 68.2).

До цього часу темпи підвищення врожайності були невеликим. Потім вони почали зростати. Але найбільший приріст урожайності для всіх указаних культур спостерігався в 40–60-х роках XX ст. Це і було наслідком «Зеленої революції» та дуже добре засвідчує успіхи селекційної роботи, що побудована на технологіях класичної генетики.

На початку XXI ст. темпи зростання врожайності зменшилися. Це пов'язано з тим, що технології, засновані на методах класичної генетики, дійшли до меж своїх можливостей. Для різкого підвищення врожайності, якого вимагає збільшення населення планети, потрібно виходити на новий технологічний рівень. У селекції це пов'язано зі впровадженням сучасних молекулярно-біологічних технологій.

Селекція змінює не тільки кількісні, але й якісні показники одомашнених видів. Так, чотириста років тому їстівної м'якоти в кавунах було дуже мало, шкірка в них була товстою, а насіння багато (мал. 68.3). Сучасні кавуни їсти набагато приємніше і зручніше завдяки наполегливій праці селекціонерів.

Запитання та завдання

1. Які фактори впливають на врожайність сільськогосподарських культур? **2.** Чим можна пояснити збільшення врожайності пшениці у Великій Британії в середині XIX ст. (див. мал. 68.2)? **3.** Які селекційні установи існують у вашому регіоні і селекцією яких культур вони займаються?

§ 69. Штучний добір



Поміркуйте

Чим різняться між собою природний і штучний добір?



Згадайте

- Еволюція
- Штучний добір
- Середовище існування
- Природний добір
- Адаптація

Особливості штучного добору

Штучний добір використовує схожі з природним добром механізми, але все ж таки від нього відрізняється. Під дією природного добору відбувається адаптація до конкретних умов існування певного виду. Штучний добір здійснює адаптацію не до умов існування, а до вимог, які висуває людина в ході селекційної роботи.

Ресурси організму не є нескінченними. Тому, якщо їх значна частина буде спрямована на реалізацію вимог людини, організм буде вимушений перерозподіляти їх, зважаючи на інші свої потреби. Таким чином, його адаптація до умов середовища, на жаль, погіршиться. Але для існування виду це не критично, бо середовище існування, наявність їжі, захист від хижаків тощо забезпечує людина. Вона створює йому більш



Мал. 69.1. Коротконогість вівці — мутація, підтримана селекціонерами



Мал. 69.2. Корови м'ясної та молочної порід мають різну форму тіла і різні розміри вимені

сприятливі умови існування, ніж у дикій природі. І це цілком компенсує погіршення пристосування до умов середовища.

Наприклад, вівці коротконогої породи (мал. 69.1) у природних умовах не вижили б, тому що вони набагато гірше пристосовані до умов існування, ніж інші. Їх легко можуть наздоганяти хижаки, а пересування в зимових умовах по глибокому снігу для них було б великою проблемою. Але в умовах штучного вирощування ці недоліки не є суттєвими. Людина і захищає овець від хижаків, і забезпечує їм нормальні умови життя взимку. А вівці з такими ногами не можуть перестрибувати через огорожі, що полегшує випасання і нагляд за ними. Тому така мутація була підтримана штучним добром і активно використовувалась у процесі селекції овець.

Прикладом, який ще Ч. Дарвін використовував для ілюстрації обмеженості ресурсів організму і компенсаційної мінливості, є виведення корів молочних та м'ясних порід (мал. 69.2). Якщо корова належить до м'ясної породи, у неї добре розвинені м'язи і невелике вим'я. Молока вона виробляє мало. Основна частина ресурсів організму спрямовується на формування м'язової тканини. У корови молочної породи вим'я велике, і молока вона виробляє багато. А м'язової тканини в неї набагато менше. У цьому випадку ресурси організму спрямовані на вироблення молока.

Схожа ситуація спостерігається і в селекції рослин. Дикий предок кукурудзи чудово розмножувався сам і був типовим представником злаків (мал. 69.3). Але здатність злаків розсипати своє насіння не влаштувала лю-



Мал. 69.3. Дикий предок кукурудзи та його одомашнений нащадок

дину. Так було важко збирати врожай. Тому селекційна робота здійснювалась у напрямку одержання рослин із мінімальною можливістю самостійного поширення насіння. Наслідком цього є те, що сучасна кукурудза взагалі не може поширювати своє насіння без допомоги людини. У природних умовах це найкращий шлях до вимирання. Але штучний добір таку особливість активно підтримав і закріпив.

Основними формами штучного добору є масовий та індивідуальний. Вони можуть застосовуватися як окремо один від одного, так і разом, у комплексі. Скоріш за все, масовий добір стали застосовувати дещо раніше, ніж індивідуальний. Але індивідуальний добір також має дуже давню історію.

Масовий добір

Масовим називають добір особин із потрібними ознаками без урахування ознак батьків. Це найдавніший і найпростіший метод селекції, який широко застосовується і зараз, але переважно в галузях селекції рослин і мікроорганізмів. У селекції тварин його використовують дуже рідко через малу кількість нащадків у цих організмів.

Класичним прикладом масового відбору є відбір зерна за розміром після збору врожаю.

! Ключова ідея

Штучний добір є важливим інструментом селекційних технологій. Він застосовується в усіх галузях селекції і має дві основні форми — масовий добір та індивідуальний добір. Застосування тієї чи іншої форми визначається потребами селекційного процесу і завданнями, які були поставлені.



Мал. 69.4. Відбір потрібних штамів у селекції мікроорганізмів

Фактично саме так відбувалася селекція перших одомашнених злаків. Зерно всього врожаю збирали разом без визначення належності до певної рослини і потім його просто розподіляли за розміром. У такому разі не враховувалася модифікаційна мінливість і для отримання потрібного ефекту треба було здійснювати відбір дуже довго — сотні і тисячі років.

Індивідуальний добір

Індивідуальним називають добір особин із потрібними ознаками з урахуванням ознак батьків. У селекції тварин до цього ще додають і складання родоводів. Цей метод застосовується в усіх галузях селекції.

Більшість сучасних порід тварин і сортів рослин створені саме з використанням цього методу, хоча в селекції рослин часто використовують комбінації індивідуального і масового добору.

Широко комбінують масовий та індивідуальний добір і в селекції мікроорганізмів. Зазвичай колонії мікроорганізмів масово обробляють певним чином, а потім пересівають мікроорганізми на інші середовища, на яких кожна клітина розташована окремо від інших. Після певного періоду росту дивляться на результат і відбирають для подальшої роботи вже окремі колонії, які є нащадками однієї клітини (мал. 69.4).

☰ Запитання та завдання

1. Які фактори, крім добору, впливають на організм в ході селекції що до них застосовують?
2. На прикладі здичавілих тварин чорнобильської зони проаналізуйте, до яких наслідків призводить припинення штучного добору.

§ 70. Методи селекції

? Поміркуйте

Чому досі існує потреба у виведенні нових сортів рослин і порід тварин, хоча існує велике їх різноманіття?

← Згадайте

- Закони Менделя
- Схрещування
- Гбридологічний аналіз
- Відбір

Різноманіття методів селекції

Методи селекції рослин, тварин і мікроорганізмів достатньо різноманітні. Але використовуються вони з урахуванням особливостей біології кожної з груп. Тому технології селекційних досліджень для рослин, тварин і мікроорганізмів дещо різняться між собою. Методи селекції можна поділити на класичні методи і методи з використанням сучасних біотехнологій. Слід зазначити, що класичні методи в сучасній селекції і сьогодні продовжують широко використовувати.

Методи з використанням сучасних біотехнологій

Одним із найбільш перспективних сучасних методів селекції рослин є метод швидкого *мікроклонального розмноження*. Він

полягає у вирощуванні культури клітин на поживних середовищах з метою отримання великої кількості посадкового матеріалу за короткий час.

Головними перевагами методу є ріст протягом усього року (незалежно від зовнішніх умов), незначна площа для вирощування великої кількості рослин, можливість розмножувати рослини, які у природних умовах не здатні до вегетативного розмноження. Крім того, він дозволяє забезпечити цінні селекційні лінії від зараження вірусами, бо в разі розмноження іншими методами віруси передаються нащадкам.

Ще один дуже перспективний метод, який активно використовується, — це отримання гбридів (клітин, які утворюються в результаті злиття клітин різних організмів). Він використовується в галузі біотехнології під час створення високоефективних ліній клітин для виробництва цінних лікарських препаратів.

За допомогою гбридів можна отримати антитіла необхідного типу в необмежених кількостях. Вони створюються шляхом злиття лейкоцитів і ракових клітин. Гбридами об'єднали в собі здатність лімфоциту утворювати необхідні антитіла (одного типу, так звані моноклональні антитіла) і здатність пухлинних клітин безкінечно довго розмножуватись на штучних середовищах.

Класичні методи селекції організмів

Метод селекції	Сутність методу	Де застосовується
Відбір	Відбір особин із потрібними ознаками	В усіх галузях селекції
Створення чистих ліній	Виведення гомозиготних особин з однаковим генотипом за великою кількістю генів	У селекції рослин і тварин. У прокариотів усі лінії чисті, бо вони є гаплоїдами
Гбридизація	Схрещування особин із різними генотипами, які є представниками одного виду	В усіх галузях селекції
Віддалена гбридизація	Схрещування особин, які є представниками різних видів	Переважно в селекції рослин. У тварин більша частина таких гбридів є неплодю
Споріднене схрещування (інбридинг)	Схрещування особин однієї породи або навіть однієї родини	У селекції тварин
Неспоріднене схрещування (аутбридинг)	Схрещування особин різних порід	У селекції тварин



Що таке гетерозис

Ще здавна люди помітили одну цікаву закономірність. Якщо схрещувати різні породи тварин або сорти рослин, то можна отримати нащадків, які б перевершували обох своїх батьків за певними ознаками. Але тривалий час такі результати не вдавалося передбачити, бо інколи ефект спостерігався, а інколи — ні.

Ситуацію вдалося зрушити з місця тільки з початком наукової організації селекційного процесу. Саме тоді й було доведено, що перше покоління гібридів, одержаних у результаті неспорідненого схрещування, має низку цінних показників, за якими воно значно перевершує обох своїх батьків. Таким показниками були життєздатність, продуктивність, ріст, стійкість до захворювань тощо. Для опису цього ефекту американський генетик Г. Шелл 1914 року запропонував термін **гетерозис**. Головною особливістю гетерозису було те, що його ефект був найсильнішим тільки в першому поколінні. У наступних поколіннях гібридів він поступово зменшувався.

У рослин розрізняють три основні типи гетерозису відповідно до тих показників, які проявляються в певного гібрида найбільше: репродуктивний, соматичний та адаптивний. *Репродуктивний* гетерозис проявляється у вигляді підвищеного виробництва насіння і збільшення врожайності. Рослини із *соматичним* гетерозисом мають значно більшу вегетативну масу та більші лінійні розміри. *Адаптивний* гетерозис збільшує стійкість рослин до дії несприятливих факторів середовища (як фізичних, так і біологічних).

Генетичні основи гетерозису

Для пояснення явища гетерозису було запропоновано дві основні гіпотези, які, до речі, не виключали одна одну. Перша з них — *гіпотеза домінування*. Основна її ідея — блокування дії рецесивних алелів генів, які спричинюють несприятливий ефект,

домінантними алелями цього ж гена. Гіпотеза ґрунтувалася на тому, що у двох батьківських лініях у стані гомозиготи за рецесивним алелем будуть перебувати різні гени. І після схрещування більшість генів матиме хоч один домінантний алель, який не дасть проявитися негативному впливу рецесивного алеля. Ця гіпотеза добре пояснювала той факт, що ефект гетерозису починав різко знижуватися вже у другому поколінні гібридів і через кілька поколінь зникав узагалі.

Другою була *гіпотеза переваги*. Вона стверджувала, що перевагу гетерозисним гібридам дають унікальні комбінації домінантних і рецесивних алелей, що утворювалися як результат такого схрещування. Ця гіпотеза теж адекватно пояснювала зменшення ефекту гетерозису в наступних поколіннях гібридів.

Тривалі дослідження виявили деяку перевагу гіпотези домінування. Але і гіпотеза переваги отримала кілька експериментальних підтверджень на свою користь. А вже у ХХІ ст. з'явилися дані, що свідчили про значний внесок у це явище епігенетичних механізмів.

Практичне значення гетерозису

Явище гетерозису широко використовується в сільськогосподарській практиці. Його застосовують під час вирощування зернових і овочевих культур. Майже вся кукурудза, яку зараз вирощують у світі, є гетерозисною. Гібридною є і значна частина рису, який вирощують у Китаї та Індії.

Використовують явище гетерозису і у тваринництві. Воно дає гарний ефект для деяких гібридів великої рогатої худоби і свиней. Застосовують гетерозисні гібриди і на птахофермах для отримання гібридів курей. Нещодавно було здійснено цікаве дослідження гібридів собак, у процесі якого було встановлено, що гібридні породи собак живуть у середньому на 1,2 роки довше, ніж чисті породи.



Ключова ідея

Сучасна селекція використовує як традиційні, так і новітні методи і технології. Вони дозволяють ефективно вирішувати завдання селекції і суттєво прискорюють виведення нових форм організмів. Одним з ефективних методів селекції є застосування ефекту гетерозису.



Запитання та завдання

1. Які переваги може надати в селекційному процесі віддалена гібридизація? **2.** Запропонуйте пояснення, чому епігенетичні механізми суттєво впливають на явище гетерозису.

§ 71. Схрещування та розведення



Поміркуйте

Які методи роботи найчастіше використовуються в селекції? Чому саме їм надають перевагу?



Згадайте

- Генетика
- Батьківське покоління
- Ген
- Закони Менделя

Гібридологічний аналіз та основні типи схрещувань

Гібридологічний аналіз — це дослідження характеру успадкування ознак за допомогою системи схрещувань. Його основою є гібридизація, яка полягає у схрещуванні організмів, які різняться між собою за однією чи кількома спадковими ознаками. Наприклад, за забарвленням насінин, формою крил, довжиною ніг тощо. Нащадків, одержаних від такого схрещування, називають гібридами.

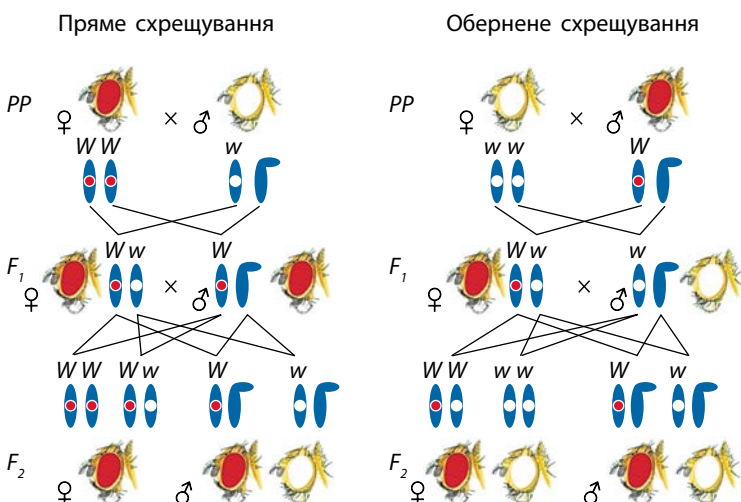
Для здійснення дослідів із генетики й селекції здійснюють схрещування організмів і досліджують батьківські організми та організми першого, другого й наступних поко-

лінь. Залежно від кількості генів, які аналізують, розрізняють *моногібридне* (один ген), *дигібридне* (два гени) і *полігібридне* (багато генів) схрещування.

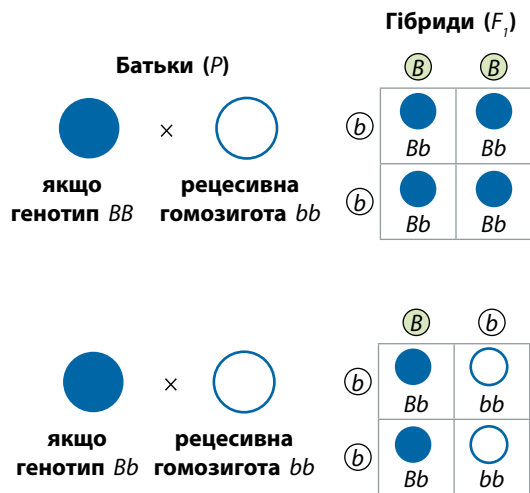
Під час вивчення успадкування, зчепленого зі статтю, часто використовують **реципрокні схрещування**. Це два одночасні схрещування (пряме та обернене), у яких ознаку, що вивчається, мають або тільки самці (у прямому схрещуванні), або тільки самки (в оберненому).

Класичним випадком застосування реципрокних схрещувань є дослідження успадкування кольору очей у дрозофіли. Ген, який визначає в неї колір очей (зазвичай він червоний, це домінуюча ознака), розташований у X-хромосомі. Існує рецесивний алель цього гена, який визначає білий колір очей (мал. 71.1).

Під час схрещування гомозиготних за цією ознакою самок із червоними і самців із білими очима всі їхні нащадки мали червоні очі. Адже самки нащадків отримали одну хромосому з домінуючим алелем від матері, а в самців ця хромосома могла бути тільки материнською. У оберненому варіанті схрещування (самки з білими, а самці з червоними очима) результати були інші.



Мал. 71.1. Схема реципрокних схрещувань дрозофіли



Мал. 71.2. Схема аналізуючого схрещування



Усі самки нащадків мали червоні очі (одна хромосома з домінантним алелем отримана від батька), а всі самці мали білі очі (єдина хромосома з рецесивним алелем отримана від матері).

Аналізуюче схрещування

У ході досліджень часто здійснюють так звані аналізуючі схрещування. **Аналізуюче схрещування** — це схрещування особи, що має невідомий генотип, з особою, гомозиготною за рецесивними алелями всіх досліджуваних генів (мал. 71.2). Залежно від того, який буде отримано результат серед гібридів першого покоління, можна дізнатися, який генотип мала вихідна досліджувана особина.

Пурпурні пелюстки — домінантна ознака, яка визначається домінантним алелем — *P*. Білі пелюстки — рецесивна ознака, яка визначається рецесивним алелем — *p*. Якщо рослина, яку ми досліджуємо, має пурпурні пелюстки, то в неї може бути два різні генотипи, які забезпечують такий фенотип: *PP* і *Pp*. Якщо ми схрестимо цю рослину з рослиною, яка має білі пелюстки (вона може мати тільки генотип *pp*), то результат схрещування буде залежати тільки від її генотипу. Якщо вона має генотип *PP*, то всі нащадки від схрещування матимуть генотипи *Pp* і пурпурні пелюстки. А якщо її генотип *Pp*, то половина нащадків матиме пурпурні (генотип *Pp*), а половина — білі (генотип *pp*) пелюстки.

Розведення тварин

У тваринництві, залежно від мети, використовують такі основні методи розведення: чистопородне, схрещування та гібридизація (внутрішньовидова та міжвидова).

Чистопородне розведення використовується для підтримання чистоти породи, і для його здійснення створюють пари тварин, які належать до однієї породи.



Ключова ідея

Схрещування є одним із найбільш поширених методів генетичних досліджень і селекційної роботи. Воно може здійснюватися в різних комбінаціях залежно від поставленої мети. Гібриди, які утворюються в результаті схрещування, не завжди здатні розмножуватися.

Слід відзначити, що тривале чистопородне схрещування може бути ризикованим для існування породи. Якщо кількість особин породи є невеликою, то виникає проблема споріднених схрещувань і прояву спадкових захворювань. Також ризик може зростати в разі різкого зниження чисельності породи і використання для її відновлення особин із якоюсь вадою. Так, наприклад, сталося з породою німецька вівчарка після Другої світової війни. Під час бойових дій велика кількість собак цієї породи загинула, а після війни в Радянському Союзі активно використовували для відновлення породи кобеля, який виявився (як з'ясували пізніше) носієм кількох генетичних дефектів.

Схрещування використовується для поєднання в нащадків цінних якостей від різних батьків. Для цього створюють пари з тварин одного виду, але різних порід. Усі сучасні породи сільськогосподарських тварин було виведено саме методом схрещування.

Гібридизація є найскладнішим із видів розведення. Для здійснення міжвидової гібридизації пари батьків підбирають із тварин різних видів. У результаті не завжди утворюються гібриди, що здатні до розмноження, але це й не завжди мають на меті. Класичним прикладом гібридизації є отримання мулів від схрещування кобил із віслюками. Мули не здатні до розмноження, але дуже зручні для використання в сільському господарстві.

Гібридизація коней та віслюків є також гарним прикладом відмінностей, які виникають у випадку реципрокних схрещувань. Мул є гібридом віслюка і кобили, а гібрид коня і самки віслюка має назву ослюк. Мул має більші розміри. Для нього характерні більша витривалість та сила, ніж в ослюка. Це може бути пов'язано з умовами розвитку зародка. Організм кобили має більший розмір і може забезпечити зародку кращі умови розвитку. Через те що мули більші і сильніші, ніж ослюки, їх розводять частіше.



Запитання та завдання

1. Яким буде результат аналізуючих схрещувань із гетерозиготами а) *AaBb*; б) *aaBb*; в) *AaBBCc*; г) *AaBbCc*? **2.** Складіть схему будь-якого тригібридного схрещування.

§ 72. Селекція рослин



Поміркуйте

Коли людство почало переходити до сільського господарства й осілого способу життя? У яких регіонах і коли відбувався цей процес?



Згадайте

- Сорт
- Штучний добір
- Землеробство
- Сільськогосподарські культури

Явище гомологічних рядів спадкової мінливості

На початку ХХ ст. М. І. Вавилов досліджував мінливість ознак у кількох родів злаків. Він звернув увагу на те, що у представників різних родів мінливість ознак відбувається схожим чином. Якщо в одному роді є карликові форми або форми з довгою остю, то ці ж варіанти можна буде виявити і в інших родах. Таких ознак було багато, і вони утворювали цілі послідовності тождесних варіантів мінливості.

Власне, саме це явище на той час було вже відомо. Його, наприклад, описував у своїй роботі ще Ч. Дарвін, посилаючись на більш ранні дослідження інших учених. Але М. І. Вавилов уперше сформулював його у вигляді окремого закону гомологічних рядів мінливості і дав генетичне пояснення цьому явищу. Формулювання закону є таким: «Генетично близькі роди і види мають схожі ряди спадкової мінливості. Знаючи, які існують форми в одного виду, можна передбачити існування таких самих форм у інших, споріднених із ним, видів і родів».

Він уважав, що наявність таких рядів мінливості у споріднених родів є наслідком їхнього походження від спільного предка. Цей предок передав своїм нащадкам дуже схожі набори генів, кожний із яких може змінюватися тільки в певних межах. Тому мінливість у споріднених систематичних

груп є схожою. І чим більше спорідненість, тим більше схожі ряди мінливості.

Наявність такої закономірності М. І. Вавилов запропонував використовувати в практичній роботі селекціонерів. Знаючи, які варіанти трапляються у близьких родів, можна було цілеспрямовано шукати потрібні форми у виду, з яким здійснювали селекційну роботу.

Знання цього закону йому вдалося використати для аналізу процесів одомашнення культурних рослин і встановлення центрів їхнього походження.

Основні напрями селекції рослин

Селекція рослин відбувається за багатьма напрямками залежно від того, як використовується та чи інша культура. Відповідно, напрями селекції для пшениці, картоплі або яблуні будуть різнитися. Але є й певні спільні риси селекційних робіт із різними рослинами.

До основних напрямів селекції більшості культур можна віднести такі:

- підвищення врожайності;
- зміна тривалості вегетаційного періоду або його частин;
- стійкість до абіотичних факторів середовища;
- стійкість до захворювань і шкідників;
- якість продукції;
- технологічність.

Підвищення врожайності весь час було одним із головних завдань селекції. Ви вже познайомилися з результатами цієї роботи для кількох культур (див. § 68). Зміна тривалості вегетаційного періоду або його частин є важливою адаптацією для вирощування рослини в певному регіоні. У разі зміни широти вирощування та кліматичної зони цей показник є вирішальним для успіху в інтродукції культури на новій території.

Стійкість до абіотичних факторів стала причиною поширення карликових форм злаків. Така ознака, як укорочене стебло, дозволяла їм бути стійкими до полягання після дощу і суттєво збільшувала шанси на хороший урожай у місцях із вологим кліматом.



Стійкість до захворювань і шкідників теж є необхідною складовою селекції, бо ці біотичні фактори здатні легко знищувати значну частину врожаю. Хоча в деяких випадках більш простим і економічно вигідним способом збереження врожаю залишається обробка рослин фунгіцидами або інсектицидами. Але для інших шкідників та захворювань селекція на стійкість була цілком успішною. Так, гібридизація європейських сортів винограду з американськими дозволила створити стійкі до філоксери сорти і врятувала європейське виноробство під час масового поширення цього шкідника.

Якість продукції, що отримували від культурних рослин в усі часи, була однією з головних передумов економічного успіху сільського господарства. Також цьому сприяли і певні технологічні властивості культур. Наприклад, один із найдавніших видів пшениці полба має досить гарні якості зерна і характеризується стійкістю до захворювань та абіотичних впливів. Але він має важливий технологічний недолік — плівку, яка вкриває зерно і щільно до нього прилягає, тому під час обмолоту її важко видаляти. Відповідно, подальша селекція пшениць відбувалася в напрямку виведення голозерних сортів і форм.

Інколи *технологічне* вдосконалення рослини погіршує якість продукції, яку з неї отримують. Так, селекція на стійкість томатів до механічних пошкоджень у процесі транспортування та зберігання мала побічним ефектом утрату характерного смаку плодів.

Особливості селекції рослин на прикладі цитрусових

Цитрусові — це велика група рослин із родини Рутові, найвідоміші представники якої належать до роду Цитрус (*Citrus*). Лимони, мандарини, грейпфрути, апельсини — усі вони є добре відомими представниками цих рослин.

Цитрусові виникли на території Південно-Східної Азії і були одомашнені у тому ж регіоні. Основними способами селекції в цій групі були гібридизація та відбір мутантних варіантів переважно соматичного походження. Крім видів із роду Цитрус, до селекції домашніх рослин цієї групи залучалися представники інших родів із групи цитрусових, такі як кумкват або мікранта (деякі дослідники і ці рослини включають до роду Цитрус).

Вихідними формами для селекції цитрусових були три види: цитрон (*Citrus medica*), мандарин (*Citrus reticulata*) і помело (*Citrus maxima*). Більшість культурних цитрусових (лимони, грейпфрути, апельсини тощо) є тригібридами цих видів. Вони гібридизувалися в різній послідовності та різних напрямках і містять різний відсоток генів кожного з видів.

Частина цитрусових є дигібридами. Так, помаранч є гібридом помело і мандарина, червоний лимон — мандарина і цитрона, каламондин — кумквата та мандарина. Цікавою є історія створення різних сортів апельсина. Вони походять від одного тригібриду мандарина, помело і цитрона, але утворилися в результаті різних соматичних мутацій, які могли виникати в певній частині дерева або навіть в окремій гілці. А грейпфрут утворився в результаті гібридизації апельсина і помело.

Досить заплутаною виявилася генетична історія мандаринів. Їх можна поділити на три групи. Перша з них утворена мандарином Тачибану та кількома китайськими сортами. Її представники є вихідною формою для цитрусових і не мають ознак схрещування з іншими видами. Друга і третя група сортів мандаринів виникли як результат гібридизації мандаринів першої групи з помело. Вони різняться між собою за вмістом генів помело. У мандаринів другої групи таких генів до 10 %, а в мандаринів третьої — від 12 до 38 %.



Ключова ідея

Селекція рослин здійснювалася ще з початку переходу людства до землеробства. Основні напрямки селекції забезпечували підвищення врожайності культур та покращення смакових і технологічних якостей.



Запитання та завдання

1. Явище гомологічної мінливості було відомим уже давно. Чому закон гомологічних рядів удалося сформулювати тільки у XX ст.? **2.** Які фактори могли сприяти одомашненню цитрусових і формуванню основних напрямів їх селекції?

§ 73. Селекція тварин



Поміркуйте

Найдавнішою твариною, яку одомашнила людина, був собака. Які фактори могли сприяти ранньому прирученню саме цього виду?



Згадайте

- Порода
- Домашні тварини
- Одомашнення
- Ссавці

Закономірності одомашнення тварин

Якщо подивитися на те, де і які тварини одомашнювалися, то можна помітити дивні розбіжності. Так, 10 тисяч років тому в Євразії жило 72 види ссавців із масою тіла більш ніж 30 кг. Із них людина одомашнила 13 видів. В Африці в ці часи був 51 такий вид і не було одомашнено жодного. В Америці з 24 підходящих видів одомашнили одну-єдину ламу. В Австралії єдиним претендентом був один із видів кенгуру (усі інші були надто маленькими), який так і не став домашнім.

Справа в тому, що для успішного одомашнення виду він має відповідати певним вимогам. Тварини повинні достатньо швидко рости, бути невибагливими до їжі, утворювати в природних умовах групи з певною соціальною структурою (стада або зграї), не проявляти до людини надмірної агресивності тощо. І якщо хоч одна з вимог не виконується, одомашнення виду виглядає вкрай сумнівним.

Так, одомашнення зебр не відбулося саме через надмірну агресивність цих тварин. А одомашнення слонів було не вигідним через надто тривалий період їх вирощування. Хоча приручення диких слонів не було вкрай складним й успішно здійснювалося як у давнину, так і в сучасному світі.

Не дуже вдалі спроби одомашнення деяких тварин були і в Європі. До початку масового поширення кішок проблема боротьби з гризунами в приміщеннях була вкрай актуальною. Для її вирішення намагалися одомашнювати їжаків, вужів та багатьох ін-

ших тварин. Найбільш вдалими були спроби використати як «мисливців на мишей» представників родини Куницеві: горностая, ласки, тхора тощо. Одомашнений тхір навіть отримав власну назву — фретка. Їх і зараз тримають як домашніх тварин. Але в поширенні вони значно поступаються кішкам. Наявність анальних залоз, які виділяють речовину з різким неприємним запахом, суттєво заважає їх утриманню у приміщеннях.

Намагалися одомашнювати і лося. Ця тварина має суттєві переваги перед конем у болотистих місцевостях. Тому на півночі Європи їх приручали і використовували як верхових тварин. А від лося можна було отримувати молоко. На жаль, самці лося є надто агресивними, особливо в період гону. Тому практика одомашнення цієї тварини поширення не отримала.

Особливості селекції тварин

Селекція тварин характеризується тим, що від однієї тварини досить важко отримати велику кількість нащадків. Особливо це стосується самок, бо в ситуації із самцями можна використовувати штучне запліднення і таким чином різко збільшити кількість нащадків від одного самця.

З методів селекції найбільш активно у тваринництві використовують споріднене схрещування (інбридинг) та неспоріднене (аутбридинг). Також для тварин широко використовується складання родоводів, і відстежити генетичну історію представників найбільш цінних порід можна на кілька десятків поколінь.

Останнім часом розпочинається активне впровадження технологій клонування. Також велике значення мають програми розшифрування геномів видів сільськогосподарських тварин, які зараз охоплюють більшість одомашнених видів.

Особливості селекції тварин на прикладі кішки

Тривалий час вважали, що одомашнення кішки відбулося порівняно пізно в Давньому



Мал. 73.1. Деякі породи кішок

Єгипті. Але останні дослідження значно збільшили дату одомашнення цих тварин. Генетичний аналіз показав, що приблизно 10 тисяч років тому відбулося одомашнення близько-східного підвиду лісової кішки (*Felis silvestris lybica*), так званого степового кота. Відбувся цей процес на досить великій території всього Родючого півмісяця. Тому до нього були залучені як близькосхідні, так і північноафриканські популяції цього підвиду.

На перших етапах одомашнення відбір у кішок відбувався за ознаками поведінки і майже не впливав на особливості будови чи забарвлення. Це було цілком логічно, бо основним завданням кішок була ловля мишей. І головною адаптацією на цьому етапі було пристосування поведінки до життя поряд із людиною.

Масове поширення домашньої кішки було тісно пов'язане з розвитком мореплавства. Адже кішок часто утримували на кораблях для боротьби з гризунами. Перші дані про появу незвичайного забарвлення кішок належать до періоду Середньовіччя. І спеціальна робота щодо відбору оригінальних форм

тривалий час не відбувалася. Масове виведення нових порід кішок розпочалося тільки в XIX столітті (мал. 73.1), коли вони стали вже відігравати роль не тільки «професійних мишоловів», але й «домашніх улюбленців».

Сучасна селекція порід кішок переважно орієнтована на виведення декоративних порід. Зокрема, таких, які мають незвичні форми та забарвлення шкіри. Крім того, популярними стають породи з редукованою шерстю, яких можуть утримувати навіть люди з алергією на котячу шерсть.

ПР Практична робота

Порівняльна характеристика порід тварин (сортів рослин)

1. Виберіть вид тварин або рослин для виконання роботи.
2. Складіть перелік з 5–6 порід (або сортів) вибраного виду.
3. Для кожної породи (сорт) запишіть основні характеристики (особливості будови, господарське призначення, унікальні риси, притаманні саме цій породі (сорт)).
4. Порівняйте породи (сорт), які ви проаналізували, і сформулюйте висновки.

! Ключова ідея

Селекція тварин має свою специфіку, яка пов'язана з особливостями розмноження і біології одомашнених видів. У ній широко використовуються як неспоріднене (аутбридинг), так і споріднене (інбридинг) схрещування. В останні роки поширюється також технологія клонування.

Запитання та завдання

1. Зебри надзвичайно важко піддаються процесу одомашнення. Запропонуйте гіпотезу, яка пояснює цей факт.
2. Які системи схрещування використовують для селекції домашніх тварин?

§ 74. Селекція мікроорганізмів



Поміркуйте

Чому мікроорганізмам вдається швидко пристосовуватися до дії антибіотиків, які спрямовані проти них?



Згадайте

- Прокаріоти
- Еукаріоти
- Горизонтальне перенесення генів
- Штам

Особливості селекції мікроорганізмів

Мікроорганізми активно використовуються в різноманітних біотехнологічних виробництвах. Тому їх селекція спрямована на задоволення потреб промисловості. Також селекцію мікроорганізмів використовують в наукових дослідженнях для створення штамів із певними властивостями.

Мікроорганізми розмножуються швидко, але потребують спеціального поживного середовища для розведення і захисту від потрапляння до колоній сторонніх мікроорганізмів.

Методи селекції мікроорганізмів

У мікроорганізмів, які розмножуються нестатевим шляхом, існують спеціальні механізми комбінативної мінливості. Це кон'югація, трансдукція і трансформація. Ці механізми широко використовуються в селекції цієї групи для отримання нових варіантів із наступним відбором вдалих форм.

Кон'югація — це безпосередній контакт між двома бактеріальними клітинами за допомогою спеціальних порожнистих трубочок (*F*-пілі), під час якого генетичний матеріал з однієї клітини переноситься в іншу. Зазвичай кон'югація контролюється генами, які розташовані в плазміді.

Трансформація — це перенесення ДНК, яка була ізольована, з одних бактеріальних клітин до інших. Найчастіше вона відбувається після загибелі цих клітин. Після того, як загиблі клітини руйнуються, окремі фрагменти їхньої ДНК можуть поглина-

тися іншими бактеріями. Потім бактерії вбудовують ці фрагменти у свою кільцеву молекулу ДНК.

Трансдукція — це перенесення бактеріальних генів з однієї клітини в іншу за допомогою бактеріофага. Коли бактеріофаги розмножуються в клітині, то в деякі з вірусних часток потрапляє ДНК не вірусу, а бактерії. Вірусна частка переносить цю ДНК в іншу бактеріальну клітину, де вона вбудовується в бактеріальну хромосому.

Створення векторів

Мікроорганізми широко використовуються в технології генетичної інженерії. Суть методу полягає в штучному створенні генів із потрібними властивостями і введенні їх у відповідну клітину.

Перенесення гена здійснює *вектор* (рекомбінантна ДНК) — спеціальна молекула ДНК, сконструйована на основі ДНК вірусів або плазмід, яка містить потрібний ген і здатна транспортувати його до клітини та забезпечити його вбудовування в її генетичний апарат. Для маркування певних клітин організмів у молекулярно-генетичних дослідженнях використовують ген GFP, виділений із медузи. Він забезпечує синтез флуоресцентного білка, який світиться в темряві.

Особливості селекції мікроорганізмів на прикладі дріжджів

Основна особливість селекції дріжджів полягає в тому, що вона майже весь час після доместикації (одомашнення) цих мікроорганізмів відбувалася несвідомо. Адже люди використовують дріжджі вже кілька тисяч років. А побачили їх уперше 1680 року (це вдалося А. ван Левенгуку). Ідею про те, що саме вони утворюють спирт, висунув французький учений Каньяр де ля Турв у 1837 році, а довів її Луї Пастер 1857-го. Перша ж промислова чиста культура дріжджів для пивоваріння була створена лише 1881 року данським мікробіологом Емілем Хансенном, який працював у фірмі «Карлсберг».



Але це не заважало здійснювати селекцію дріжджів (мал. 74.1). Характерними ознаками доместикації були втрата статевого розмноження, зміни плоідності різних штамів, подвоєння одних ділянок ДНК геному і втрата інших. Але слід відзначити, що ці зміни стосувалися різних рас дріжджів у різному ступені.

Найбільші видозміни відбулися з пивними та пекарськими дріжджами. Набагато менше порівняно з дикими формами змінилися винні дріжджі та дріжджі, за допомогою яких виготовляють спиртні напої в Азії (наприклад, саке). Це було пов'язано з особливостями технології роботи з дріжджами.

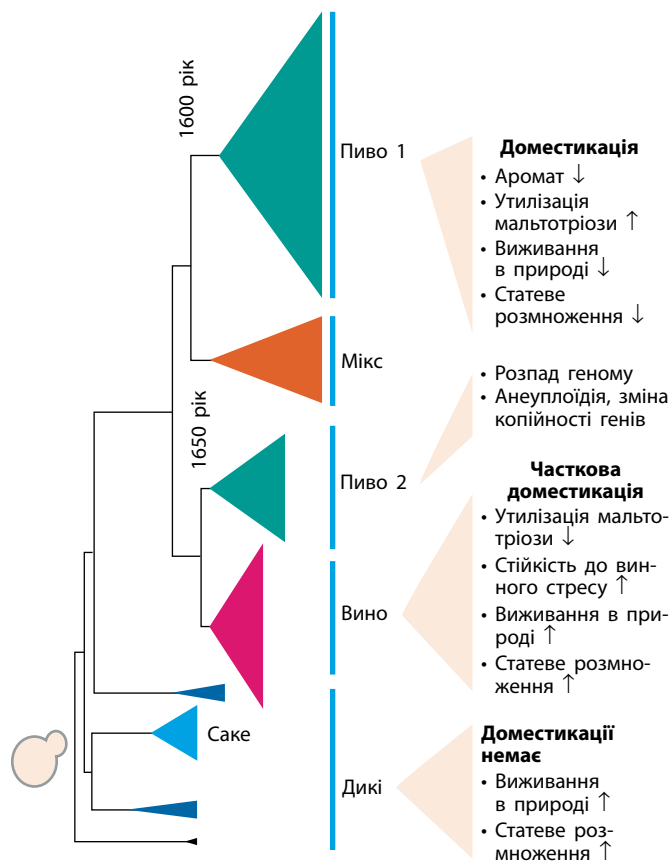
Пивні і пекарські дріжджі використовують багаторазово. Закваску, у якій вони містилися, могли багато років зберігати виробники пива або хліба. Таким чином, штами тривалий час перебували у сприятливому середовищі з мінімумом конкурентів. Одночасно відбувався відбір за якістю продукції, яку отримували. Так, ці дріжджі мали високу здатність до переробки мальтотріози, яка є одним з основних компонентів пивного суслу. А пивні дріжджі втратили можливість синтезу деяких ароматичних сполук, потрібних для виживання в дикій природі, бо вони псували аромат пива. Пекарські дріжджі цю здатність не втратили, бо такі сполуки руйнуються під час випічки і на смак хліба не впливають.

У винних дріжджів ознак одомашнення набагато менше. Для виготовлення вина вони використовувалися одноразово і більшу частину життєвого циклу перебували в природі на ягодах винограду. Хоча, як і пивні дріжджі, вони виробили здатність виживати за більш високих концентрацій алкоголю в середовищі, ніж дикі форми дріжджів.



Ключова ідея

Селекція мікроорганізмів має свою специфіку, яка пов'язана з особливостями їхньої біології. У ній широко застосовуються механізми обміну інформацією, які існують у мікроорганізмів: трансформація, трансдукція і кон'югація. Також мікроорганізми використовують у технології генетичної інженерії як джерело векторів на основі бактеріальних плазмід.



Мал. 74.1. Історія селекції дріжджів

Генетичний аналіз показав, що промислові пивні дріжджі поділяються на дві групи (клади), які мають різне походження. Хоча обидві ці групи утворилися в Європі, але відбулося це в різний час. Перша група була створена в 1573–1604 рр., коли відбувався перехід від домашнього виробництва пива до появи великих виробництв при монастирях або в окремих пивоварнях. Друга група виникла трохи пізніше — у 1645–1671 роках. Усі американські форми пивних дріжджів мають європейське походження і належать до однієї з цих двох груп.



Запитання та завдання

1. Чим різняться селекція мікроорганізмів, які належать до різних доменів еукаріотів та прокаріотів?
2. Які обмеження накладає на можливість селекції одноклітинна форма існування більшості мікроорганізмів?

§ 75. Генетична і клітинна інженерія

? Поміркуйте

Які клітини називають стовбуровими?
Чим стовбурові клітини відрізняються від звичайних клітин організму людини?

← Згадайте

- ДНК
- Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР)
- Рекомбінантні ДНК
- Культура клітин

Клітинна інженерія

Клітинна інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах. Крім того, у рамках клітинної інженерії розробляють і використовують технології гібридизації клітин.

Культивування клітин широко використовується для наукових досліджень (мал. 75.1). Клітини, які вирощені на спеціальному середовищі, можна використовувати для дослідження процесів, які в них відбуваються. У таких культурах можна вирощувати віруси, що здатні розмножуватися тільки в живих клітинах, і досліджувати їх взаємодію з клітинами певних тканин. Також у культурах клітин досліджують дію нових

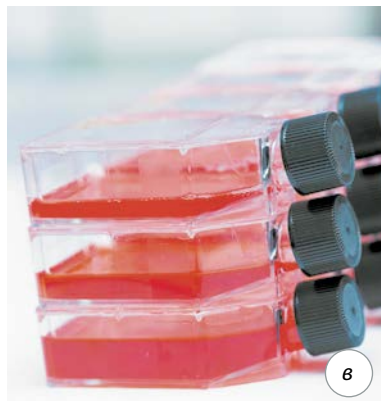
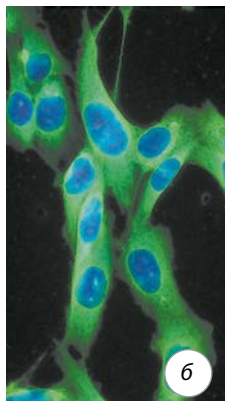
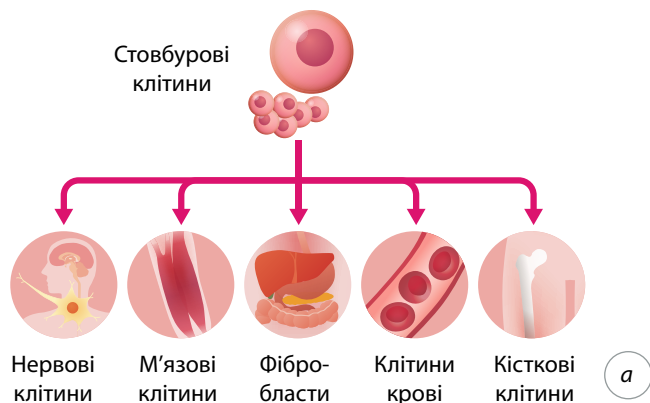
фармакологічних препаратів на клітини. Це суттєво спрощує процедуру перевірки безпеки цих препаратів для людини.

Використовують цю технологію і в медицині. Дуже перспективною вважається технологія роздруківки органів тіла на 3D-принтері, яку зараз розробляють.

Соматичну гібридизацію клітин широко використовують у дослідженнях процесів регуляції роботи генів та визначення їхньої функції. Ця технологія дозволяє об'єднувати в межах однієї клітини геноми організмів, які не можна об'єднати іншим способом: наприклад, миші і пацюка або людини і миші. Можлива навіть соматична гібридизація клітин тварин і рослин. Тривалий час такі гібриди зазвичай існувати не можуть, але для дослідження часу їх існування вистачає.

Одним із напрямів клітинної інженерії є *клонування* тварин і рослин (мал. 75.2). Клонування рослин, приміром, дозволяє дуже швидко розмножувати найбільш цінні особини рослин, які характеризуються гарною врожайністю, підвищеною стійкістю до хвороб або іншими якостями. Особливо важливо це для вирощування дерев, бо значно підвищує швидкість їх розмноження.

Важливим досягненням клітинної інженерії стала розробка методів *використання стовбурових клітин* під час лікування людини. Здатність до необмеженого поділу і до перетворення на різні типи клітин (так звана



Мал. 75.1. Типи клітин людини, які використовуються для культивування (а), культура клітин під мікроскопом (б) та флакони з поживним середовищем для вирощування (в)



плюрипотентність) робить їх ідеальним матеріалом для трансплантаційних методів терапії. Найбільш доступними вважаються стовбурові клітини дорослого організму. Однак реальний потенціал їх диференціювання ще слабо вивчений. Надзвичайно привабливими для використання в медицині є ембріональні стовбурові клітини людини: з них можна отримувати будь-які типи клітин організму.

Потрапляючи в організм під час трансплантації, стовбурові клітини продовжують ділитися й самі знаходять місце, де їхня допомога найпотрібніша. Ця здатність стовбурових клітин отримала назву *хоумінгу*.

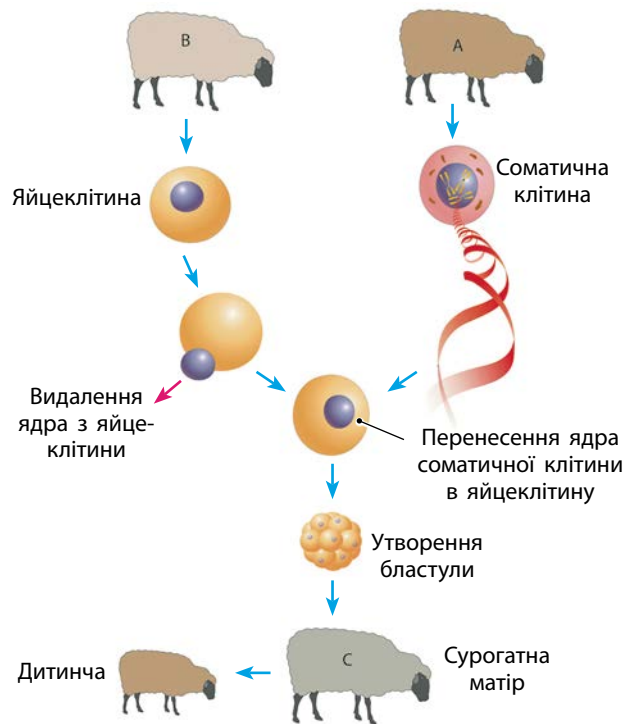
Генетична інженерія

Генетична (генна) інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології виділення генів з організмів і окремих клітин, їх видозмінення й уведення в інші клітини або організми.

Суть генетичної інженерії полягає в штучному створенні генів із потрібними властивостями і введення їх у відповідну клітину. Перенесення гена здійснює вектор (рекомбінантна ДНК) (докладніше див. § 74). Генетична інженерія широко використовується як у наукових дослідженнях, так і в новітніх методах селекції.

Питання про перспективу використання генної інженерії під час вирощування сільськогосподарської сировини продовжує викликати серйозні суперечки з-поміж дослідників і споживачів. Серед позитивних аргументів — підвищена врожайність, екологічні переваги, захист від шкідників. З іншого боку — непевність частини споживачів у безпечності нових технологій.

Після створення перших продуктів генетичної інженерії висловлювалися припущення про можливий негативний вплив, наприклад, рослин, створених за допомогою таких методів, на інші організми через наявність у їхньому організмі речовин, які виробляли-



Мал. 75.2. Технологія клонування тварин

ся у видів, від яких було отримано новий ген. Вплив цих речовин може бути прямої або опосередкованої дії через трофічні ланцюги. Однак до сьогодні достовірних експериментальних даних про негативний вплив трансгенних рослин, стійких до шкідників, на нецільові організми не отримано. Також за 30 років досліджень не було виявлено достовірних експериментальних даних щодо негативного впливу ГМО на тих, хто споживав їх у їжу.

У Європі модифіковані рослини сої та кукурудзи для виготовлення харчових продуктів дозволені з 1997 року, а харчові ферменти, добавки, одержані в результаті генної інженерії, використовують понад двадцять років. Проте в багатьох європейських країнах до законодавчих актів із харчових продуктів включено вимоги щодо безпечності генетично модифікованих продуктів.

Ключова ідея

Генетична і клітинна інженерія є одними з найбільш перспективних технологій сучасної біології. Їх застосування дало змогу досягти великого ефекту в різних галузях: біотехнологічному виробництві, медицині, фундаментальних наукових дослідженнях тощо.

Запитання та завдання

1. Чому використання методів генетичної інженерії для вирощування сільськогосподарських культур стало причиною дискусій ученої спільноти й громадськості? **2.** Які недоліки має технологія використання стовбурових клітин?

§ 76. Генетично модифіковані організми



Поміркуйте

Які способи обміну генетичною інформацією характерні для бактерій? У яких структурах клітин зберігається спадкова інформація?



Згадайте

- Рекомбінація
- Трансформація
- Кон'югація
- Трансдукція

Що таке генетично модифіковані організми

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК. Інша назва генетично модифікованих організмів — трансгенні організми. Трансгенні організми можуть мати велике значення для підвищення ефективності сільського господарства та під час досліджень у галузі молекулярної біології.

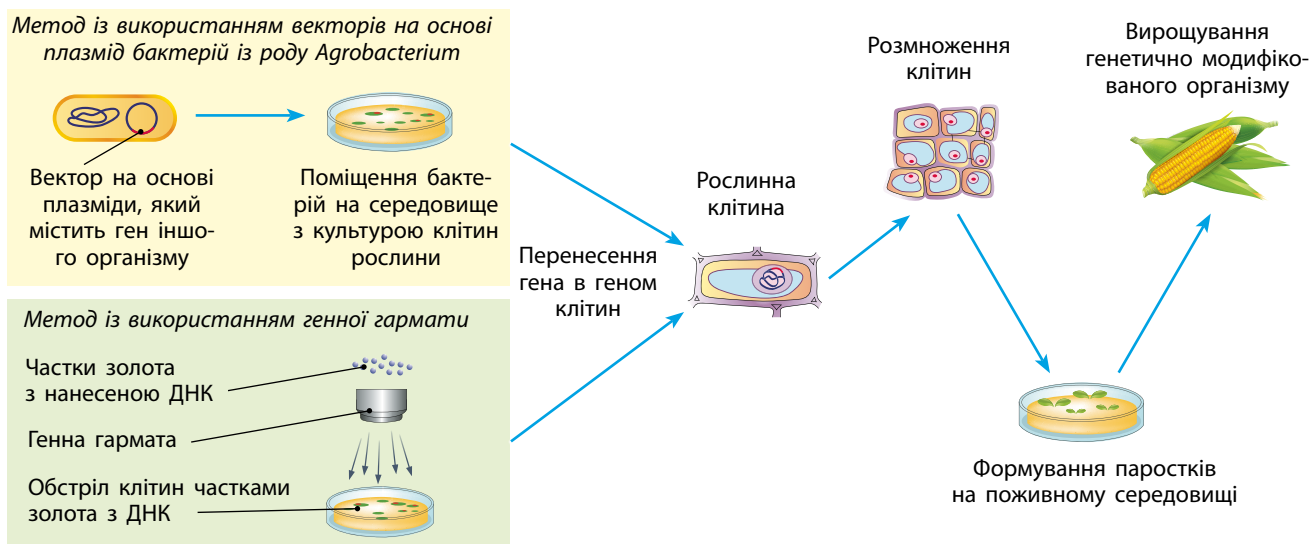
Перші генетично модифіковані організми, одержані за допомогою методів молекулярної біології, з'явилися у світі лише у 80-х роках ХХ ст.

Як створюють генетично модифіковані організми

Створення генетично модифікованих організмів складається з кількох етапів. Спочатку отримують потрібний ген, вилучаючи його з відповідного організму. Наступним етапом є введення гена до складу вектора. Як ви вже знаєте (докладніше див. § 74), *вектор* — це молекула ДНК, зазвичай створена на основі одного з вірусів або бактеріальної плазміди, яка містить ген, потрібний для введення в організм.

Після введення у вектор ген може використовуватися одразу, а може тривалий час зберігатися в геномній бібліотеці. Геномна бібліотека є колекцією мікроорганізмів, до складу яких уведено генетичні вектори. Під час кожного поділу ці мікроорганізми відтворюють уведений у них вектор. Таким чином вони можуть зберігати його протягом тривалого часу.

Для використання вектор потрібно перенести в організм, який потрібно модифікувати. Це можна зробити кількома різними способами (мал. 76.1). ДНК можна просто ввести в ядро клітини шляхом ін'єкції. Його проникнення можна забезпечити, застосувавши електричні розряди, які підвищують проник-



Мал. 76.1. Схема введення гена в організм рослини



ність клітинної мембрани. Також використовують транспортування векторів у клітину всередині ліпосом (мікрокульок, стінки яких побудовані з ліпідів). А ще можна напямую бомбардувати клітину мікрочастинками золота або ванадію, на поверхню яких нанесено вектори.

Завершується створення генетично модифікованих організмів виявленням клітин, у яких вектор убудувався в ДНК, а новий ген почав працювати з подальшим їх відбором і розмноженням.

Успіхи у створенні генетично модифікованих організмів

Генетично модифіковані організми стали успішною основою багатьох проектів, пов'язаних із вирішенням продовольчих та медичних проблем. Першим великим успіхом було створення генетично модифікованих бактерій, які виробляли людський інсулін. До цього хворим на діабет доводилося робити ін'єкції інсуліну, який добували з підшлункових залоз худоби. А він досить часто міг давати алергічні реакції.

Значним досягненням стало створення генетично модифікованого сорту рису, відомого як «золотий рис». Завдяки генам із нарцису та бактерії ервінії цей рис отримав здатність виробляти бета-каротин і став чудовим джерелом вітаміну А. Щороку у світі через дефіцит цього вітаміну в продуктах харчування помирає від 1 до 2 млн людей. Свою назву цей сорт рису отримав через золотистий колір своїх насінин.

Генетично модифіковані тварини використовуються не менш активно, ніж рослини. Так, у 2009 році було схвалено застосування ліків, які виробляють із молока генетично модифікованих кіз.

До складу молока цих кіз входить речовина, яка є антикоагулянтом і знижує ризик утворення тромбів під час та після хірургічних операцій.

Генетична модифікація організмів у природі

Людина не може вважатися першовідкривачем технології рекомбінантних ДНК. Такі процеси є дуже давніми і поширеними серед живих організмів. Віруси уражають усі групи живих організмів й інколи випадково переносять гени від одних видів до інших. Цей процес має назву **горизонтального перенесення генів**. Він відіграє важливу роль в еволюції.

Першими перенесення генів почали використовувати бактерії. Цей процес у них відомий як *трансдукція* — перенесення бактеріальних генів іншим бактеріям за допомогою бактеріофагів. Трансдукція є одним з основних механізмів обміну генами в прокариотів. Існує вона не менш ніж три мільярди років.

Історія еукаріотів теж не обійшлася без цієї технології. Походження цитоскелета, без якого неможлива життєдіяльність усіх еукаріотів (у тому числі людини), теж пов'язують із горизонтальним перенесенням генів від бактерій за допомогою вірусів. Але процес триває й нині. Нещодавні дослідження виявили обмін геном між рисом та просом, і людина не мала до цього жодного стосунку. Також було виявлено перенесення генів від паразитичної бактерії вольбахії до геному її хазяїв — комах і червів. А в однієї з груп коловерток горизонтальне перенесення генів узагалі замінило статевий процес.

В еволюції людини такі перенесення генів також траплялися неодноразово. Докладний аналіз свідчить про те, що 1 % геному людини — це гени вірусів. Але в більшості випадків вони є генетичним сміттям, оскільки були знешкоджені системами захисту нашого геному. А деякі з цих «сторонніх» генів стали для нас конче необхідними. Саме гени ретровірусів, убудовані в наш геном, забезпечують роботу плаценти й дозволяють нам (як і іншим ссавцям) виношувати дитину в організмі матері.



Ключова ідея

Генетично модифіковані організми створені людиною штучно. Але принципи цього процесу широко використовуються у природі і мають велике значення для еволюції живих організмів.



Запитання та завдання

1. Чи потрапляли в процесі еволюції гени інших організмів до геному людини? **2.** Які морально-етичні проблеми може спричинити використання ГМО?

§ 77. Біотехнологія



Поміркуйте

У яких давніх процесах виробництва продуктів харчування задіяні мікроорганізми? До яких систематичних груп ці організми належать?



Згадайте

- Штам
- Поживне середовище
- Культура клітин
- Продукти харчування

Що таке біотехнологія

Біотехнологія — це сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин із використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ. Сам термін «біотехнологія» з'явився в 70-ті роки ХХ ст. Але насправді біотехнологічні принципи людина розробила вже давно. Низка продуктів харчування вироблялися за допомогою мікроорганізмів ще в Давньому Єгипті.

Сучасна біотехнологія широко використовується у виробництві різноманітних продуктів. Також біотехнологію використовують для захисту навколишнього середовища і в межах концепції раціонального природокористування. Її досягнення, такі як уже знайомі вам клітинна та генетична інженерія, часто використовують у наукових дослідженнях. Велике значення біотехнологічні методи мають у сучасній медицині. Завдяки їм було досягнуто великих успіхів у репродуктивній медицині та трансплантології.

Традиційні напрями сучасної біотехнології

Традиційні галузі застосування мікроорганізмів наразі розширюються. За допомогою мікроорганізмів отримують низку лікарських препаратів. Уся лимонна кислота, яка продається в наших магазинах, вироблена мікроорганізмами. Таким самим способом одержують і натрій глутамат, який є підсилувачем смаку й широко застосовується як харчова добавка.

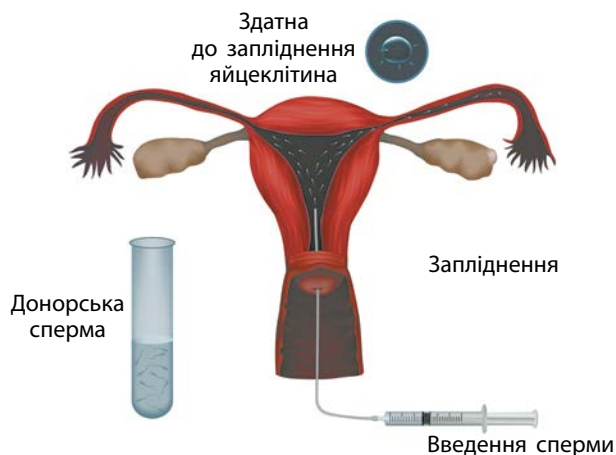
Живі організми використовують і як засоби боротьби зі шкідниками та хворобами рослин. Використання природних збудників захворювань шкідників є набагато безпечнішим, ніж обробка отрутохімікатами. Хоча цей метод має свої недоліки — повільну дію, наприклад. І ще одна новітня галузь — виробництво ферментів для побутової хімії. Щоразу, коли ви купуєте, скажімо, пральний порошок із ферментами, ви користуєтеся продуктами біотехнології.

Ще один напрям біотехнології — вирішення екологічних проблем. У багатьох випадках проблему забруднення навколишнього середовища можна вирішити завдяки діяльності живих організмів. Бактерії та гриби є чудовими біодеструкторами, які мають потужні ферментні системи, здатні руйнувати різноманітні продукти людської діяльності. Їх застосування має значні перспективи, наприклад, в очищенні ґрунтів і води від нафтопродуктів. А на сьогодні одним із ключових елементів очищення побутових стоків є їх обробка за допомогою мікроорганізмів (так зване біоочищення).

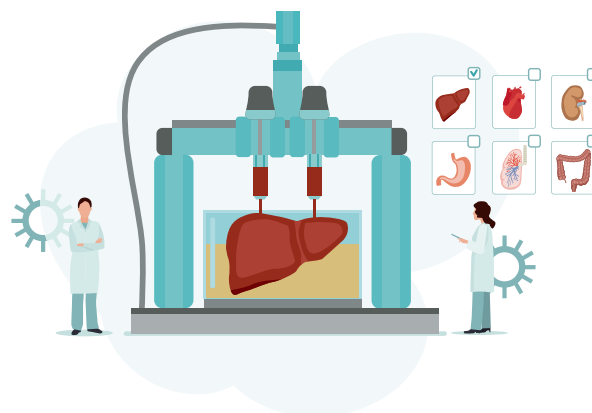
Крім мікроорганізмів, значну роль у процесах очищення стоків та відновлення порушених ґрунтів відіграють рослини. Вони здатні розкладати або вилучати з води та ґрунтів багато різних забруднюючих речовин. Подібні способи очищення мають ще й економічні переваги. Їх застосування дозволяє суттєво зменшити поточні витрати на роботу систем очищення.

На сьогодні дуже актуальними проблемами для людства є переробка відходів, забезпечення населення енергією і запобігання тепловому забрудненню середовища. І всі ці проблеми можуть бути вирішені за допомогою біотехнології. Одним із найбільш небезпечних парникових газів є метан. А основні джерела метану на нашій планеті — це звалища і велика рогата худоба, у шлунку якої живуть метанобактерії.

Переробка сміття на звалищах за допомогою мікроорганізмів із подальшим використанням виробленого метану дає можливість



Мал. 77.1. Схема штучного запліднення



Мал. 77.2. 3D-принтинг органів людини

вирішити одразу три проблеми. По-перше, вона зменшує викиди парникового газу і запобігає глобальному потеплінню. По-друге, метан є чудовим паливом і гарним джерелом енергії. По-третє, ця технологія дозволяє переробляти велику кількість сміття і перешкоджає забрудненню навколишнього середовища.

Біотехнології в медицині

Біотехнологічні методи широко використовуються в таких галузях медицини, як репродуктивна медицина і трансплантологія. *Репродуктивна медицина* займається профілактикою, діагностикою та лікуванням безпліддя в людини. Вона базується на використанні найновіших розробок з ендокринології, хірургії, генетичної інженерії та інших галузей. Добре відпрацьованими і популярними технологіями репродуктивної медицини є технології штучного запліднення — екстракорпоральне (поза організмом жінки) та інтракорпоральне (в організмі жінки) запліднення (мал. 77.1).

Трансплантація — це пересадка реципієнту органа або тканини, які були взяті з організму донора. Пересаджані органи

й тканини називають *трансплантатами*. Основною проблемою трансплантації є подолання імунного бар'єру. Будь-які чужі органи й тканини імунна система організму розпізнає й починає атакувати, намагаючись знищити чужорідні клітини. Це стає причиною загибелі й відторгнення трансплантатів. Для попередження цього процесу лікарям доводиться пригнічувати в пацієнта роботу імунної системи за допомогою спеціальних препаратів.

Одним із найбільш перспективних напрямів трансплантології є *3D-принтинг* органів (мал. 77.2). Ця технологія заснована на створенні з живих клітин тривимірних моделей органів на штучній основі. У ній використовується система 3D-друку. Перевага цього методу в тому, що можна використовувати штучно культивовані клітини самого пацієнта. У такому випадку зникає проблема імунного конфлікту з трансплантатом.

Зараз таку технологію вже почали комерційно використовувати для вирощування шкіри, кровоносних судин, серця та деяких окремих тканин. Поки що основні успіхи було досягнуто у створенні окремих тканин. Друк цілих органів перебуває на стадії відпрацювання технології.



Ключова ідея

Сучасна біотехнологія є потужним інструментом як у галузі наукових досліджень, так і в галузі виробництва продуктів харчування, ліків, побутової хімії. Також вона дозволяє ефективно захищати сільськогосподарські культури без застосування хімічних засобів.



Запитання та завдання

1. Які переваги і недоліки мають методи біотехнології у випадку їх застосування для охорони довкілля? **2.** Чому застосування мікроорганізмів для синтезу лимонної кислоти є вигіднішим, ніж її хімічний синтез?

Основні положення теми «Селекція та біотехнологія»

Основними завданнями селекції є:

- виведення сортів рослин із високою врожайністю
- виведення порід тварин із високою продуктивністю
- виведення стійких до захворювань та дії несприятливих факторів форм рослин і тварин
- забезпечення адаптації сортів і порід до умов сучасного сільськогосподарського виробництва
- зниження витрат на вирощування рослин і тварин

Методи селекції

- Масовий добір
- Індивідуальний добір
- Створення чистих ліній
- Гібридизація
- Віддалена гібридизація
- Генетична модифікація організмів
- Клонування
- Споріднене схрещування (інбридинг)
- Неспоріднене схрещування (аутбридинг)
- Метод швидкого мікроклонального розмноження
- Отримання гібридів

Гетерозис — це явище, за якого перше покоління гібридів, одержаних у результаті неспорідненого схрещування, має цілу низку цінних показників, за якими воно значно перевершує обох своїх батьків.

Типи схрещувань

Моногібридне

Дигібридне

Полігібридне

Аналізуюче схрещування — це схрещування особи із невідомим генотипом з особою, гомозиготною за рецесивними алелями всіх досліджуваних генів.

Методи розведення тварин

Чистопородне

Схрещування

Гібридизація

Центри походження культурних рослин

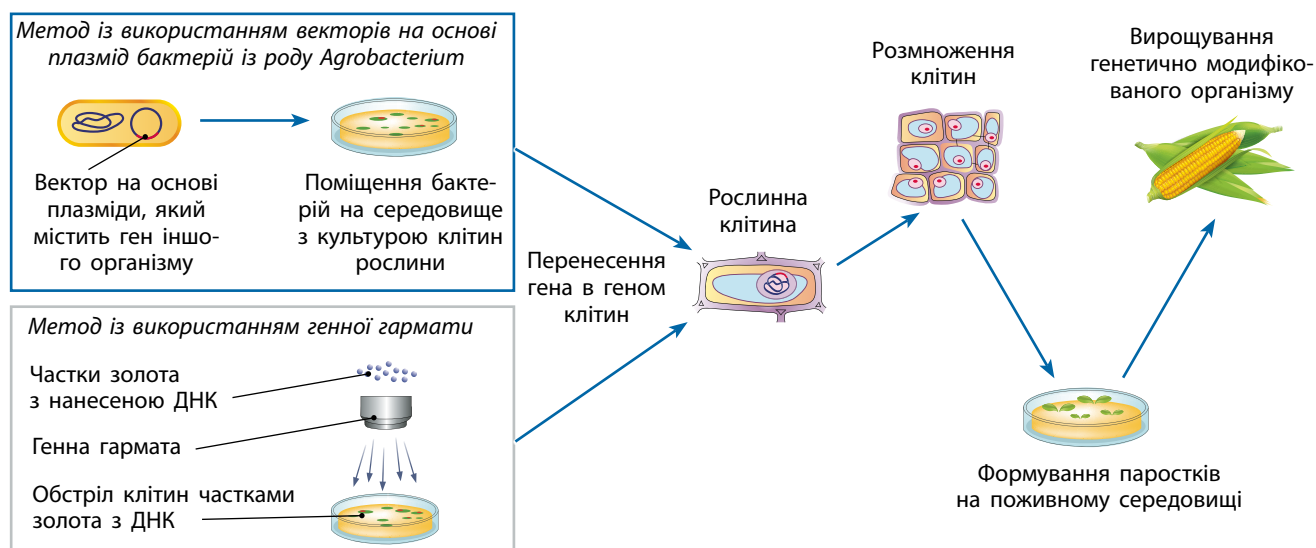
Назва центру	Рослини, які походять з цього центру
Східноазійський	Просо, соя, мандарин, ліщина, волоський горіх
Індо-малайський	Банан, кокосова пальма, помаранча, чорний перець, рис
Індійський	Баклажан, лимон, манго, гречка, огірок
Середньоазійський	Диня, цибуля городня, часник, конопля
Передньоазійський («Родючий півмісяць»)	Пшениця, полба, жито, ячмінь, горох, слива, груша, фінікова пальма, льон, інжир
Середземноморський	Оливкове дерево, виноград, гірчиця, капуста, морква, буряк, кріп
Ефіопський	Сорго, кава, кавун, кола, кунжут
Центральноамериканський	Кукурудза, какао, батат, соняшник, тютюн
Південноамериканський	Картопля, помідор, арахіс, ананас, гевея

Сучасні біотехнології

Клітинна інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах.

Генетична (генна) інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології виділення генів з організмів і окремих клітин, їх видозмінення й уведення в інші клітини або організми.

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК.



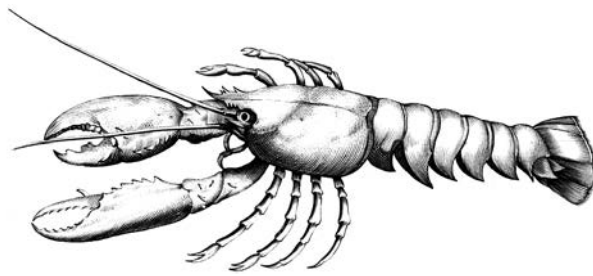
Галузі застосування сучасної біотехнології

- Виробництво харчових продуктів
- Виробництво засобів побутової хімії
- Репродуктивна медицина
- Генна терапія
- Боротьба зі шкідниками та хворобами рослин
- Виробництво лікарських препаратів
- Селекція
- Трансплантологія
- Наукові дослідження

Принципи біоетики:

- Принцип автономії (індивід має право розпоряджатися своїм здоров'ям)
- Принцип «не зашкодь» (вимагає мінімізації шкоди за медичного втручання)
- Принцип блага (лікар зобов'язаний виконувати дії, спрямовані на покращення стану пацієнта)
- Принцип справедливості (вимагає рівного ставлення до всіх пацієнтів і рівного доступу до ресурсів для медичної допомоги)

Тема 9. Екологія



§ 78. Предмет і завдання екології



Поміркуйте

Як ви вважаєте, де в житті можна застосовувати екологічні знання?



Згадайте

- Навколишнє середовище, екологія
- Популяція, екосистема, біосфера

Визначення, об'єкт, предмет і завдання екології

Екологія — наука про взаємодію живих організмів та їхніх угруповань одне з одним і з навколишнім середовищем.

Об'єктами вивчення екології є біологічні системи надорганізмового рівня — популяції, екосистеми й біосфера в цілому.

Предметом вивчення екології є взаємодія організмів один з одним і з навколишнім середовищем.

На *популяційному рівні* екологія вивчає характеристики популяцій (наприклад, просторову структуру) і характер взаємозв'язків між особинами (наприклад, внутрішньовидову конкуренцію). На *рівні екосистем* велике значення мають міжвидові трофічні зв'язки (трофічні ланцюги), за допомогою яких відбувається перенесення поживних речовин та енергії в екосистемі. На *рівні біосфери* вивчають процеси планетарного масштабу, такі як колообіг речовин, асиміляція сонячної енергії, продукція органічної речовини.

На сьогодні екологія вийшла за межі біології й перетворилася на міждисциплінарну науку, що присвячена *взаємодіям людини з навколишнім середовищем*, та охоплює питання *охорони природного середовища*.

Основними завданнями екології є:

- вивчення взаємодії організмів із факторами навколишнього середовища та їх впливу на середовище проживання;

- вивчення організації та функціонування біологічних угруповань (популяцій, екосистем, біосфери);

- розробка основ раціонального природокористування.

Етапи розвитку екології

Перший етап — зародження екології. До середини XIX ст. відбувалося поступове накопичення даних про взаємозв'язки живих організмів із середовищем їх проживання. Ще відомий природознавець К. Лінней (1707–1778) підкреслював провідне значення кліматичних чинників.

Термін «біосфера» увів австрійський геолог Е. Зюсс (1875). Значний вплив на розвиток екологічної науки здійснив усесвітньо відомий науковець-зоолог Ж. Б. Ламарк (1744–1829), який вважав, що найважливішою причиною пристосувальних змін організмів є вплив умов навколишнього середовища. І, звісно ж, чималий внесок у становлення екології мала теорія природного добору визначного вченого Ч. Дарвіна (1859). Засновником екології ж вважається німецький біолог Е. Геккель, який 1866 року вперше вжив термін «екологія».

На *другому етапі* (середина XIX — середина XX ст.) відбулося виокремлення екології в самостійну галузь знань. Засновником популяційної екології вважається англійський вчений Ч. Елтон. Він у своїй монографії вперше використав поняття екологічної ніші, обґрунтував правило екологічних пірамід, сформулював принципи популяційної екології (1927).

1926 року вийшла праця видатного українського вченого В. І. Вернадського «Біосфера», де було висвітлено величезну роль живих організмів у геохімічних процесах Землі. У 30-ті роки XX століття сформувалися напрямки екології популяцій та екосистем. Зокрема, були запропоновані математичні моделі чи-



Біоекологія		
Аутекологія	Демекологія, або популяційна екологія	Синекологія, або екологія угруповань
Досліджує індивідуальні зв'язки окремого організму або виду із середовищем. Предметом вивчення може бути харчування, розмноження, міграції, місце проживання, роль особини (виду) в середовищі проживання	Розглядає взаємозв'язки між організмами в межах популяції. Досліджує умови, у яких формується популяція. Вивчає внутрішньопопуляційні угруповання, динаміку чисельності популяції	Вивчає угруповання організмів та їх взаємозв'язки в екосистемах. Оперує такими поняттями, як «угруповання», «екосистема», «екологічна ніша» тощо

сельності популяцій (В. Вольтерра, А. Лотка, Г. Гаузе). Поняття «екосистема» було введено 1935 року англійським ботаніком А. Тенслі.

Третій етап розвитку екології розпочався в другій половині ХХ ст., коли стали помітними зміни в навколишньому середовищі, такі як забруднення води, повітря, зникнення лісів, вимирання рідкісних видів тварин і рослин. Ці зміни були наслідком швидкого розвитку промисловості й приросту населення. Стало зрозуміло, що діяльність людини не лише завдає шкоди довкіллю, але й загрожує існуванню самого людства. Так екологія перетворилася на комплексну науку, яка вивчає також проблеми охорони навколишнього середовища.

Структурні підрозділи екології

У наш час екологію поділяють на декілька наукових дисциплін.

Біоекологія є базовою екологічною наукою, що вивчає закономірності взаємозв'язків організмів та умов середовища.

Геоекологія розглядає зв'язок біосферних та геологічних процесів, участь геологічних чинників у виникненні й еволюції життя на Землі.

Прикладна екологія вивчає механізми руйнування біосфери людиною й способи запобігання цьому процесу, а також розробляє принципи раціонального використання природних ресурсів.



Ключова ідея

Екологія вивчає взаємодію організмів один з одним і з навколишнім середовищем на рівні популяцій, екосистем і всієї біосфери. Розділами біоекології є аутекологія (взаємодія «особина — середовище»), демекологія (взаємозв'язки особин в угрупованні) і синекологія (зв'язки в екосистемах).

Екологічні рухи

У ХХ столітті у світі почали поширюватися екологічні рухи, спрямовані на захист навколишнього середовища. Найбільш відомими *міжнародними неурядовими організаціями* є Міжнародний союз охорони природи (IUCN), Всесвітній фонд дикої природи (WWF), Всесвітнє товариство захисту тварин (WSPA), Грінпіс. Їхня діяльність спрямована на виявлення та вирішення глобальних і регіональних екологічних проблем.

У більш ніж 90 країнах світу існують *Зелені партії і політичні рухи*; їх об'єднує міжнародна мережа Глобальні Зелені. Вони закликають до соціальних реформ стосовно охорони навколишнього середовища, захисту екологічних і пов'язаних із ними соціальних прав громадян.

В окремих країнах і їхніх регіонах існують добровільні *об'єднання громадян і громадських організацій*, метою яких є вирішення місцевих екологічних проблем і контроль за дотриманням природоохоронних законів. В Україні велика увага приділяється створенню природоохоронних територій, охороні річок, боротьбі з браконьєрством. Екологічне мислення популяризується — відбуваються екологічні акції (наприклад, кампанії на захист первоцвітів або проти утримання дельфінів у неволі), виходять друком книги екологічного спрямування.



Запитання та завдання

1. Який розділ екології вивчає щільність популяції? трофічні зв'язки між видами? колообіг речовин?
2. Які, на ваш погляд, положення теорії походження видів Ч. Дарвіна стосуються екології?
3. Як екологія пов'язана з географією?
4. З'ясуйте, які екологічні організації існують у вашій області і яка мета їхньої діяльності.

§ 79. Методи екологічних досліджень



Поміркуйте

- Чим експеримент відрізняється від спостереження?



Згадайте

- Моніторинг, моделювання

Зв'язок екології з іншими науками

В основу екології покладено тісний зв'язок із природничими науками — біологією, географією, геологією, ґрунтознавством. Наприклад, взаємодію організмів із хімічними компонентами середовища вивчають фізіологія та біохімія. Ефект впливу середовища на організми оцінюється за конкретними біологічними ознаками, визначити які можна за допомогою анатомії, ембріології, гістології, цитології. В екологічному моніторингу можуть використовуватися об'єкти зоології, ботаніки, мікробіології.

Разом із тим, в екології широко застосовуються методи математики, фізики й хімії — для моделювання екологічних процесів, дослідження динаміки популяцій, вивчення колообігу речовин, моніторингу стану навколишнього середовища.

Знання, здобуті шляхом екологічних досліджень, застосовують в охороні природи (відновлення чисельності видів, регуляція промислу, очищення промислових відходів),



Мал. 79.1. Польові спостереження

медицині (розробка нормативів граничного вмісту шкідливих речовин), економіці (раціональне природокористування, ресурсозбереження, зміна технологій, відмова від особливо небезпечних виробництв).

Методологія екологічних досліджень

В екології використовуються стандартні методи наукового дослідження: **спостереження, експеримент і моделювання**. Власні методи екології можна поділити на дві групи: польові й лабораторні. *Польові методи* дозволяють вивчати живі організми в природному середовищі. Так можна з'ясувати тип взаємодії видів із середовищем, зрозуміти взаємозв'язки між організмами, вивчити дію зовнішніх факторів. Як *лабораторними* зазвичай користуються методами хімії, фізіології, анатомії, біохімії. Особливо популярні хімічні методи. Їх застосування дає змогу визначити якісний стан навколишнього середовища — води, ґрунту, повітря.

Польові спостереження

У польових спостереженнях екологи передусім з'ясовують наявність об'єкта спостереження (мал. 79.1). Наприклад, присутність тих чи інших видів, їхніх екологічних підгруп, чинників середовища. Складають карти поширення й інвентаризаційні списки досліджуваних об'єктів. Проте основою екологічних досліджень є кількісна оцінка об'єктів і процесів. Відбувається облік чисельності організмів на досліджуваній території, оцінюються плідність, захворюваність, забруднення середовища та інші показники. За зміною цих показників можна зробити висновок про стабільність об'єкта або ж виявити швидкість і напрямок змін.

Екологічний моніторинг

Екологічний моніторинг — це тривале (як правило, багаторічне) спостереження за природними об'єктами або екологічними процесами. Спостереження за наявністю видів, їхнім станом і чисельністю називається *біологічним моніторингом*. Спостереження



Приклади біоіндикації

Забруднення	Біоіндикатори
Засолення ґрунту	Пожовтіння листків липи з країв ще до настання осені. Підвищення концентрації проліну в листках каштана. Опадання листя в лип і каштанів
Хронічне задимлення SO ₂	Зниження співвідношення хлорофілу <i>a</i> до хлорофілу <i>b</i> в ялини. Побуріння хвоїнок ялиці й сосни. Почервоніння листків у листяних дерев. Опадання листя в агрусу й смородини
Забруднення важкими металами	Накопичення ртуті в пір'ї птахів. Накопичення свинцю в листках тису
Підвищена концентрація озону	Сріблясте забарвлення листків тютюну, плямисті точкові некрози на них

за загальним станом природного середовища й зміною екологічних факторів називається *моніторингом навколишнього середовища*. Спостереження за загальносвітовими процесами та явищами в біосфері Землі називається *біосферним (глобальним) моніторингом*.

Зазвичай, моніторинг поєднує польові й лабораторні методи досліджень. Окрім біологічних, використовують фізичні, хімічні, географічні та навіть космічні методи, приміром, зондування зі штучних супутників. Моніторинг часто здійснюють задля контролю за забрудненням ґрунту, водного й повітряного середовища різними відходами, накопиченням важких металів, хімічних речовин, радіонуклідів, потраплянням їх у харчові ланцюги.

Завданнями моніторингу є оцінка й прогноз стану природного середовища. Тобто це не

просто спостереження за біосферою, а й передбачення небажаних наслідків утручання людини в природу. Відомості, отримані в результаті моніторингу, спрямовують на розробку заходів щодо охорони досліджуваних об'єктів.

Біоіндикація

Якість навколишнього середовища можна визначити методами біоіндикації. **Біоіндикація** — це оцінка стану середовища за допомогою біологічних об'єктів. Для біоіндикації використовують особливо чутливі до зміни середовища біологічні види. Стан навколишнього середовища оцінюють за наявністю або відсутністю видів-індикаторів, їхньою морфологією, поведінкою, чисельністю, видовою різноманітністю угруповань та ін.

Моделювання

Моделювання — це дослідження не самого об'єкта, а його моделі, що відповідає властивостям реального об'єкта. Моделювання використовують тоді, коли дослідження власне об'єкта є неможливим, вимагає забагато коштів або часу, приміром, під час дослідження екосистем. За допомогою комп'ютерного моделювання отримали, наприклад, закономірності в системі «хижак — жертва», зробили прогнози чисельності популяцій і стійкості екосистем.



Дізнайтеся більше

В Україні багаторічний екологічний моніторинг здійснюють у зоні відчуження навколо Чорнобильської АЕС. До моніторингу належить контроль радіаційного забруднення ґрунту, атмосфери, водойм, оцінка стану рослинного й тваринного світу. За результатами моніторингу роблять прогноз — як поширюватиметься той чи інший радіоактивний елемент у навколишньому середовищі, і, виходячи з цього, розробляють стратегію захисту.



Ключова ідея

Оцінка і прогноз стану природного середовища відбувається на підставі польових спостережень, біоіндикації, екологічного моніторингу й моделювання. Екологічний моніторинг — це тривале спостереження за природними об'єктами або процесами. Біоіндикація — це оцінка стану середовища за допомогою біологічних об'єктів.



Запитання та завдання

1. Як ви вважаєте, чи потрібні математичні знання в екології? Поясніть свою відповідь.
2. Що таке біологічний моніторинг? Як його здійснюють?
3. Запропонуйте схему моніторингу природних популяцій кабана.
4. Як можна використовувати лишайники у дослідженнях, що здійснюють за допомогою біоіндикації?

§ 80. Екологічні фактори



Поміркуйте

Які чинники впливають на біорізноманітність живих організмів?



Згадайте

- Місце проживання, середовище проживання

Класифікація екологічних факторів

Екологічні фактори — це умови середовища проживання, які впливають на живі організми. Екологічними факторами можуть бути, наприклад, освітленість, температура, доступність кисню, наявність сполук певних елементів і води.

За природою екологічні фактори поділяють на абіотичні, біотичні й антропогенні. **Абіотичні фактори** — це чинники неживої природи, які прямо або опосередковано впливають на живі організми. **Біотичні фактори** — це вплив на організм інших живих організмів. **Антропогенні фактори** — діяльність людини, що прямо впливає на живі організми або змінює їхнє середовище проживання.

Екологічні фактори поділяють також на ресурси й умови. **Ресурси** — це елементи середовища проживання, які організм споживає (їжа, вода, кисень, вуглекислий газ). Їх кількість у результаті взаємодії з організмом може зменшуватися. **Умови** — це елементи середовища проживання, які організм не споживає (температура, освітленість, атмосферний тиск).

Класифікація екологічних факторів

Фактори	Приклади
Абіотичні	
Хімічні	Кислотність середовища, газовий склад повітря, концентрація солей у воді
Фізичні	Інтенсивність сонячного випромінювання, магнітні поля, радіоактивність, шум

Закінчення таблиці

Фактори	Приклади
Кліматичні	Середньорічна температура, вологість, сила вітру
Едафічні	Склад ґрунту, його повітропроникність і кислотність
Гідрографічні	Густина води, швидкість течії, прозорість води
Орографічні	Особливості рельєфу, висота над рівнем моря
Біотичні	
Мікробіогенні	Вплив мікроорганізмів (вірусів, бактерій, найпростіших)
Мікогенні	Вплив грибів
Фітогенні	Вплив рослин
Зоогенні	Вплив тварин
Антропогенні	
Прямий антропогенний вплив	Безпосередній вплив людини (полювання, промисел, вирубування лісу, осушення боліт, розорювання земель, розведення й охорона тварин, інтродукція (введення) видів на нові місця проживання)
Непрямий антропогенний вплив	Опосередкований вплив людини (забруднення навколишнього середовища, руйнування місць проживання)

Вплив біотичних факторів

Біотичні фактори поділяють на внутрішньовидові й міжвидові.

Внутрішньовидові фактори — це вплив на організм особин цього ж виду. До них належать, наприклад, суперництво за лідерство в зграї, конкуренція за їжу, а також взаємодопомога й співробітництво, турбота батьків про потомство.

Міжвидові фактори — це вплив на організм особин інших видів. До типів міжвидової взаємодії належать *протокооперація, мутуалізм, коменсалізм, конкуренція, паразитизм, хижацтво, аменсалізм, нейтралізм*.



Форми співіснування організмів

Тип взаємодії	Характеристика	Приклади
Конкуренція	Боротьба за ті самі умови навколишнього середовища між різними видами (<i>міжвидова конкуренція</i>) або всередині одного виду (<i>внутрішньовидова конкуренція</i>)	<i>Міжвидова конкуренція</i> за харчові ресурси (качка й чайка, бур'яни й культурні рослини), за освітленість (дерева в лісі) <i>Внутрішньовидова конкуренція</i> між самцями через самку (леви, морські слони, павичі), змагання за лідерство в групі (шимпанзе, вовки)
Аменсалізм	Діяльність одного виду (<i>інгібітора</i>) призводить до пригнічення інших видів (<i>аменсалів</i>)	Виділення рослинами речовин, що пригнічують ріст інших рослинних видів (сфагнові мохи на болотах витісняють квіткові рослини, ялина витісняє інші рослини)
Нейтралізм	Різні види організмів мають різні екологічні потреби й не взаємодіють один з одним	Проживання в одному лісі кабанів і білок, які не перетинаються в просторі й не конкурують за їжу
Протокооперація	Співробітництво різних видів приносить їм обом користь, але разом із тим не є обов'язковим	Зв'язок раків-пустельників і актиній дає ракам захист від хижаків, а для актиній збільшує простір для полювання
Мутуалізм	Обидва види отримують взаємну користь	Квіткові рослини та їхні запилювачі, бульбочкові бактерії та бобові рослини, ссавці та бактерії кишечника
Коменсалізм	Один із партнерів одержує користь, не завдаючи шкоди іншому	Дерево й лишайник, що живе на ньому, риби-причепаки й акули, поширення спор і насіння рослин за допомогою тварин
Хижацтво	Один організм (<i>хижак</i>) поїдає інший (<i>жертву</i>)	Павуки — комахи, хижі птахи — гризуни, вовки й лисиці — дрібні ссавці й птахи, хижі рослини — комахи
Паразитизм	Організми одного виду живуть за рахунок поживних речовин іншого виду	Гриби-трутовики на деревах, кровосисні паразити (комарі, кліщі, блохи, воші), гніздові паразити (зозуля), іржасті гриби на злаках, паразитичні черви в травній системі

Дізнайтеся більше



Улітку 2013 року на річці Сіверський Донець було зафіксовано масове розростання екзотичної акваріумної рослини — пістії (водяного салату), яка в нормі зростає в тропіках. Тобто відбулася антропогенна інтродукція (введення) акваріумної культури в природу.

Пістія надзвичайно швидко розмножилася, захопивши нові ділянки річки вниз за течією (за кілька місяців просунувшись на сотню кілометрів) і повністю вкривши поверхню водою. Інші рослини нею конкурентно витіснялися; водойми заболочувалися. Зміни

середовища проживання призвели до загибелі риби. Зарості заважали судноплавству. Екологічні служби здійснювали постійний моніторинг і побоювалися, що такими темпами пістія за одне літо досягне річки Дон.

Однак узимку через низьку температуру (абіотичний екологічний фактор) більша частина заростей загинула. Та попри це пістія вдало перезимувала й збереглася в теплих стічних водах електростанції в селищі Есхар Харківської області (техногенний фактор).

Ключова ідея

Екологічні фактори поділяють на абіотичні, біотичні й антропогенні. Формами біотичних відносин є протокооперація, мутуалізм, коменсалізм, конкуренція, паразитизм, хижацтво, аменсалізм, нейтралізм.



1. Які екологічні умови та екологічні ресурси необхідні для яблуні? дощового черв'яка? дріжджових грибів?
2. Розкажіть, які біотичні фактори середовища впливають на лося.
3. Опишіть наслідки (позитивні й негативні) дії антропогенного фактора на бур'яни.
4. Чому види-інтродуценти (наприклад, колорадський жук) часто мають перевагу перед місцевими видами?

§ 81. Основні закони факторіальної екології



Поміркуйте

Чому ареал коали обмежений лише вузькою зоною прибережних районів на сході й півдні Австралії і більше вона ніде не трапляється?



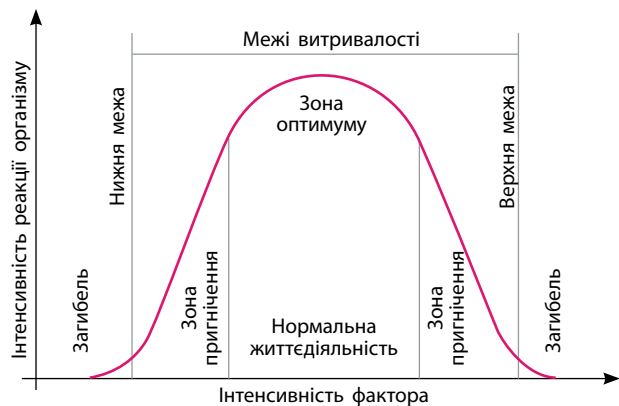
Згадайте

- Адаптація
- Біотичні й абіотичні фактори середовища

Закон толерантності Шелфорда й закон мінімуму Лібіха

Кожний живий організм зазнає дії великої кількості екологічних факторів. Відповідні реакції на ці фактори в різних біологічних видів відрізняються, але мають загальні закономірності, які називаються *екологічними законами*.

Відповідно до **закону мінімуму Лібіха**, *успіх життєдіяльності організму залежить від того екологічного фактора, який перебуває в мінімумі*. Цей закон був сформульований німецьким хіміком Юстусом фон Лібіхом ще 1840 року. Американський зоолог Віктор Шелфорд 1913 року указав, що обмежувати життєздатність можуть фактори, представлені не тільки в мінімумі, але й у максимумі. **Закон толерантності Шелфорда:** *будь-який живий організм має верхню й нижню межі витривалості (толрантності) до будь-якого екологічного фактора*.



Мал. 81.1. Крива толерантності (графічне зображення закону оптимуму)

Закон оптимуму

Між мінімумом і максимумом існує діапазон значень фактора, у якому організм може існувати. Цей діапазон називається **діапазоном толерантності (витривалості)**. Він описується **законом оптимуму**: *будь-який екологічний фактор позитивно впливає на живі організми лише в певних межах*.

Графічно закон оптимуму зображують у вигляді кривої толерантності (мал. 81.1). Інтенсивність дії екологічного фактора, найбільш сприятлива для життєдіяльності організму, називається **екологічним оптимумом**. Інтенсивність екологічного фактора, за якої життєдіяльність організму суттєво пригнічується, називається **песимумом**. Мінімально й максимально можливі значення фактора називаються **критичними точками**; за їхніми межами існування організму неможливе.

Лімітуючі фактори

У природному середовищі проживання на організм одночасно діє безліч екологічних факторів. Навіть якщо лише один із цих факторів виходить за межі своїх критичних значень, то особинам загрожує смерть попри оптимальну комбінацію інших факторів. Наприклад, якщо не поливати кімнатні рослини, то вони загинуть, незважаючи на гарне освітлення й родючий ґрунт.

Таким чином, найбільш значущим для виживання виявляється той екологічний фактор, який максимально відхиляється від свого оптимуму. Такий фактор називається **лімітуючим**, або **обмежуючим**.

Для тварин лімітуючими факторами часто стають температура середовища й доступність їжі, для рослин — наявність світла, води й інших неорганічних сполук.

Якщо рівень одного фактора виходить за межі толерантності, то звужується діапазон витривалості й до інших факторів. Наприклад, за умови низького вмісту Нітрогену в ґрунті знижується посухостійкість злаків; голодна тварина стає більш уразливою для хижаків і чутливою до холоду.



Мал. 81.2. Мешканці припливно-відпливних зон океану витримують значні коливання температури, вологості й солоності



Мал. 81.3. Гірські горили, які перебувають під загрозою зникнення, мають дуже вузький ареал у високогір'ях Центральної Африки

Екологічна валентність видів

Межі толерантності для конкретних факторів середовища є дуже різними для різних біологічних видів. У природі існують як вузькоспеціалізовані види, так і види, стійкі до зміни умов. Здатність організмів жити й розвиватися в широкому діапазоні умов середовища має назву **екологічна валентність**, або **екологічна толерантність**.

Організми з широким діапазоном толерантності, які здатні витримувати значні зміни навколишнього середовища, називаються **еврибіонтами**. Наприклад, це тварини й рослини, які живуть в умовах континентального клімату, витримують значні сезонні коливання температури, вологості, освітленості та інших природних факторів. До таких видів належать дуб, сосна, вовк, миша, горобець та багато інших мешканців помірних широт. Також сильні перепади довколишніх умов впливають на жителів зони морських припливів (мал. 81.2).

Організми з вузьким діапазоном толерантності, які здатні існувати лише за сталих умов навколишнього середовища, називаються **стенобіонтами**. Стенобіонтними є багато мешканців океанічних глибин, печер, високогір'їв (мал. 81.3). Типовими стенобіонтами є внутрішні паразити, такі як

стьожкові черви. Вони здатні існувати тільки в організмі конкретного виду-хазяїна, за сталої температури й кислотності. Вузька харчова спеціалізація визначає стенобіонтність коали (листя евкаліпта) і різних видів колібрі (нектар певних рослин).

Вузька спеціалізація стенобіонтів обмежує їх розселення, тоді як еврибіонтність, навпаки, сприяє поширенню видів.

Залежно від фактора середовища види можуть називати *стенотермними* й *евритермними* (фактор — температура), *стеногалінними* й *евригалінними* (солоність), *стенофагами* й *еврифагами* (види їжі).

ПР

Практична робота

Визначення оптимального та песимального значення екологічного фактора, зони толерантності та проведення порівняння екологічної валентності модельних видів

1. Побудуйте криві екологічної толерантності для людини відносно факторів: температура середовища, концентрація CO_2 , концентрація O_2 . Відзначте оптимуми, песимуми, критичні точки та діапазони толерантності.
2. Порівняйте екологічну валентність горили й людини.

З

Запитання та завдання

1. Уміст фосфору в ґрунті, де вирощують рослини, становить 10 % від норми, а кальцію — 50 % від норми. Що є лімітуючим фактором? Який тип добрив необхідно внести в ґрунт у першу чергу?
2. Що обмежує поширення рослин углиб океану?
3. Опишіть екологічні лімітуючі фактори, що перешкоджають життю людини в Антарктиді; на вершині Гімалаїв; на Марсі.



Ключова ідея

Організм може існувати в певному діапазоні значень екологічного фактора — діапазоні толерантності. Організми з широким діапазоном толерантності називаються еврибіонтними, а з вузьким діапазоном — стенобіонтними.

§ 82. Адаптація до впливу екологічних факторів



Поміркуйте

Як передається енергія між організмами в екосистемі?



Згадайте

- Норма реакції
- Модифікаційна мінливість
- Спадкова мінливість

Фізіологічні адаптації

Існує декілька рівнів адаптації організмів до екологічних факторів, що діють на них. Пристосування виникають на рівні окремого організму, біологічного виду або ж цілої біосистеми.

Адаптації *на рівні організму* виникають під час різкої зміни звичних умов середовища. Наприклад, під дією яскравих сонячних променів на шкірі з'являється засмага як захисна реакція від пошкодження жорстким ультрафіолетовим випромінюванням. У разі підвищення температури повітря посилюється транспірація в рослин. Під час зміни клімату відбувається звикання до нових умов — акліматизація.

Адаптації такого типу належать до **фізіологічних адаптацій**. Це пристосування фізіолого-біохімічних особливостей організму до впливу зовнішніх факторів, які діють у процесі їх індивідуального розвитку — онтогенезу.

Фізіологічні адаптації мають індивідуальний характер: реакції різних особин різняться між собою. Наприклад, засмага на сонці з'являється в усіх людей, однак хтось засмагає сильніше, а хтось злегка.

Фізіологічні адаптації розвиваються швидко та є оборотними. Вони проявляються як модифікаційна мінливість і виникають на основі вже існуючих морфологічних, фізіологічних та біохімічних особливостей організму.

Зміни під час фізіологічних адаптацій ніколи не виходять за межі норми реакції. Навіть найсильніша засмага в європейців не може зрівнятися з кольором шкіри корінних

жителів Африки. Це відбувається тому, що відмінності в кольорі шкіри населення Європи та Африки є результатом не фізіологічної, а *еволюційної* адаптації.

Еволюційні адаптації

Еволюційні адаптації — це генетично закріплені морфологічні, фізіологічні й біохімічні особливості організмів, які виникають на рівні популяцій або біологічних видів у ході їхньої еволюції.

Такі адаптації виникають під дією природного добору. Вони формуються довго, протягом низки поколінь. Під тиском зовнішніх факторів поступово відбувається добір особин із найбільш пристосованими генотипами, у результаті чого в генофондах популяцій або видів закріплюються набори генів, відповідальних за пристосувальні особливості.

Еволюційні адаптації утворюються саме до тих умов, у яких вони формувалися. Наприклад, рослини пустель пристосувалися до дефіциту води: вони ефективно запасують її в тканинах, знижують транспірацію за рахунок морфологічних змін листків. Корінні жителі високогір'їв, де повітря значно розріджене, мають спадкоємні адаптації до низької концентрації кисню: у них велика грудна клітка, збільшений об'єм легень, підвищена кількість еритроцитів у крові.

Еволюційні адаптації є груповими: вони однакові в усіх особин популяції або виду. Саме еволюційні адаптації визначають межі модифікаційної мінливості й норму реакції.

Адаптації на рівні біосистем

На одній території мешкає велика кількість різних видів, адаптованих до тих самих абіотичних умов. Окрім того, види вибудовують певні взаємозв'язки один з одним. Так формується біосистема. Показником адаптованості біосистеми до певного середовища є ефективність її функціонування в цьому середовищі. Адаптованість біосистеми поділяють на енергетичну, ресурсну й інформаційну.

Енергетична адаптованість — це відповідність кількості енергії, що надходить до біосистеми, витратам на її функціонування.



Дізнайтеся більше

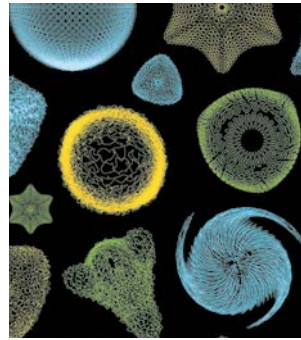
Показовим прикладом речовинної адаптованості є амінокислотний склад білків. Відомо, що в природі трапляється близько 500 видів амінокислот, однак до складу білків входять лише 20. Уважається, що ці 20 амінокислот були найпоширенішими й найдоступнішими в навколишньому середовищі на перших етапах формування життя. Тому вони ввійшли до складу білків і закріпилися в генетичному коді.

Як ви вже знаєте, у біологічних системах передача енергії відбувається разом із речовиною по трофічних ланцюгах: поглинута їжа джерелом енергії для кожного наступного організму. Перша ланка в цьому ланцюзі — рослини. *Загальна кількість енергії, яка може циркулювати в біосистемі, залежить від того, скільки сонячної енергії було перетворено автотрофами на органічну речовину в процесі фотосинтезу.*

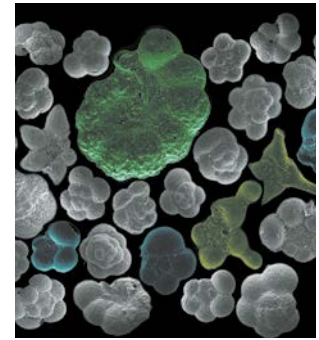
Тобто енергія будь-якої біосистеми залежить від маси зелених рослин (або ціанобактерій) та інтенсивності їхнього фотосинтезу. Очевидно, що енергетичний баланс біосистеми залежить від кліматичної зони. Найбільш біологічно бідними зонами на Землі є пустельна й арктична. Кількість доступної енергії, яку використовують біосистеми цих зон, у край мала. Один зі способів адаптації організмів, які там живуть, — зменшення енерговитрат на основний обмін. Наприклад, тварини знижують добову активність, впадають у сплячку або анабіоз.

Речовинна адаптованість — це відповідність характеру біохімічних процесів біосистеми тим хімічним ресурсам, які доступні в навколишньому середовищі. Цей вид адаптованості реалізується за рахунок збалансованості раціону й ефективності використання речовин (мал. 82.1).

Наприклад, в умовах посушливого клімату організми насамперед підтримують водний баланс. Кожний вид використовує для



Радіолярії



Форамініфери

Мал. 82.1. Для утворення свого скелету морські одноклітинні використовують доступні для них речовини: наприклад, радіолярії — сполуки Силіцію, а форамініфери — сполуки Кальцію

цього власні еволюційно вироблені механізми: зменшення транспірації, виділення дуже концентрованої сечі тощо.

Інформаційна адаптованість — це ефективне використання інформаційних потоків для забезпечення функціонування біосистеми.

У будь-якому середовищі в організмів розвиваються ті сенсорні системи, які оптимально відповідають сигналам певного середовища. Наприклад, комунікація найдрібніших водяних організмів ґрунтується на *хеморецепції* — сприйнятті хімічних сигналів, які створюються добре розчинними у воді речовинами. У наземному середовищі набагато більшого значення має *фоторецепція*. Зокрема, реакція на освітленість є глобальним регулятором річних циклів (*фотоперіодизму*) у переважної більшості живих організмів.

Складне, мінливе навколишнє середовище, активний спосіб життя передбачають розвиток у тваринних органів рецепції й ускладнення інформаційних сигналів. Життя у великих організованих групах найбільше сприяє розвитку сигналів комунікації.



Запитання та завдання

1. Складіть порівняльну таблицю. Запишіть в один стовпчик фізіологічні, а в інший — еволюційні адаптації: а) рослин до посухи; б) людини до хронічної нестачі кисню (гіпоксії). **2.** Якими можуть бути фізіологічні адаптації до холодного клімату? **3.** Поясніть, чому органічний світ дуже бідний: а) в арктичному поясі; б) у пустелях. **4.** Чи здатні рослини до інформаційної адаптованості?



Ключова ідея

Адаптації організмів до екологічних факторів можуть бути фізіологічними (індивідуальними, у межах модифікаційної мінливості) та еволюційними (груповими як результат покоління добору). Адапованість цілих біосистем поділяють на енергетичну, ресурсну й інформаційну.

§ 83. Екологічна ніша



Поміркуйте

Жирафи й зебри — рослиноїдні копитні африканських саван. Як вони уникають конкуренції за їжу?



Згадайте

- Місце проживання
- Географічний критерій виду
- Екологічний критерій виду

Поняття екологічної ніші

Екологічна ніша — це сукупність усіх факторів середовища (абіотичних і біотичних), у межах яких можливе існування виду в природі. Поняття екологічної ніші дуже широке. До нього належать:

- особливості фізичного простору, де трапляється певний вид;
- пристосованість виду до абіотичних факторів;
- роль виду в угрупованні та його взаємозв'язки з іншими видами.

Розподіл екологічних ніш між видами відбувається за рахунок приуроченості різних видів:

- до різних місць проживання (*просторова*, або *топічна*, ніша);
- різної їжі (*трофічна* ніша);
- різного часу використання того самого місця проживання (*часова* ніша).

Просторова (топічна) ніша

Просторові характеристики екологічної ніші виду залежать від особливостей місця проживання, а саме від географічного положення, клімату, рельєфу, доступності деяких ресурсів (світла, води, укриттів, будівельного матеріалу тощо).

На різних континентах трапляються дуже схожі місця проживання, наприклад широколистяні ліси в Європі та Північній Америці, пустелі в Азії, Африці й Австралії. У таких, схожих за умовами, але географічно віддалених, куточках земної кулі можна побачити подібні за морфологією, однак споріднено далекі види тварин і рослин. Наприклад, відкриті луки й степи з дрібними заростями чагарнику є екологічними нішами для травоїдних тварин, які швидко бігають. Але в степах Євразії це коні, у саванах Африки — антилопи, у Північній Америці — бізони, а в Австралії — кенгуру.

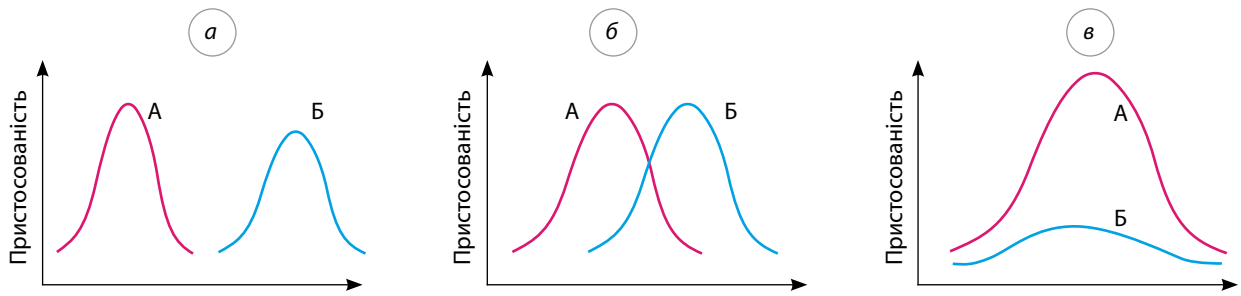
Трофічна ніша

Трофічна ніша виду визначається особливостями його харчування, водночас різні види можуть займати те саме місце проживання. Наприклад, і лось, і білка мешкають у змішаному лісі, але мають різні екологічні ніші. Білка живе в кронах дерев і харчується насінням та плодами, а от лось живиться зеленими рослинами підпокровного простору.

Ще більш тонкий поділ трофічних ніш на тому самому місці проживання спостерігається в близькоспоріднених видів. Прикладом



Мал. 83.1. Копитні ссавці в африканських саванах використовують різний пасовищний корм



Мал. 83.2. Приклади можливих взаємодій екологічних ніш видів А і В

є харчова спеціалізація травоїдних копитних в африканських саванах (мал. 83.1). Жирафи об'їдають листя дерев на висоті 5–6 м, антилопи дик-дики їдять молоде листя з невеликих чагарників, антилопи гну харчуються злаками, зебри обривають верхівки високих трав, газелі вискубують найнижчі трави.

Часова ніша

Часова ніша визначається добовою, річною й сезонною активністю виду. Різні види проявляють схожі функції в різний час доби або в різні сезони. Наприклад, на одному місці проживання існують денні й нічні хижаки. У межах однієї водойми періоди розмноження різних безхребетних тварин настають у різний час.

Ширина екологічної ніші

Важливою характеристикою виду є **ширина екологічної ніші**. Це відносний параметр, який оцінюють шляхом порівняння з нішами інших видів. Наприклад, гусінь шовковичного шовкопряда, яка харчується тільки листям шовковиці, має більш вузьку харчову нішу, ніж гусінь непарного шовкопряда, яка харчується листям майже всіх листяних порід.

Існують види з широкими й вузькими екологічними нішами. Приміром, сірий шур займає широку трофічну нішу: він усеїдний, харчується різноманітними кормами як рослинного, так і тваринного походження. На противагу йому сумчастий ссавець коала хар-

чується лише листям п'яти видів евкаліптів, що ростуть в Австралії. Цей вид має дуже вузьку харчову нішу, яка обмежує його географічне поширення.

Вузька екологічна ніша не завжди відповідає вузькому поширенню виду. Наприклад, бактерія кишкова паличка має вузьку екологічну нішу: вона живе тільки в кишечнику людини, але в той же час трапляється на всіх континентах і в усіх кліматичних зонах, де живуть люди.

Перекивання екологічних ніш

Коли два організми різних видів використовують одні й ті самі ресурси, їхні ніші перекиваються. Перекивання може бути повним або частковим, за одним або кількома параметрами (вид їжі, рівень освітленості тощо).

Якщо екологічні ніші двох видів значно відрізняються одна від одної, то види, що їх населяють, не конкурують один з одним (мал. 83.2, а).

Якщо екологічні ніші частково перекиваються (мал. 83.2, б), то спільне існування видів стає можливим завдяки специфічним пристосуванням кожного виду, як у випадку з копитними саван. Чим сильніше перекиваються ніші, тим сильнішою стає конкуренція між видами.

Якщо екологічна ніша одного виду містить у собі екологічну нішу іншого (мал. 83.2, в), то виникає інтенсивна конкуренція, і сильний конкурент може витіснити суперника.

! Ключова ідея

Екологічна ніша — це сукупність усіх факторів середовища, у межах яких можливе існування виду. Чим сильніше перекиваються ніші різних видів, тим сильніше ці види конкурують один з одним.

≡ Запитання та завдання

1. Поясніть, чому поняття «екологічна ніша» і «місце проживання» різні.
2. Які організми — еврибіонтні чи стенобіонтні — мають більш широкі екологічні ніші?
3. Як співвідносяться екологічні ніші горобців і голубів у межах міста?

§ 84. Заповнення екологічних ніш

? Поміркуйте

Припустімо, один із двох видів програв міжвидову конкуренцію за екологічну нішу. Як він може існувати далі?

← Згадайте

- Просторова, трофічна й часова екологічні ніші
- Міжвидова конкуренція

Правило обов'язкового заповнення екологічної ніші

Час від часу в різних місцях проживання виникають вільні ділянки, і з'являються незайняті екологічні ніші. Це може відбуватися з різних причин, наприклад, через повне винищення виду хижаком, спустошення лісу після пожежі, загибель мешканців водойми після скидання стічних вод.

Але екологічна ніша не може бути порожньою. Якщо екологічна ніша порожніє в результаті зникнення якогось виду, то відразу виникає інший вид, який її заповнює. Таке заміщення підтримує структуру біологічного угруповання. Адже випадіння навіть однієї ланки із системи взаємозв'язків може призвести до зникнення всього угруповання.

Екологічне дублювання

Заповнення звільненої екологічної ніші іншим видом, здатним виконувати в угру-

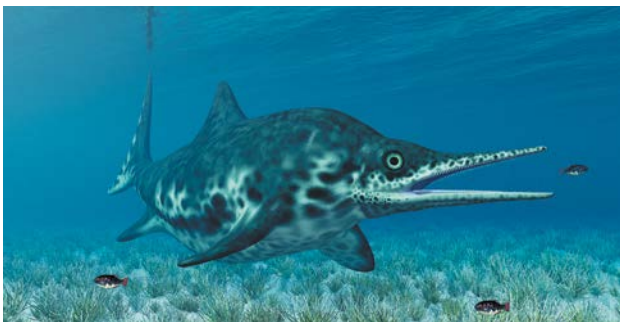


Мал. 84.2. Австралійські поштові марки із зображеннями сумчастого вовка й собаки динго. Екологічне дублювання: нічний хижак в Австралії

пованні ті самі функції, що й зниклий вид, називається **екологічним дублюванням**. Вид, який заміщає, не обов'язково є спорідненим зі зниклим. Нерідко він належить до віддаленого таксона.

Масове екологічне дублювання відбулося після вимирання динозаврів у мезозойську еру близько 66 млн років тому: екологічні ніші, що звільнилися, були зайняті рибами, ссавцями і птахами (мал. 84.1).

Сучасним прикладом екологічного дублювання може бути захоплення екологічної ніші австралійського сумчастого вовка. Цей нічний одиночний хижак був винищений через полювання в першій половині ХХ ст. Зараз схожу екологічну нішу в Австралії займає інший вид — дикий собака динго, який заселив континент разом із першими поселенцями (мал. 84.2). Але нова ніша має деякі відмінності: динго ведуть поодинокий спосіб життя, але можуть полювати у зграї.



Іхтіозавр



Дельфін

Мал. 84.1. Екологічне дублювання: ніша великого швидкого морського хижака

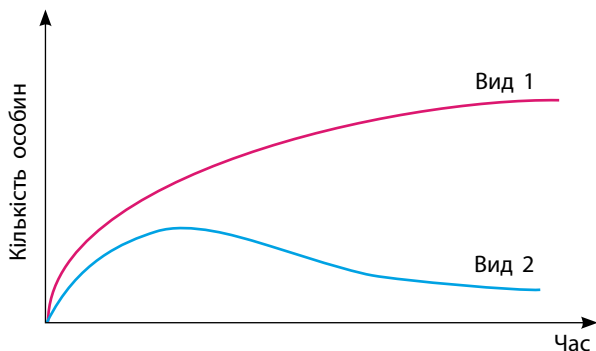


Принцип конкурентного виключення

Як ви вже знаєте з матеріалу попереднього параграфа, якщо екологічні ніші двох видів суттєво перекриваються, то види значною мірою конкурують один з одним. Це явище демонструє **принцип конкурентного витіснення Гаузе**: *два види не можуть займати абсолютно однакові екологічні ніші*; у такому разі між видами виникають конкурентні взаємозв'язки, які призводять до витіснення одного виду іншим або до зміни ним екологічної ніші.

Георгій Гаузе сформулював цей принцип 1932 року, вивчаючи конкуренцію між двома видами інфузорій із подібними вимогами до середовища. У разі утримання кожного виду окремо чисельність інфузорій збільшувалася до максимально можливої. А от під час спільного їх перебування чисельність одного виду збільшувалася швидше й пригнічувала ріст чисельності іншого виду (мал. 84.3).

Принцип Гаузе виявився важливим екологічним узагальненням. Він показав, що для співіснування видів у конкурентних угрупованнях необхідні відмінності між їхніми екологічними нішами.



Мал. 84.3. Чисельність двох видів бактерій у разі спільного утримання: вид 1 пригнічує ріст чисельності виду 2



Ключова ідея

Звільнена екологічна ніша не залишається порожньою, а відразу ж заповнюється іншим видом, що виконує в угрупованні ті самі функції. Два види з однаковими екологічними нішами не можуть населяти одне місце проживання; за такої умови один із них витісняється або змінює нішу. Конкуренція є потужним еволюційним фактором, що призводить до екологічної диверсифікації видів.

Екологічна диверсифікація

Згідно з принципом конкурентного витіснення Гаузе, вид, що програє міжвидову конкуренцію, може змінити екологічну нішу. Це вигідно для обох видів, оскільки за такої умови не витрачаються ресурси на конкуренцію. Пристосовуючись до нових ніш, види еволюціонують, але вже в іншому напрямку.

Поділ екологічних ніш у результаті міжвидової конкуренції має назву **екологічна диверсифікація**.

Екологічна диверсифікація між видами, які живуть разом, здійснюється, як правило, за типом їжі, розміщенням у просторі або зрушенням активності в часі. Для значного ослаблення конкуренції достатньо відмінностей навіть за одним із цих параметрів.

Екологічна диверсифікація за типом їжі добре відображена на прикладі з копитними ссавцями африканських саван (див. мал. 83.1, с. 174). Відмінності в просторовому розміщенні можна простежити на прикладі сірого й чорного щурів: один вид живе в підвалах, інший — на горищах. Поділ ніш часто пов'язаний із розподілом активності видів у часі. Наприклад, комахоїдні ластівки й кажани активні в різний час доби.



Практична робота

Аналіз розподілу населення людини на планеті, встановлення справедливості (несправедливості) законів факторіальної екології для людини

1. Розгляньте і порівняйте мапи щільності населення і розподілу температури на Землі (наприклад, <https://uk.wikipedia.org/wiki/Клімат>, https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_країн_за_густотою_населення).
2. Зробіть висновок, чи діє закон екологічного оптимуму для людини, якщо оптимальна температура +20-25°C, нижня межа оптимуму +15°C, верхня межа оптимуму +28°C.



Запитання та завдання

1. Поясніть, чому для існування біологічного угруповання дуже важливим є заповнення звільнених екологічних ніш.
2. Чому різні види не можуть займати ту саму екологічну нішу?
3. Чому міжвидова конкуренція є потужним еволюційним фактором?
4. Чи може екологічна диверсифікація спричинити утворення нових видів?

§ 85. Популяції. Статичні параметри популяцій



Поміркуйте

Поясніть, чому популяція може стійко й довгостроково існувати, лише якщо вона численна.



Згадайте

- Генофонд
- Внутрішньовидові відносини

Поняття популяції

У природі кожний вид існує як комплекс внутрішньовидових угруповань — популяцій. **Популяція** — це група особин одного виду, які протягом низки поколінь населяють певну територію й утворюють відносно ізольовану генетичну систему.

Отже, окрема популяція відносно ізольована від інших популяцій того самого виду. Часто ця *ізоляція* визначається природними перешкодами місця проживання — гірськими хребтами, межами водойм, лісів, луків тощо, а іноді — просто відстанню, на яку особини здатні переміститися протягом життя. Очевидно, що така відстань буде більшою в китів і меншою в равликів.

Через ізоляцію особини схрещуються в межах однієї популяції набагато частіше, ніж із представниками інших популяцій. Це означає, що популяції утворюють свою генетичну систему й формують свій особливий *генофонд*.

Чим же різняться генофонди різних популяцій? Насамперед, наборами генів, необхідних для адаптації до певного місця проживання. Розглянемо, наприклад, популяції людини. Жителі високогірних районів Анд і Гімалаїв мають адаптації до низького вмісту кисню; ескімоси пристосовані до холоду й відсутності рослинної їжі; населення тропічної Африки має генетичні пристосування до малярії.

Очевидно, що адаптації закріплюються в генофонді популяцій із часом — популяції довго, протягом багатьох поколінь, мешкають на певній території, перш ніж природний добір повністю адаптує їх до місцевих умов.

Оскільки генофонди різних популяцій формуються окремо від одного, згодом вони починають значно різнитися. Це може спричинити навіть утворення нових видів. Тобто *популяція* — це *найменша одиниця еволюції*.

Структура популяцій

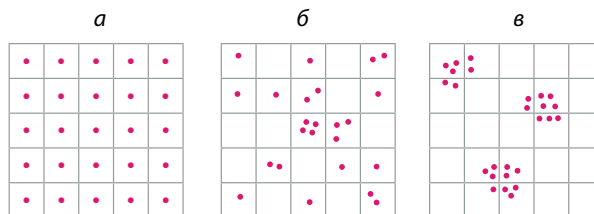
Зазвичай особини в популяції розподілені нерівномірно. У складі популяцій виокремлюють більш дрібні угруповання (*субпопуляційні групи*): родини, зграї, сімейні групи, колонії, деми тощо. До того ж вирізняють просторову, вікову, статеву, генетичну й етологічну структури популяції.

Просторова структура популяції — це розподіл особин або їх угруповань у межах популяційного ареалу (мал. 85.1).

Вікова структура популяції відображає співвідношення молодих і старих особин. Це важлива характеристика популяції, оскільки вона визначає потенціал популяції до самовідтворення. Чим більшою є частка молодих особин, тим більше потомства буде утворено. У популяціях, що скорочуються, переважають старі особини, які не можуть інтенсивно розмножуватися.

Статеву структуру популяції — це співвідношення особин за статтю. Велике значення для росту чисельності популяції має частка особин жіночої статі, здатних розмножуватися. Статеву й вікову структури популяцій, як правило, подають у вигляді статево-вікових пірамід.

Генетична структура популяції відображена в особливостях популяційного *генофонду*. Це набір генних варіантів, характерний для конкретної популяції, що й забезпечує її пристосованість до конкретних умов проживання.



Мал. 85.1. Типи просторового розподілу особин у популяції: рівномірне (а), випадкове (б), групове (в)



Види етологічної структури популяцій у тварин

Етологічна структура	Характеристика	Приклади
Одиночний спосіб життя	Особини популяції незалежні й відособлені одна від одної	Жужелиці, тигри, кішки
Родинний спосіб життя	Існують міцні зв'язки між батьками та їхнім потомством, виражена турбота про потомство	Лелеки, бобри
Колонія	Групові поселення тварин, які існують довгостроково або утворюються на період розмноження	Чайки, пінгвіни
Зграя	Тимчасове об'єднання тварин, які діють узгоджено з певною метою	Зграї перелітної сарани; вовчі зграї, утворені для полювання; зграї риб, утворені для захисту
Стадо	Постійне об'єднання тварин із лідером або ватажком	Північні олені, слони, павіани, горили

Етологічна структура популяції — це система взаємозв'язків між особинами популяції.

Етологічна структура популяції визначає дуже важливі особливості виду. Наприклад, для одиночних тварин характерна яскраво виражена територіальна поведінка. Разом із тим характер спілкування у зграї більш інтенсивний, ніж за умови одиночного способу життя; відповідно, у зграйних видів більш розвинені способи передачі інформації. Тип взаємозв'язків визначає також і способи добування їжі: зграйне полювання дає змогу переслідувати більшу жертву, ніж це можливо для одиночного хижака.

Чисельність популяції

Популяція може стійко й довгостроково існувати, тільки якщо вона численна. Адже маленькі групи особин можуть раптово зникнути через епідемії або природні катастрофи. До того ж тільки у великих групах генетичного матеріалу достатньо для природного добору.

Чисельність популяції — це загальна кількість особин у популяції. Наприклад, популяція лосів в Україні налічує від 2 до 6 тис. особин, популяція зубрів у Біловезькій

Пуці — близько 2 тис. особин, а популяція азійського лева — усього приблизно 70 особин.

Чисельність популяції має величезне еволюційне значення, адже від неї залежить виживання виду. Тут більш важливою є **репродуктивна чисельність** — кількість особин, здатних залишити потомство, тобто зробити внесок у генофонд наступного покоління.

Іноді неможливо оцінити загальну чисельність популяції. Справді, як порахувати кількість окунів у водоймі або дощових черв'яків у городі? У такому випадку визначається **щільність популяції** — чисельність або біомаса особин на одиниці площі або об'єму. Наприклад, 500 дерев на 1 га лісу. Користуючись щільністю, ми можемо відстежити зміни чисельності в часі, що важливо для екологічного моніторингу.

Чисельність популяції не буває сталою, вона весь час змінюється залежно від смертності й народжуваності. Зазвичай розміри популяції коливаються навколо деякої сталої величини, і ця величина залежить від ресурсів середовища проживання.

Запитання та завдання

1. Наведіть приклади біологічних видів із типами просторової структури популяцій, зображеними на мал. 85.1.
2. Чому статево-вікові піраміди України та Зимбабве настільки різняться? Порівняйте репродуктивні потенціали цих популяцій.
3. Чи можна назвати популяцією рослини на міській клумбі? Поясніть відповідь.
4. Який тип етологічної структури характерний для первісної людини? для сучасної людини?



Ключова ідея

Популяція — це відносно ізольована група особин одного виду, які стійко й еволюційно довго існують у певному місці проживання й генетично адаптовані до його умов. З рівня популяції починаються еволюційні процеси.

§ 86. Динамічні параметри популяцій. Екологічні стратегії



Поміркуйте

Чому декілька кроликів, завезених в Австралію, протягом дуже короткого періоду часу утворили популяцію, яка налічувала мільйони особин?



Згадайте

- Популяція
- Репродуктивна чисельність популяції
- Вікова структура популяції

Народжуваність і смертність

До основних динамічних (таких, що змінюються в часі) характеристик популяції належать народжуваність і смертність.

Народжуваність (b) — кількість особин (N), які з'явилися в популяції (народилися, вилупилися з яйця, проросли з насіння та ін.) за одиницю часу (t):

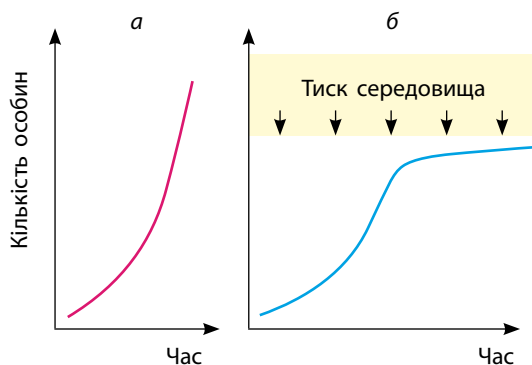
$$b = \frac{N}{t}$$

Смертність (d) — кількість особин, що загинули за певний проміжок часу:

$$d = \frac{N}{t}$$

Приріст популяції (a) — різниця між народжуваністю і смертністю: $a = b - d$.

Приріст популяції може бути як додатним, так і від'ємним.



Мал. 86.1. Криві росту популяції

Ріст популяції

Якщо народжуваність у популяції перевищує смертність, то популяція буде збільшуватися. Спочатку чисельність популяції різко збільшується (рис. 86.1, *a*). Рано чи пізно ріст уповільнюється, чисельність сягає максимально можливого значення, а потім залишається більш-менш сталою (мал. 86.1, *б*). Ця максимальна чисельність визначається **ємністю середовища**, тобто кількістю особин, потреби яких можуть бути задоволені ресурсами певного місця проживання (їжею, укриттям, водою тощо).

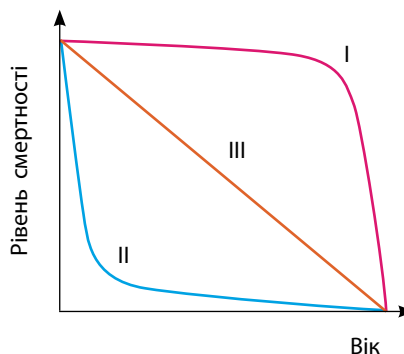
Криві виживання

Важливим чинником, що впливає на чисельність популяції, є **виживання** — частка особин, які збереглися в популяції за певний проміжок часу. Виживання (Z) розраховуються як відношення кількості особин, що вижили (n), до початкової кількості особин (N):

$$Z = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

Виживання залежить від багатьох причин: середньої тривалості життя, вікового й статевого складу популяції, дії чинників середовища (їжі, хижаків, паразитів, клімату та ін.).

Залежність кількості особин, які вижили, від часу демонструють **криві виживання**. Це графіки, на яких по осі абсцис відкладають вік, а по осі ординат — кількість (або відсоток) особин, які дожили до цього віку. Почат-



Мал. 86.2. Типи кривих виживання

кова точка на кривій виживання відповідає кількості новонароджених особин у популяції, а далі крива відображає, як у міру старіння знижується чисельність особин одного віку.

Розрізняють три основні типи кривих виживання (рис. 86.2).

Крива типу I властива організмам, смертність яких протягом більшої частини життя низька, а наприкінці різко збільшується. Подібні криві виживання спостерігаються в комах із коротким життєвим циклом, які масово гинуть після відкладання яєць; у великих хребетних, які мають мало природних ворогів; в однолітніх рослин, які на полі старіють одночасно. Така сама крива характерна і для людини, особливо в розвинених країнах із високим рівнем медичного обслуговування, де більшість людей доживає до старості.

Крива типу II характерна для організмів із дуже високою смертністю в ранній період життя. Так буває у видів, які виробляють величезну кількість ікринок, личинок, насінин і не турбуються про потомство: у риб (із мільйонів ікринок виживає 1–2 % мальків), багатьох безхребетних, більшості рослин (вирастає менш ніж 1 % сходів).

Крива типу III характерна для видів, у яких смертність протягом життя є сталою. Причини смертності випадкові, і особини гинуть до початку старіння. Багато видів птахів, ящірок, дрібних ссавців мають такий тип кривої виживання.

Екологічні стратегії популяцій

Для кожної популяції характерні свої показники народжуваності й смертності, періодичність розмноження, криві виживання й типи росту. Ці особливості становлять **екологічну стратегію популяції**. Екологічна стратегія спрямована на підвищення виживання й утворення потомства.



Ключова ідея

Метою екологічної стратегії популяції є збільшення чисельності. Під час *r*-стратегії утворюється численне дрібне потомство, яке масово гине в нестабільних умовах. Під час *K*-стратегії утворюється небагато великих нащадків із високою тривалістю життя. Залежність кількості особин, які вижили, від різних стадій життєвого циклу, зображують за допомогою кривих виживання.



Мал. 86.3. Риба-місяць може виметати до 300 млн ікринок, із яких виживають лічені одиниці

Розрізняють два основні типи екологічних стратегій. Їх умовно називають *r*-стратегія й *K*-стратегія.

Метою *r*-стратегії є збільшення чисельності популяції за короткий термін. Для *r*-стратегів характерне численне потомство, яке швидко досягає статевої зрілості. Нащадки мають дрібні розміри й коротку тривалість життя; їхня висока смертність компенсується високою плідністю (мал. 86.3). В основному *r*-стратегія є вигідною в середовищі з різкими й непередбачуваними змінами умов. Наприклад, мешканці калюжі, що пересихає, мають швидко розмножитися й вирости протягом короткого сприятливого періоду.

***K*-стратегія** спрямована на підвищення виживання популяції. Для *K*-стратегів характерна незначна кількість великих нащадків, турбота про потомство. Хоча популяції з *K*-стратегією повільно розмножуються, їхні особини більш конкурентоспроможні й живуть довше. Такі популяції населяють стабільні місця проживання.



Запитання та завдання

1. Чому популяція не може збільшувати свою чисельність нескінченно?
2. Розгляньте мал 86.2. Популяція якого типу — I чи II — потребує швидшого розмноження для підтримання стабільної чисельності?
3. Який тип кривої виживання й тип екологічної стратегії характерні для риби-місяця? для лелеки?
4. Чи можна сказати, що *K*-стратегія краща, ніж *r*-стратегія, і навпаки? Відповідь поясніть.
5. Які криві виживання відповідають популяціям людини?

§ 87. Екосистеми. Види екосистем



Поміркуйте

Біологічна система озера існує сама по собі й ефективно самопідтримується. Чому ж біологічна система акваріума вимагає постійного втручання людини в її життєдіяльність?



Згадайте

- Місце проживання
- Екологічні чинники

Поняття екосистеми

Екосистема — це природна або штучна система, що складається з угруповань живих організмів і середовища їхнього існування, між якими відбувається постійний обмін речовиною й енергією. Термін «екосистема» був запропонований 1935 року англійським ботаніком А. Тенслі.

Угруповання живих організмів екосистеми називають *біоценозом*, а абіотичне середовище їх проживання — *біотопом*. Разом біотоп і біоценоз утворюють *біогеоценоз*. Взаємозалежні між собою компоненти живої й неживої природи, об'єднані потоками речовини й енергії, утворюють *екосистему*.

Біоценози й біотопи

Основа кожної екосистеми становить її **біотоп**. Це ділянка суші (територія) або води (акваторія) з певною комбінацією екологічних умов — ландшафтом, типом ґрунтів, кліматом тощо. Поняття біотопу, по суті, дорівнює поняттю місця проживання. Біотоп — це відносно однорідне життєве середовище для певних видів рослин або тварин, які формують певний біоценоз.

Біоценоз — це стійке угруповання популяцій рослин, тварин, грибів і мікроорга-

нізмів, які спільно живуть на однорідній території або акваторії та пов'язані між собою з навколишнім середовищем. Складовими частинами біоценозу є *фітоценоз* (угруповання рослин), *зооценоз* (угруповання тварин), *мікоценоз* (угруповання грибів) і *мікробіоценоз* (угруповання мікроорганізмів).

Комплекс організмів біогеоценозу формується історично, у процесі боротьби за існування, природного добору й інших факторів еволюції. Масштаби біоценозів різні — від мікроугруповань на корі дерева або в калюжі до населення лісу, луку, озера. З дрібних угруповань складаються більші.

Види екосистем

Існує декілька класифікацій екологічних систем. Наприклад, за походженням екосистеми поділяють на *природні* і *штучні*. До природних екосистем належать ті комплекси, у яких колообіг речовин здійснюється без втручання людини (ліс, луг, степ, пустеля). Штучні (антропогенні) екосистеми створені людиною й здатні існувати лише за її підтримки (город, клумби, сільськогосподарське поле).

Екосистеми природного походження поділяються на *наземні*, *прісноводні* й *морські*.

Екосистеми можуть мати різний масштаб. І дрібний ставок, і луг на березі струмка, і причорноморські степи, і сибірська тайга — усе це приклади екосистем різного рівня. Найбільшою екосистемою на Землі є **біосфера** — сукупність усіх живих організмів планети та їхніх місць проживання.

Великі групи екосистем становлять **біоми**. **Біом** — це поєднання екосистем зі схожим типом рослинності, розташованих в одній природно-кліматичній зоні. На суші виділяють шість основних біомів: тундра, хвойні ліси, листопадні ліси, тропічні ліси, степ і пустеля (мал. 87.1).

Екосистеми природного походження

Наземні	Прісноводні	Морські
Тундра, хвойні ліси, широколистяні ліси, вічнозелені ліси, степи, пустелі	Екосистеми стоячих вод (болота, озера, ставки) і проточних вод (ріки, струмки)	Екосистеми узбереж (лимани, мангри), континентального шельфу, товщі води, морського дна, коралових рифів



Штучні й антропогенно змінені екосистеми

Існують екосистеми, створені людиною штучно як результат її хазяйської діяльності:

- у сільському господарстві — *агроекосистеми*;

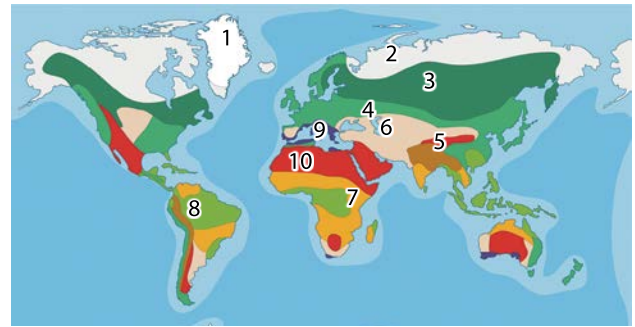
- у промисловості — *техноекосистеми*;

- у поселеннях — *урбаноекосистеми*.

На відміну від природних екосистем, штучні екосистеми не є самодостатніми й саморегульованими. Усі умови в них підтримуються ззовні, людиною. Якщо перестати регулювати умови, такі екосистеми швидко руйнуються.

Прикладом найпростішої штучної екосистеми є акваріум. Попри штучну комбінацію риб, молюсків і рослин, людина регулює харчування, освітлення, аерацію, очищення й інші чинники.

В агроекосистемах рослини ростуть за рахунок енергії Сонця, однак людина вносить



Мал. 87.1. Основні біоми Землі: 1 — полярна пустеля, 2 — тундра, 3 — тайга, 4 — широколистяні й мішані ліси, 5 — зони високої поясності, 6 — степ, 7 — савана, 8 — тропічні ліси, 9 — середземномор'я, 10 — пустеля

добрива, бореться зі шкідниками й порушує природний колообіг речовин, збираючи врожай. Агроценози характеризуються низькою видовою різноманітністю, бо основним компонентом таких екосистем є один вид рослин, що штучно підтримується людиною.

Характеристика основних наземних біомів

Біом	Абіотичні умови	Основні рослинні види	Основні тваринні види
Тундра	Дуже холодний клімат, коротке літо, вічна мерзлота, мало опадів	Мохи, лишайники, карликові чагарники	Північні олені, горностаї, пелі, ласки, полярні сови
Тайга	Довга холодна зима, рясні опади у вигляді снігу, безліч озер і боліт	Вічнозелені хвойні масиви ялиці, ялини, сосни й модрина	Лосі, борсуки, ведмеді, білки, соболі, росомахи, вовки, рисі, лисиці, норки
Широколистяні ліси	Значні сезонні коливання температур, рясні опади	Широколистяні дерева — бук, дуб, ясен, липа; численні чагарники й потужний трав'яний шар	Ведмеді, лосі, лисиці, рись, білки, землерийки, сови, дятли, дрозди, соколи
Вологі тропічні ліси	Теплі кліматичні умови, рясні опади	Вічнозелені дерева з великими листками, майже відсутні чагарники, велика кількість ліан	Тапіри, носороги, мавпи, лінивці, папуги, гоаціни, хамелеони, ігуани, гекони, деревні змії, терміти
Степи (прерії, савани, пампаси)	Сезонні коливання клімату, помірна кількість опадів	В основному, дернинні злаки	Бізони, антилопи, сайгаки, ховрахи, кролики, бабаки, вовки й гієни
Пустелі	Сухий клімат, різкі добові перепади температур	Кактуси й рідкостійні чагарники з великими кореневими системами	Ховрахи, тушканчики, антилопи, вовки

Ключова ідея

Екосистема містить угруповання живих організмів і середовище їх проживання, між якими відбувається постійний обмін речовиною й енергією. Екосистеми поділяються на природні й штучні, прісноводні, наземні й морські.

Запитання та завдання

1. Назвіть види водних екосистем України. **2.** Чим біом відрізняється від біоценозу? **3.** Які наземні біоми є на території України? Назвіть характерні види рослин і тварин для кожного з них. **4.** Схарактеризуйте город як екосистему (вид екосистеми, її компоненти, взаємозв'язки між організмами, стійкість).

§ 88. Просторова структура біоценозів



Поміркуйте

Чи пов'язане існування тварин, які населяють широколистяний ліс, із певними видами рослин?



Згадайте

- Біоценоз
- Екологічні чинники

Ярусність

Просторова структура біоценозу — закономірне розташування видів у біотопі як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Просторова структура біоценозу може бути схарактеризована вертикальною ярусністю й горизонтальною мозаїчністю.

Ярусність — це вертикальне розшарування біоценозів. Частина біоценозу, що займають різне положення відносно рівня ґрунту, називаються **ярусами**. Їх визначають як над поверхнею землі, так і під нею.

Особливо чітко ярусність виражена в рослинних угрупованнях. Вона формується, коли в біоценозі ростуть рослини різної висоти. У лісах вирізняють такі основні яруси:

- дерев;
- чагарників;
- трав'янистих рослин;
- мохів і лишайників.



Кожний ярус може поділятися на під'яруси. У широколистяному лісі зазвичай виділяють п'ять-шість ярусів (мал. 88.1). На деяких луках можна також виявити яруси — високо-, середньо- й низькотрав'я.

Головну роль у формуванні рослинних ярусів відіграє кількість світла. Верхні яруси займають світлолюбні рослини, нижче розташовуються тіньовитривалі, а біля землі зростають тіньолюбні види. Наприклад, до лісової підстилки доходить усього 2 % сонячного світла, тому на цьому ярусі можуть рости тільки рослини, пристосовані до низької освітленості.

Завдяки ярусному розташуванню рослини в угрупованні найбільш повно використовують природні умови (простір, світло, тепло). Ярусність послаблює конкуренцію між рослинами. Так вони краще уживаються в угрупованні, і в результаті збільшується кількість організмів на одиницю площі.

Кожний рослинний ярус заселяється певними видами тварин і мікроорганізмів. У першому ярусі мешкають комахи-листогризи — мешканці крон дерев; у другому — птахи та стовбурові шкідники (короїди, скрипуни, златки); у третьому й четвертому — копитні й хижі тварини, птахи, гризуни; п'ятий заселяють різні багатоніжки, жулики, джмелі, кліщі та інші дрібні тварини.

I

I — верхній ярус дерев (дуб, ясен, липа клен гостролистий)

II — нижній ярус дерев (клен польовий, черемха, горобина, яблуня лісова)

III

III — чагарниковий ярус (ліщина, жостір, бруслина, яловець, калина, бузина та ін.)

IV — трав'янистий ярус (яглиця, осока волосиста, чорниця, кропива, орляк)

V

V — приземний ярус (вербозілля лучне, копитняк європейський, зозулин льон)

VI

VI — лісова підстилка (лісовий опад)

Мал. 88.1. Яруси лісу



Мозаїчність

Мозаїчність — це неоднорідний горизонтальний розподіл видів у біоценозі. Наприклад, у лісовому біоценозі суттєво відрізняються одне від одного узлісся й галявина, ділянки із чагарником і суцільним моховим покривом. У біоценозах лу́гів можна виявити мікрогрупування бобових, злаків, складноцвітих.

Така мозаїчність зумовлена неоднорідністю рельєфу, ґрунтів, діяльністю людини (вирубання, розведення багать) або тварин (утворення мурашників, витоштування травостою копитними). Мозаїчність може виникнути під впливом життєдіяльності окремих видів рослин. Наприклад, у мішаних лісах ялинові ділянки дужче затінені й зволожені порівняно з ділянками широколистяних порід.

Як і ярусність, мозаїчність забезпечує більш повне використання простору й інших ресурсів середовища.

Еколого-ценотичні групи рослин

Комбінації видів у фітоценозах не випадкові. Вони зумовлені, по-перше, схожим напрямком адаптацій рослин до умов середовища, а по-друге, взаємним «приспосовуванням» рослин одна до одної.

Такі групи взаємозв'язаних рослинних видів, що залежать від місць проживання певного типу, схожих екологічних чинників того чи іншого біотопу, називаються **еколого-ценотичними групами**.

Прикладами таких груп можуть бути: група рослин широколистяних лісів лісостепу (байрачних дібров), група рослин степу, група рослин вологих лу́гів, група прибережно-водяних рослин тощо (мал. 88.2).

Консорції

Усередині біоценозів завжди існують угруповання організмів, які виникають на основі особливо тісних взаємозв'язків між видами.

До таких угруповань належать **консорції** — системи організмів, щільно об'єднаних



Мал. 88.2. Еколого-ценотична група прибережно-водяних рослин

у своїй життєдіяльності навколо одного певного виду в угрупованні. Центральним членом консорції зазвичай є рослинний вид. Наприклад, дуб, із яким тісно пов'язані представники інших видів, — мікроорганізми, гриби, лишайники, комахи, птахи (мал. 88.3). Популяцію рослини називають *ядром консорції*, інші організми — *консортами*. Ядром консорції можуть бути й тварини. Наприклад, одна особина може бути хазяїном цілого комплексу паразитів.



Мал. 88.3. Консорція дубу

Ключова ідея

Для біоценозу характерні вертикальна (ярусність) і горизонтальна (мозаїчність) структури, які забезпечують більш повне використання ресурсів середовища. Фітоценози складаються з рослин однієї еколого-ценотичної групи.

Запитання та завдання

1. Чи існує ярусність в агроценозах?
2. Чому мозаїчність може бути спричинена неоднорідністю ґрунтів?
3. Які види належать до еколого-ценотичної групи рослин степу на території України?
4. Опишіть склад і зв'язок організмів консорції, що утворилася навколо пня.

§ 89. Видова структура біоценозів

? Поміркуйте

Чи існують певні географічні закономірності в розподілі чисельності видів на території Землі?

← Згадайте

- Лімітуючі екологічні чинники
- Екологічний оптимум
- Екологічний песимум

Видова структура біоценозу охоплює всі види, які в ньому проживають. В одних біоценозах можуть переважати тваринні види (наприклад, біоценоз коралового рифу), в інших головну роль відіграють рослини (біоценоз хвойного або дубового лісу).

Видове багатство

Простим показником різноманітності біоценозу є **видове багатство** — загальна кількість видів у ньому. Чим вище видове багатство, тим стійкіше біоценоз.

Видове багатство в різних біоценозах різниться між собою й залежить від географічного положення. Чим ближче до екватора, тим багатший і різноманітніший біоценоз. Чим далі від тропіків у бік високих широт, тим біднішою стає флора й фауна. Наприклад, у дощових лісах басейну Амазонки на площі близько 1 га трапляється понад 90 видів дерев, а на півночі тайги — 2–5 видів.



Мал. 89.1. Багаті на види угруповання



Мал. 89.2. Арктична пустеля — найбідніший за кількістю видів біоценоз

Така закономірність пояснюється умовами абіотичного середовища. Там, де вони близькі до оптимальних, виникають надзвичайно багаті на види угруповання, наприклад тропічні ліси або коралові рифи (мал. 89.1). Найбіднішими за кількістю видів біоценозами є арктичні пустелі, де чинники середовища далеко відхиляються від оптимального для життя рівня (мал. 89.2). Невеликий видовий спектр і в тих біоценозах, які часто зазнають певних катастрофічних впливів, скажімо щорічного затоплення під час розливів річок.

Видове різноманіття біоценозів залежить також від тривалості їх існування. Молоді угруповання, що тільки формуються, мають менший набір видів, ніж ті, що склалися давно.

Видове різноманіття

Видове різноманіття — це показник, що враховує не тільки кількість видів у біоце-





нозі, але й кількісні співвідношення видів у ньому. Адже види в біоценозі можуть бути представлені по-різному: одні з них можуть нараховувати значну кількість особин, інші, навпаки, можуть бути дуже нечисленними.

Якщо певний вид рослини або тварини кількісно переважає в угрупованні, то такий вид називається **домінантом**, або **домінантним видом**. Домінантні види є в будь-якому біоценозі. Наприклад, у ялиннику це ялини, у діброві — дуби, у степах — ковила й типчак. Домінантні види визначають вигляд біоценозу. У кожному з них домінують і певні види тварин, грибів і мікроорганізмів.

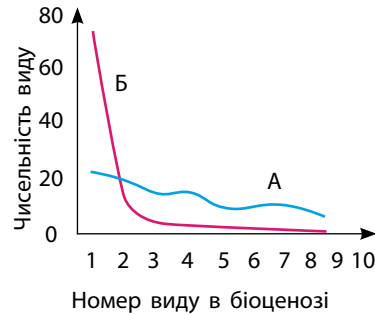
Відомо, що за сприятливих умов формуються багаті за кількістю видів біоценози, у яких не один, а багато домінантних видів (мал. 89.3, угруповання А). У найбільш багатих біоценозах практично всі види нечисленні. У таких угрупованнях не відбувається спалахів масового розмноження окремих видів, біоценози ризняться високою стабільністю.

В угрупованнях, які живуть в екстремальних умовах, видова різноманітність знижена, високу чисельність мають усього 1–2 види (мал. 89.3, угруповання Б). Чим більш специфічними є умови середовища, тим бідніший видовий склад угруповання й тим вищою може бути чисельність окремих видів.

Угруповання Б (мал. 89.3) має явно виражений вид-домінант. Порівняно з ним чисельність інших видів біоценозу суттєво нижча. Угруповання А, навпаки, характеризується найбільш рівномірним розподілом різних видів за чисельністю. Видова різноманітність буде вищою в біоценозі А.

Крім видів-домінантів, біоценоз включає також *субдомінантні, нечисленні і рідкісні види*. Іноді в біоценозі трапляються *випадкові види*, нетипові для певного біоценозу і представлені одиничними екземплярами.

Види, які суттєво впливають на організацію співтовариства, називаються *ключовими видами*. До ключових видів належать великі



Угруповання А — види представлені відносно рівномірно
Угруповання Б — домінує один вид
Кожне угруповання складається зі 100 особин, що належать до 10 видів

Мал. 89.3. Моделі угруповань із різною видовою різноманітністю

хижаки, наприклад вовки, оскільки вони регулюють чисельність популяцій травоядних. Бобри теж належать до ключових видів, оскільки завдяки своїм греблям вони створюють місця перебування для багатьох інших видів.

Зникнення єдиного ключового виду, навіть такого, який складає незначну частину біомаси угруповання, може спровокувати серію взаємопов'язаних зникнень інших видів. Наприклад, за відсутності вовків щільність травоядних може настільки збільшитися, що це призведе до руйнування рослинного покриву і зникнення пов'язаних із ним комах. У результаті екосистема деградує.

Видове багатство і різноманіття агроценозів

Агроценози, створені людиною (города, сади, поля), зазвичай бідніші видами в порівнянні з природними біоценозами (ліси, луки, степ), однак навіть до їхнього складу входять сотні видів організмів. В агроценоз пшеничного поля, крім пшениці, входять бур'яни, комахи, гризуни, птахи, земноводні, мешканці ґрунтів — безхребетні тварини, бактерії, патогенні грибки і багато інших видів. В агроценозах завжди добре виражений вид-домінант — це та культурна рослина, яку штучно вирощують.

Запитання та завдання

1. Які організми є домінантними в екосистемі коралового рифу?
2. Порівняйте видову різноманітність біоценозів А і Б на мал. 89.3. У якому біоценозі види за чисельністю розподілені більш рівномірно? У якому біоценозі наявний яскраво виражений домінантний вид?
3. Чи важливі для біоценозу види, що не є домінантними?

Ключова ідея

Показниками різноманітності біоценозу є видове багатство й видова різноманітність. Видове багатство — загальна кількість видів у біоценозі. Видова різноманітність — це показник, що враховує число видів у біоценозі та їхні кількісні співвідношення.

§ 90. Часові зміни в екосистемах



Поміркуйте

Чи ті самі види є доміантними в лісі взимку й улітку? Чи може відновитися ліс після його вирубки? Чи може озеро з часом перетворитися на болото? А болото на озеро?



Згадайте

- Видове багатство біоценозів
- Міжвидова конкуренція

Добові зміни

Екосистеми безперервно змінюються в часі. Змін зазнають різноманітність видів, співвідношення популяцій, активність організмів, структура взаємозв'язків. Одні види поступово відмирають або витісняються іншими. Зміни угруповань бувають циклічними (добовими, сезонними) і поступальними (сукцесія).

Види, з яких складається екосистема, біологічно активні в різний час доби: одні — вдень, інші — ввечері й уночі. У помірно-умоному кліматі в денні години панують комахи, птахи, деякі ссавці, у сутінковий і нічний час — нічні комахи (бражники, комарі), багато ссавців і птахи, такі як сови.

Більшість покритонасінних рослин розкриває свої квітки лише вдень. Однак у деяких рослин життєва активність підвищується з настанням сутінків: їхні непоказні квітки розпускаються й видають сильний аромат для приваблення нічних комах-запильників (запашний тютюн, нічна красуня).

Сезонні зміни

Сезонні (фенологічні) зміни екосистем залежать від зміни пір року. Як вам відомо, сезонні зміни визначають *фотоперіодизм* — реакцію живих організмів на інтенсивність сонячного випромінювання й довжину світлового дня.

Насамперед сезонні зміни стосуються *видового складу екосистем*. Це добре прослідковується на рослинах. Більшість із них

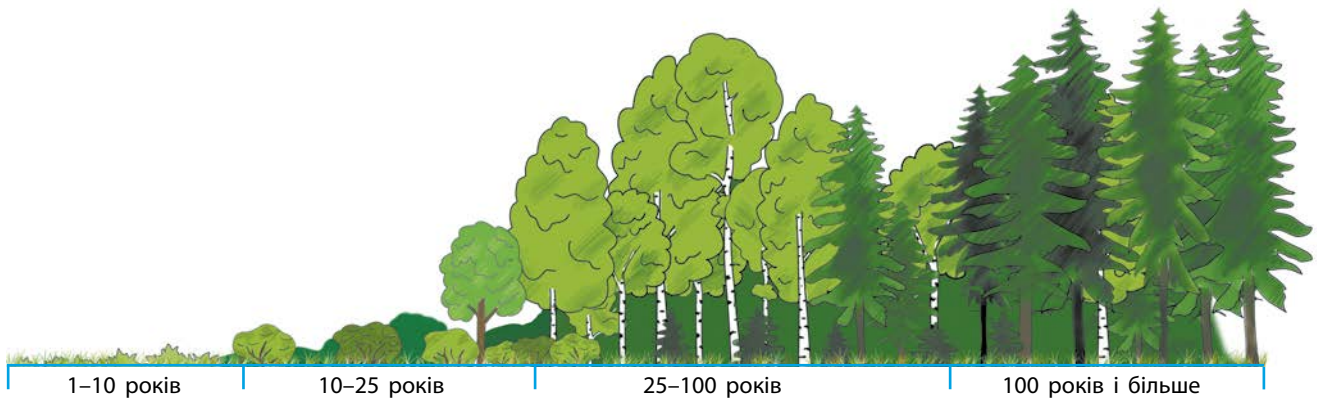
узимку перебуває у стані спокою. Зелениють лише деякі види дерев, такі як ялина або сосна. Навесні квітнуть рослини-первоцвіти. До того часу, коли на деревах розпуститься листя й на нижніх ярусах стане темно, вони вже повністю закінчать цикл розвитку. Улітку бурхливо відбувається розвиток усіх рослин, на них дозрівають плоди. Восени життєвий цикл багатьох рослин завершується. Більшість видів дерев і чагарників на зиму скидають листя.

Сезонні зміни впливають на *життєву активність* тварин. Навесні в них з'являється потомство, у літній період відбувається активізація життєвих процесів, а восени вони починають готуватися до майбутньої зими. Узимку деякі види тварин ховаються в нірки й барлоги та впадають у сплячку (полівки, бабаки, багато комах, ведмеді). Інші види (вовки, зайці, олені, лисиці) ведуть активний спосіб життя. Несприятливі сезонні погодні умови змушують багато видів мігрувати в райони з кращими умовами існування. Це характерно для перелітних птахів. Але деякі види залишаються на місці навіть під час найсильніших морозів (синиці, ворони, голуби, сови). Навесні починається період розмноження. Народжується потомство у ссавців. З'являються комахи. Птахи будують гнізда, у них з'являються пташенята.

Екологічна сукцесія

Із часом у певному місці проживання відбувається закономірна зміна популяцій різних видів у строго визначеній послідовності. Цей процес називається *екологічною сукцесією*. Зміни в екосистемі стають причиною заміни одного угруповання іншим.

Сукцесії в екосистемах можуть бути довгостроковими й здійснюватися протягом сотень років. Причиною таких сукцесій часто є кліматичні зміни, наприклад глобальне потепління. Іноді зміни екосистем спричинені катастрофами, такими як урагани чи пожежі. До зміни біоценозів призводить і діяльність людини: вирубування лісу, осушення боліт, забруднення водойм, виснаження пасовищ тощо.



Мал. 90.1. Зміна екосистем після вирубування ялинового лісу

Типовою екологічною сукцесією є відновлення ялинового лісу після пожежі або вирубування (мал. 90.1). Цей процес здійснюється поступово, одні менш стійкі екосистеми змінюються іншими. Першими на звільненому місці розростаються світлолюбні трав'янисті рослини, які доповнюються світлолюбними деревними породами. Далі під тінню останніх розростаються тіньлюбні сходи ялини. Через десятиліття ялина витісняє конкурентів, створюючи густу тінь і пригнічуючи розвиток інших рослин. Повне відновлення ялинового лісу займає близько 200 років.

Класичним прикладом сукцесії є заростання озера й перетворення його спочатку на болото, а потім, через тривалий часу, — на лісовий біоценоз. Спочатку водойма міліє, її краї вкриваються водними й вологолюбними рослинами (очеретом, тростиною, осокою). На дні поступово відкладаються відмерлі частини рослин, дзеркало води затягує трава. Через декілька десятків років на місці озера утворюється торф'яне болото. Згодом на болоті з'являється деревна рослинність.



Ключова ідея

У природі біоценози постійно змінюються. Регулярно спостерігаються циклічні сезонні (фенологічні) зміни. Спрямовані зміни одних екосистем на інші — екологічні сукцесії — здійснюються довгостроково, протягом десятків і сотень років; зазвичай вони спричиняються кліматичними чинниками.

Первинна і вторинна сукцесія

Розрізняють первинну і вторинну сукцесію. **Первинна сукцесія** відбувається під час освоєння організмами первісно безживних територій — скельних порід, наносів річок, піщаних дюн, застиглої вулканічної лави. Наприклад, на голих скелях першими оселяються лишайники. Згодом накопичуються їхні відмерлі залишки і продукти розкладання мікроорганізмами. Поступово формується первинний ґрунтовий покрив. На ґрунті проростають занесені насіння рослин, залишки яких також починають брати участь у процесі ґрунтоутворення. Рослинний біоценоз приваблює тварин. Це тривалий процес. Для розвитку стійкого угруповання потрібно багато сотень років.

Вторинна сукцесія відбувається на місці вже існуючих біоценозів, але порушених, наприклад, унаслідок посухи, пожеж, вирубки лісів та інших причин. На цій території зберігається ґрунт і насіння рослин, тому дуже швидко утворюється угруповання трав, а потім з'являються листяні дерева, під покривом яких і проростають ялини. Для вторинної сукцесії характерна висока швидкість відновлення біоценозів.



Запитання та завдання

1. Опишіть, як змінюються взаємозв'язки між видами рослин і тварин під час сезонних змін екосистем.
2. Як відбувається екологічна сукцесія на місцях вирубки лісів? на островах, спустошених через виверження вулканів?
3. Поясніть, чому на голих скелях першими оселяються саме лишайники.

§ 91. Трансформація речовини й енергії в екосистемах



Поміркуйте

Чому хижаків у біоценозах завжди менше, ніж рослиноїдних тварин?



Згадайте

- Автотрофи, гетеротрофи
- Фотосинтез, хемосинтез

Трофічна структура біоценозу

Взаємодія організмів, які займають певне місце в біологічному колообігу, називається **трофічною структурою біоценозу**. У біоценозі розрізняють три групи організмів: продуценти, консументи й редуценти.

Продуценти — це автотрофні організми, які синтезують необхідні для життя органічні речовини з неорганічних, використовуючи сонячну енергію (фотосинтез) або енергію окиснення неорганічних сполук (хемосинтез). Основними продуцентами в екосистемах є зелені рослини й ціанобактерії.

Консументи — це гетеротрофні організми, які харчуються готовою органічною речовиною. До консументів належать тварини, гриби, а також паразитичні рослини. Виокремлюють *консументів першого порядку* — травоїдних тварин (заєць, олень, білка, лось), *консументів другого порядку* — хижаків, які харчуються травоїдними тваринами (вовк), і *консументів третього порядку* — хижаків, які харчуються іншими хижаками (лелека, змії).

Редуценти — це гетеротрофні організми, які руйнують мертву органічну речовину й перетворюють її на неорганічні речовини, що засвоюються іншими організмами. Основними редуцентами є ґрунтові гетеротрофи — бактерії, гриби, найпростіші.

Трофічні ланцюги

Транспорт енергії й речовини в екосистемах здійснюється через трофічні ланцюги. **Трофічний ланцюг** — це послідовне перенесення енергії у формі їжі через низку організмів.

Наприклад, *пасовищний трофічний ланцюг* починається з рослин-продуцентів, які є

їжею для рослиноїдних тварин. *Детритний трофічний ланцюг* починається з мертвої органічної речовини, яку споживають організми-детритофаги (редуценти). *Паразитичний трофічний ланцюг* починається із продуцентів або консументів.

У складних природних угрупованнях трофічні ланцюги тісно переплітаються один з одним, утворюючи **трофічні мережі**.

Трофічні рівні

Взаємодії між організмами, коли один вид харчується іншим, називають **трофічними зв'язками**. Організми, яких від початку трофічного ланцюга відділяє однакова кількість ланок, утворюють **трофічний рівень**. На *першому трофічному рівні* розмістилися лише продуценти. *Другий трофічний рівень* займають первинні консументи й детритофаги. На *третьому трофічному рівні* перебувають консументи другого порядку тощо.

Екологічні піраміди

Трофічну структуру біоценозу зображують у вигляді **екологічних пірамід** — таких графічних моделей, що відображають кількість особин (*піраміда чисельності*), їхню біомасу (*піраміда біомас*) або вкладену в них енергію (*піраміда енергії*) на кожному трофічному рівні.

Зазвичай із підвищенням трофічного рівня піраміди кількість особин, їхня біомаса й енергія зменшуються. Наприклад, щоб прогодувати одну лисицю, необхідно декілька полювок; щоб прогодувати цих полювок, потрібна велика кількість рослин. У цьому випадку екологічна піраміда буде мати вигляд трикутника, що звужується догори (мал. 91.1).

		Маса	Енергія
Консументи II	Лисиця	10 кг	1%
Консументи I	Руда полювка	100 кг	10%
Продуценти	Злаки	1000 кг	100%

Мал. 91.1. Загальний вигляд екологічної піраміди



Мал. 91.2. Обернені екологічні піраміди

Але іноді піраміди бувають «перевернутими» (мал. 91.2). Наприклад, у лісі чисельність первинних консументів — комах — набагато перевищує чисельність продуцентів — дерев. Перевернуті піраміди біомас в океані зумовлені тим, що продуценти — мікроскопічні водорості — інтенсивно розмножуються, але живуть недовго, тоді як їх споживачі мають довгий життєвий цикл і довго накопичують біомасу. Отже, у кожний конкретний момент часу біомаса продуцентів менша за біомасу консументів.

Перенесення енергії в екосистемах

Американський еколог Р. Ліндеман 1942 року сформулював **закон піраміди енергій**, згідно з яким з одного трофічного рівня на інший переходить близько 10 % енергії (мал. 91.1). Інша енергія (90 %) втрачається у вигляді теплового випромінювання і спрямовується на підтримку життєдіяльності організмів.

Через таке різке зниження енергії харчові ланцюги не можуть мати більш ніж 3–5 ланок, а екологічні піраміди не можуть складатися з великої кількості рівнів.

На основі правила екологічної піраміди можна розрахувати кількісні співвідношення різних видів в екосистемах. Наприклад, на 1 вовка масою 40 кг потрібно 200 зайців загальною масою 400 кг (2 кг кожний), на цих зайців потрібно 4000 кг рослин.



Ключова ідея

Організми в екосистемах — продуценти, консументи й редуценти — об'єднані трофічними зв'язками. Трофічну структуру біоценозу зображують у вигляді екологічних пірамід. З одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить близько 10 % енергії.

Продуктивність біоценозу

Важливим показником біоценозу є **продуктивність** — здатність до відтворення своїх компонентів і продукування нової біомаси. Оскільки первісним джерелом енергії на Землі є сонячне випромінювання, найбільш важливою для продуктивності біоценозів є кількість світла, яку одержують зелені рослини.

Швидкість, із якою продуценти створюють біомасу у процесі фотосинтезу, називається **первинною продуктивністю**. Швидкість створення біомаси консументами й редуцентами називається **вторинною продуктивністю**.

Низьку продуктивність мають пустелі, тундри, морські глибоководні екосистеми. Дуже високу продуктивність мають тропічні ліси, коралові рифи, екосистеми морських узбережь.



Практична робота

Розкриття трофічної структури біоценозу за наданим переліком видів. Встановлення біоценотичної ролі для окремих видів

Складіть схеми трофічних ланцюгів із наведених організмів, позначте трофічні рівні, встановіть роль окремих видів у біоценозах:

- сонечко, тля, сосна, комахоїдний птах, павук;
- листовий опад, дощовий черв'як, яструб малий, чорний дрізд;
- личинки падальних мух, мертва тварина, жаба, звичайний вуж.



Практична робота

Складання блок-схем енергетичних потоків в екосистемах різних типів. Розрахунок ефективності переходу енергії на різних трофічних рівнях

1. Складіть блок-схеми трофічних зв'язків в екосистемах луку й озера.
2. Користуючись правилом екологічної піраміди, розрахуйте ефективність переходу енергії на різних трофічних рівнях.



Запитання та завдання

1. У луговому угрупованні живуть гусениця, жайворонок, люцерна, шуліка. Складіть харчовий ланцюг. **2.** Визначте, скільки потрібно планктону, щоб у морі виросла одна особина морської видри масою 30 кг, якщо ланцюг харчування має такий вигляд: фітопланктон → нехижі риби → хижі риби → морська видра.

§ 92. Структура та складові біосфери

? Поміркуйте

Чи можна назвати ґрунт живою речовиною?

← Згадайте

- Екосистема
- Колообіг речовин
- Біоценоз, біотоп

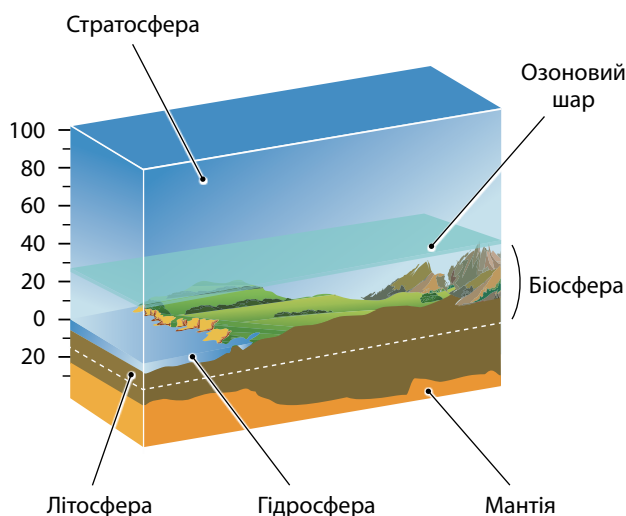
Поняття біосфери

Біосфера — це оболонка Землі, що містить у собі всі живі організми планети й усі зони їх існування. Термін «біосфера» ввів геолог Е. Зюсс 1875 року для позначення простору на поверхні Землі, де існує життя.

Біосфера почала формуватися близько 4 млрд років тому, щойно з'явилися перші ознаки життя на нашій планеті. Зараз Землю населяє близько 3 млн видів різноманітних живих істот. Загальна маса живих організмів оцінюється в $2,43 \times 10^{12}$ т.

Становлення біосфери і її поетапне формування зумовлене впливом низки факторів: дією на Землю космічної енергії, розвитком живих організмів і людства та ін.

На початку ХХ ст. український науковець В. І. Вернадський створив вчення про



Мал. 92.1. Межі біосфери

+ Дізнайтеся більше

Гірські гуси зазвичай мігрують на висоті не менш ніж 8300 м, дикі яки живуть у гірських районах Тибету на висоті приблизно 3200–5400 м над рівнем моря, а гірські кози мешкають на висотах до 3000 м. Мікроорганізми трапляються у верхніх шарах атмосфери Землі на висоті декількох десятків кілометрів. Одноклітинні форми життя були знайдені в найглибшій частині Маріанської западини на глибині 11034 м.

біосферу. Він одним із перших усвідомив величезний перетворюючий вплив живих організмів на всі три зовнішні оболонки Землі в планетарному масштабі. Поверхню Землі вчений розглядав як своєрідну оболонку, розвиток якої значною мірою визначається діяльністю живих організмів. В. І. Вернадський умовно поділяв навколишнє середовище на природне — біосферу, і штучно створене людиною — ноосферу (сферу розуму).

Межі біосфери

Межі біосфери визначаються можливістю окремих індивідумів виживати в умовах навколишнього середовища (мал. 92.1).

У верхніх шарах ультрафіолетове випромінювання не дає розвиватися живим організмам — це верхня межа біосфери. Вона розміщується на висоті приблизно 20–25 км від поверхні Землі й обмежена озоновим шаром, за межами якого живі організми не можуть існувати. Озоновий шар захищає біосферу від згубного космічного випромінювання, що не дає розвиватися живим організмам.

Нижня межа біосфери визначається високими температурами в земних надрах. У ґрунті живі організми можна зустріти на глибині 4–7 км. Межа життя на дні океанічних западин простягається вглиб до 11 км.

Життя в біосфері поширене нерівномірно, мозаїчно. Воно слабо виражене в холодних і жарких пустелях, високо в горах, у центрах океанів. Високе видове багатство й різноманітність спостерігаються на межах поділу різних середовищ: на лінії літосфери й атмосфери (наземне життя й особливо — у ґрунтах), атмосфери й гідросфери (поверх-



Дізнайтеся більше

Серед тварин біосфери 96 % видів припадає на частку безхребетних і тільки 4 % — на хребетних, серед яких ссавці становлять приблизно 10 %. Наведені співвідношення ілюструють фундаментальну закономірність організації біосфери: у кількісному співвідношенні переважають форми, які досягли в процесі еволюції відносно низьких ступенів морфофізіологічного прогресу.



Мал. 92.2. Вапняк і кам'яне вугілля — гірські породи біогенного походження

неві шари океану), літосфери й гідросфери (дно водойм). Особливо багате життя в зонах, де ґрунт, вода й повітря близько сусідять одне з одним — узбережжя й мілководдя морів, лимани, естуарії річок.

Компоненти біосфери

Залежно від середовища існування живих організмів виділяють:

- *аеробіосферу* (організми перебувають у просторі від верхівок дерев до стратосфери);
- *геобіосферу* (організми населяють ґрунт, печери, поверхню суші, дерева);
- *гідробіосферу* (організми населяють усі водні структури).

За В. І. Вернадським, біосфера містить у собі 7 видів речовини, зокрема:

- *жива* — сукупність усіх організмів, які населяють планету;
- *біогенна* — неживий матеріал, утворений у процесі життєдіяльності організмів (наприклад, вугілля, нафта, торф, вапняк) (мал. 92.2);
- *косна* — неорганічна речовина, походження якої не пов'язане із живими організмами (наприклад, гірські породи);
- *біокосна* — речовина, що є результатом спільної діяльності живих організмів і абіогенних процесів (наприклад, ґрунту).

Біосфера — глобальна екосистема

Біосфера має ієрархічну структуру. Окремі організми утворюють популяції. Декілька популяцій, що взаємодіють між собою, становлять біоценоз. Біоценози, які

населяють певні біотопи, утворюють екосистеми. Біосфера — це екосистема вищого порядку, що поєднує будь-які інші екосистеми Землі. Для біосфери характерні всі властивості екосистем.

- Біосфера містить у собі живі організми, які населяють Землю, а також середовище їх існування: океани, сушу, атмосферу.

- У ній є всі компоненти трофічних ланцюгів: продуценти (автотрофи), консументи й редуценти (гетеротрофи).

- У ній існують відносно замкнені потоки речовини й енергії між біотичною й абіотичною частинами (колообіги речовин і енергії).

- Біосфера як екосистема має стабільність.

Оскільки біосфера поєднує в собі всі екосистеми на планеті, її називають «глобальною» екосистемою.

ПР Практична робота

Розрахунок енергетичного балансу біосфери. Оцінка ролі продуцентів в енергетичному балансі

За рік до Землі надходить 10^{24} Дж сонячної енергії; майже 33 % відбивається в космос, 67 % поглинається атмосферою і поверхнею Землі. З усієї енергії тільки 0,2 % використовується під час фотосинтезу.

1. Розрахуйте, скільки сонячної енергії використовують рослини за рік.
2. Розрахуйте, скільки енергії передається по усіх трофічних ланцюгах біосфери до консументів II порядку, якщо її втрати на кожному рівні складають 10 %.

! Ключова ідея

Біосфера — це екосистема вищого порядку, що об'єднує всі інші екосистеми Землі. Біосфера, разом із літосферою, гідросферою й атмосферою, формує чотири основні оболонки Землі.

≡ Запитання та завдання

1. Як ви вважаєте, чому найбільша видова різноманітність у біосфері спостерігається на межах підилу середовищ? 2. У чому проявляється мозаїчність біосфери як екосистеми?

§ 93. Біогеохімічні цикли



Поміркуйте

Які гірські породи й корисні копалини утворені рештками живих організмів?



Згадайте

- Хемосинтез, фотосинтез
- Колообіг речовин
- Біогенні хімічні елементи

Роль живої речовини в біосфері

У біосфері відбувається переважна більшість хімічних перетворень на планеті, тобто вона виконує глобальну метаболічну функцію. Діяльність живих організмів впливає на всі геологічні процеси, що формують зовнішній вигляд Землі. Живі організми не лише пристосовуються до умов зовнішнього середовища, але й активно їх змінюють. Вони вловлюють і перетворюють енергію Сонця, змінюють хімічний склад атмосфери, беруть участь в утворенні ґрунтів і осадових порід.

В. І. Вернадський виокремлював 4 функції живої речовини в біосфері.

Газова функція полягає в здатності змінювати й підтримувати газовий склад атмосфери. У здійсненні газової функції провідна роль належить зеленим рослинам, які в процесі фотосинтезу поглинають вуглекислий газ і виділяють в атмосферу кисень. У процесі функціонування організмів виділяються також вуглекислий газ (дихання тварин, рослин та ін.), азот (азотфіксуючі бактерії), сірководень (сіркобактерії), метан (метаноутворюючі бактерії). Виконання цієї функції також спричинило утворення захисного озонового екрану.

Окисно-відновна функція полягає в хімічному перетворенні речовин з утворенням солей, кислот, оксидів і інших класів хімічних сполук у результаті окисно-відновних процесів. Ця функція, зокрема, здійснюється бактеріями, які в процесі життєдіяльності окиснюють або відновлюють різні сполуки, отримуючи енергію. Вони мають велике значення для утворення корисних копалин.

Наприклад, у результаті діяльності залізобактерій утворилися осадові залізні руди, сіркобактерій — родовища сірки.

Концентраційна функція — здатність накопичувати розсіяні в навколишньому середовищі (атмосфері, воді, ґрунті) атоми хімічних елементів. Деякі організми накопичують певні елементи в концентраціях, значно більших, ніж у природному середовищі, наприклад, сполуки Силіцію відкладаються у скелетах діатомових водоростей і губок, Кальцію — у черепашках молюсків і коралових поліпах, Фосфору — у кістках хребетних, Феруму — у залізобактеріях, Магнію — у деяких водоростях, Йоду — у водорості ламінарії, Карбону — в усіх організмах. Відмираючи, ці організми утворюють скупчення речовин, формують гірські породи та корисні копалини (залізні руди, вапняки, крейда, торф, вугілля тощо) (мал. 92.2, с. 193).

Біохімічна функція здійснюється в процесі обміну речовин у живих організмах (живлення, дихання, виділення) і деструкції відмерлих організмів та продуктів їхньої життєдіяльності. Біохімічна функція є основою колообігу хімічних елементів у біосфері. Вона забезпечує накопичення й перетворення енергії, яка вловлюється в процесах фотосинтезу і хемосинтезу та передається по трофічних ланцюгах разом із рухом органічних речовин.

Біогеохімічні цикли

В екосистемі відбувається постійний колообіг біогенних елементів: вони з абіотичного переходять у біотичний компонент під дією енергії сонця, потім повертаються у вигляді відходів життєдіяльності або мертвих організмів. Такий колообіг називають **біогеохімічним циклом**. Головними біогеохімічними циклами, що забезпечують життя на планеті (крім колообігу води), є циркуляція Карбону, Оксигену, Нітрогену, Фосфору, Сульфуру.

Біогеохімічний цикл Карбону. З атмосфери Карбон у складі CO_2 засвоюється автотрофними організмами в процесі фотосинтезу. По трофічних ланцюгах у складі органічних сполук Карбон передається в організми тварин. Повер-

нення Карбону в навколишнє середовище відбувається в процесах дихання або розкладання органічної речовини (виділення CO_2). Істотна частина Карбону залишається в ґрунті, мулі, торфовищах, вугіллі. Частина атмосферного Карбону надходить з атмосфери в гідросферу.

Біогеохімічний цикл Оксигену. Загальна схема колообігу Оксигену в біосфері складається з двох гілок: утворення кисню під час фотосинтезу й поглинання його в окисних реакціях.

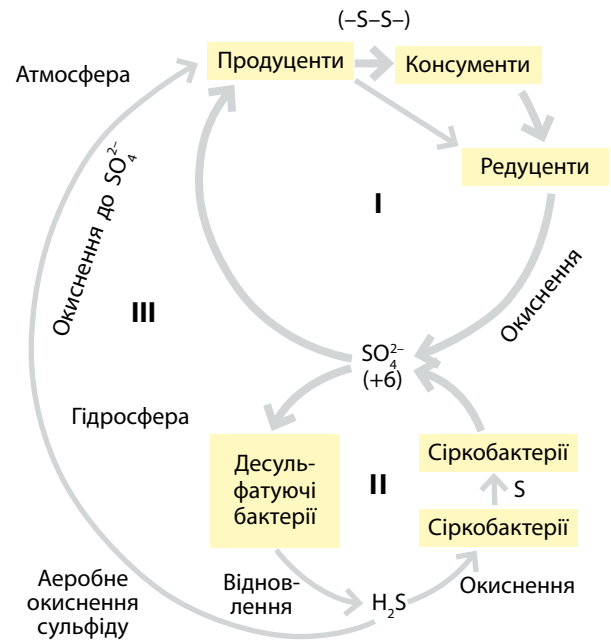
Біогеохімічний цикл Нітрогену. Фіксацію молекулярного азоту з атмосфери (*азотфіксацію*) і його перетворення на йони амонію здійснюють бульбочкові бактерії родини *Rhizobiaceae*. Нітритні й нітратні бактерії перетворюють йони амонію на нітрити й нітрати (здійснюють *нітрифікацію*), які легко засвоюються рослинами. Денітрифікуючі бактерії відновлюють нітрати до азоту (цей процес називають *денітрифікацією*). Органічні речовини, у складі яких є Нітроген (білки, амінокислоти), після гибелі організмів піддаються *амоніфікації* — розкладаються



Мал. 93.1. Схема біогеохімічного циклу Нітрогену

Ключова ідея

Живі організми впливають на геологічні процеси, що формують зовнішній вигляд Землі. Вони беруть участь у біогеохімічних циклах речовин, в утворенні ґрунтів та осадових порід, уловлюють і перетворюють енергію, формують склад атмосфери.



Мал. 93.2. Схема біогеохімічного циклу Сульфуру

з утворенням амоніаку і йонів амонію амоніфікуючими бактеріями (мал. 93.1).

Біогеохімічний цикл Фосфору. Фосфор міститься в літосфері у формі ортофосфатів (солей ортофосфатної кислоти). Деякі ортофосфати розчинні у воді, і в такому виді ортофосфатіони легко засвоюються рослинами. А у процесі розкладання органічних речовин Фосфор переходить до складу неорганічних сполук.

Біогеохімічний цикл Сульфуру. Сполуки Сульфуру є в ґрунтах і підземних водах. Ці сполуки окиснюються сіркобактеріями до сульфатів і відновлюються десульфатуючими бактеріями до сірководню (гідроген сульфід). Сульфур у складі сульфатів засвоюється рослинами й бактеріями. В їхніх клітинах він використовується для синтезу білків. Розкладання органічної речовини повертає Сульфур у ґрунт або атмосферу — у вигляді сульфатів або сірководню (мал. 93.2).

Запитання та завдання

1. Складіть схему біогеохімічного циклу Карбону.
2. Як людина змінює біогеохімічний цикл Карбону?
3. Для чого живим організмам потрібен Нітроген? До складу яких речовин він входить?
4. Поясніть, як концентраційна функція живих організмів пов'язана з утворенням корисних копалин.

§ 94. Еволюція біосфери



Поміркуйте

Чи можуть живі організми змінити умови життя на Землі?



Згадайте

- Хемосинтез, фотосинтез
- Автотрофи, гетеротрофи

Етапи еволюції біосфери

Біосфера існує вже близько 4 млрд років. У її еволюції виокремлюють кілька етапів.

1. Утворення біосфери. Приблизно 3,5–3,8 млрд років тому на Землі виникло життя, й сформувалася первинна біосфера з біотичним колообігом речовин. Провідні чинники цього етапу — геохімічні й кліматичні зміни на Землі.

Геохронологічна шкала історії біосфери

Ера	Період	Початок	Основні події
Архей-ська		3,5 млрд років тому	Виникли перші прокариотичні клітини. З'явилися ціанобактерії, виник фотосинтез
Протерозойська		2,5 млрд років тому	Виникли аеробні прокаріоти, з'явилися перші багатоклітинні еукаріоти
Палеозойська	Кембрійський	570 млн років тому	Значно поширилися водорості. З'явилися всі типи безхребетних
	Ордовіцький	480 млн років тому	Розвинулися всі відділи водоростей. Переважали губки, кишковопорожнинні, черви, голкошкірі, трилобіти. З'явилися перші хребетні — безщелепні риби
	Силурійський	420 млн років тому	Рослини вийшли на сушу (рініофіти). З'явилися перші риби і наземні безхребетні (багатоніжки, скорпіони, комахи)
	Девонський	400 млн років тому	Панували рініофіти; з'явилися мохи й папороті, кистепері, дводішні й променепері риби, стегоцефали, скорпіони і комахи
	Кам'яновугільний	330 млн років тому	Густі деревоподібні папороті утворили «кам'яновугільні ліси»; зникли рініофіти, з'явилися насінні папороті. Домінували земноводні, молюски, акули. Розвивалися комахи. З'явилися плазуни
	Пермський	270 млн років тому	Вимерли деревоподібні папороті. З'явилися перші голонасінні. Вимерли стегоцефали й трилобіти. Поширились наземні хребетні
Мезозойська	Тріасовий	230 млн років тому	Переважали голонасінні рослини, вимерли насінні папороті. Домінували земноводні, головоногі молюски, плазуни. З'явилися костисті риби, яйцекладні й сумчасті ссавці
	Юрський	180 млн років тому	Панували голонасінні рослини й гігантські плазуни. З'явився археоптерикс. З'явилися перші покритонасінні
	Крейдовий	135 млн років тому	Поширилися покритонасінні, скоротилися папороті й голонасінні. З'явилися плацентарні ссавці й птахи. Вимерли гігантські плазуни
Кайнозойська	Палеогеновий	67 млн років тому	Поширилися покритонасінні, скоротилися папороті й голонасінні. Домінували ссавці, птахи, комахи, костисті риби. З'явилися примати. Зникло багато груп плазунів, головоногих молюсків
	Неогеновий	5 млн років тому	Формувалася сучасна флора й фауна. Виникли людиноподібні примати
	Антропогеновий	2,6 млн років тому	Еволюція людини



2. Біологічна еволюція організмів. Етап розпочався з виникнення прокаріотичних організмів близько 3,5 млрд років тому. Структура біосфери ускладнювалась у результаті появи численних і різноманітних організмів. Головними чинниками стають рушійні сили біологічної еволюції.

3. Поява людини. Етап розпочався 40–50 тис. років тому, і пов'язаний він з еволюцією людини (*антропогенезом*). Чинником, що змінює біосферу, є діяльність людини.

Хімічна еволюція біополімерів

Синтез найпростіших органічних сполук розпочався близько 4,5 млрд років тому, у період найбільш ранньої геологічної історії Землі.

У результаті природних процесів синтезувалися достатньо великі біологічні полімери. За сучасними уявленнями, одні з таких полімерів — молекули РНК — виявили здатність до самокопіювання й каталітичної активності. Ці самокопіювальні системи вдосконалювалися в ході тривалої молекулярної еволюції. Уважають, що ці процеси відбувалися у порах глинистих порід в умовах гідротермальних джерел суші.

На подальших етапах сформувалися складні метаболічні процеси, зокрема білковий синтез. Відбулася передача функції спадкового матеріалу від РНК до ДНК. Точний плин цих подій не зовсім зрозумілий. Однак передбіологічна еволюція зараз є однією з найбільш інтенсивно досліджуваних тем науковою спільнотою.

Початкові етапи біологічної еволюції

Біологічна еволюція розпочалася з появи перших прокаріотичних клітин близько 3,5 млрд років тому. На наступному етапі (1,6–2,1 млрд років тому) виникли перші еукаріотичні клітини. А в період 0,5–1 млрд років тому — перші багатоклітинні організми.

У процесі розвитку біосфери з'являлися нові форми організмів, виникали вигідні типи обміну речовин, формувалися екологічні сис-



Мал. 94.1. Сучасні строматоліти. Строматоліти були первісними екосистемами, що 3,5 млрд років тому, складались з аеробних і анаеробних, фотосинтезуючих і гетеротрофних бактерій

теми з колообігом речовин (мал. 94.1). Перші організми були *анаеробами*. Гетеротрофи накопичували енергію за рахунок гліколізу й бродіння. Автотрофи здобували енергію та синтезували органічні речовини шляхом хемо- або фотосинтезу. Близько 2–3 млрд років тому виникли організми з *оксигенним фотосинтезом* — як побічний продукт вони виділяли кисень. Ці живі істоти поступово *змінити склад атмосфери* і зумовили появу аеробів.

Кисень утворював *озоновий екран*, який захищав живі організми від сонячних і космічних променів. Ці умови спричинили *вихід організмів на сушу*. Рештки відмерлих рослин і тварин стали матеріалом для *ґрунтоутворення*.

Так організми почали свою величезну за масштабами геохімічну діяльність. У підсумку *життя*, що виникло на Землі, змінило ті умови, які уможливили його появу.

Еволюція біологічної різноманітності

Згідно з даними палеонтології, у протерозойську еру (0,5–2,5 млрд років тому) з'являлися бактерії, водорості, примітивні безхребетні; у палеозойську (230–570 млн років тому) — наземні рослини, амфібії, плазуни; у мезозойську (70–230 млн років тому) — ссавці, птахи, хвойні й покритонасінні рослини; у кайнозойську (70 млн років тому) — сформувалися всі сучасні групи організмів.



Ключова ідея

Еволюція біосфери спочатку відбувалася під впливом геологічних чинників, а потім самі живі організми стали потужним чинником, що змінив геохімію Землі й до сьогодні визначає еволюцію біосфери.



Запитання та завдання

1. Поясніть, які переваги для організмів дало використання фотосинтезу. **2.** Із чим пов'язаний вихід організмів на сушу? **3.** На вашу думку, що є рушійними силами біологічної еволюції? **4.** Опишіть напрямки еволюції людини.

§ 95. Сучасний етап розвитку біосфери

? Поміркуйте

Збільшення вмісту вуглекислого газу в повітрі через використання людиною палива повинно сприяти фотосинтезу в рослин. А які негативні наслідки такої зміни складу атмосфери?

← Згадайте

- Атмосфера, літосфера, гідросфера
- Екосистема, біогеохімічні цикли

Сучасний етап розвитку біосфери та роль людини

Сучасний етап розвитку біосфери відрізняється тим, що потужною перетворювальною силою стає діяльність людини.

Спочатку людина за впливом на природу не відрізнялася від інших біологічних видів. Але починаючи з ХХ ст. завдяки стрімкому зростанню господарської активності, людина почала змінювати своє середовище проживання. У міру науково-технічного прогресу роль людини в перетворенні біосфери можна порівняти з дією потужних геологічних процесів.

У результаті біосфера Землі докорінно змінюється й стає, за визначенням В. І. Вернадського, **ноосферою** — «сферою розуму». Ноосфера визначається як нова, вища стадія еволюції біосфери. Це «сфера взаємодії природи й суспільства, у межах якої розумна людська діяльність стає головним визначальним чинником розвитку».

У процесі своєї діяльності людина по-різному впливає на складові біосфери. Причини або чинники такого впливу називають антропогенними. З одного боку, вони призводять до виснаження природних ресурсів, виникення видів тварин і рослин, забруднення природного середовища й утворення штучних ландшафтів. З іншого боку, людина інтенсивно розводить культурні рослини й свійських тварин, створює нові сорти й породи. При цьому виникає інше середовище проживання.

Показники порушення стійкості біосфери

Біосфера як саморегульовальна екосистема має високу стійкість. Вона здатна підтримувати свої склад, структуру й функції. Однак у цієї стійкості є певні межі, і вони все частіше порушуються діяльністю людини.

На думку науковців, **поступова зміна клімату** планети — це наслідок антропогенної зміни балансу газів в атмосфері. За останні 100 років середня температура на поверхні Землі збільшилася на 0,5–0,6°C через інтенсивне надходження в атмосферу вуглекислого газу, метану, нітроген оксиду, що утруднює віддачу тепла з поверхні (парниковий ефект). Джерелами таких газів є, зокрема, використання палива. Щорічно спалюється близько 1 млрд тонн природного палива.

Видобування з надр корисних копалин, їх використання в промислових процесах **змінює біогеохімічні цикли**. Щорічно з геосфери видобувається близько 100 млрд тонн руди, палива, мінеральних добрив. Сучасне людство грубо втручається в цей колообіг Оксигену, споживаючи щорічно за рахунок спалювання мінерального й органічного палива 20 000 000 000 тонн атмосферного кисню.

Змінюється склад навколишнього середовища: воно забруднюється промисловими відходами. Щорічно у світовий океан потрапляє 50 тис. тонн пестицидів, 5 тис. тонн ртуті, 10 млн тонн нафти й безліч інших забруднювачів; у ґрунт вноситься до 100 млн тонн мінеральних добрив; в атмосферу викидається понад 20 млрд тонн CO₂, 50 млн тонн NO, 150 млн тонн SO₂. Дно Світового океану, зокрема глибоководні западини, використовуються для захоронення особливо небезпечних токсичних речовин.

Змінюються ландшафти. Близько ¼ поверхні Землі розорані або є пасовищами для свійських тварин. Кожні 10 років світові втрати верхнього шару ґрунту складають 7 %. На великих площах будуються нові міста. Значні території виключені з господарської діяльності через накопичення на них промислових відходів. Разом із тим,



Мал. 95.1 Забруднення океану побутовими відходами й нафтою

зменшуються площі, зайняті лісами. Масштаби винищення тропічних лісів становлять 245 тис. км² на рік. З першої половини ХХ ст. винищено 2/3 лісів в Азії, 1/2 в Африці, до 1/3 в Латинській Америці. Значною проблемою став процес опустелювання в результаті неправильного ведення господарства.

Зникнення біологічних видів. За період з кінця ХVІ до 70-х років ХХ століття з лиця Землі зникло 109 видів птахів, 64 види ссавців, 20 видів плазунів. З початку 80-х років ХХ століття щодня зникав 1 вид тварин. Вимирання загрожує майже 1000 видам птахів і ссавців, які ще існують. Під загрозою зникнення перебуває кожний 10-й вид вищих рослин, кожний 4-й вид земноводних і кожний 7-й вид плазунів.

Основні глобальні екологічні проблеми сучасної біосфери

Сьогодні існує ціла низка екологічних проблем, які вийшли за межі локальних регіонів і мають глобальний характер.

Зростання чисельності населення Землі. Небезпечно для біосфери тим, що для забезпечення продуктами харчування будуть знищуватися дикі тварини, вирубуватися ліси й розорюватися нові землі. Збільшиться обсяг виробництва, споживання енергії й природних копалин, кількість транспортних засобів.



Ключова ідея

Сучасна біосфера зазнає значних антропогенних змін. Через діяльність людини порушується стійкість біосфери, й виникають глобальні екологічні кризи.

Посилення парникового ефекту. Підвищення температури нижніх шарів атмосфери через скупчення в ній парникових газів (зокрема, CO₂) може призвести до глобального потепління, підняття рівня Світового океану через танення льодовиків, затоплення суші, зміни течій та інших катастрофічних наслідків.

Руйнування озонового шару. Його стоншення є небезпечним для існування всіх живих організмів, оскільки озоновий шар захищає Землю від жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця.

Скорочення площі тропічних лісів. Призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу на планеті й скорочення вироблення атмосферного кисню, до зміни клімату, руйнування місць проживання багатьох біологічних видів.

Опустелювання родючих земель. Здатне викликати розвиток продовольчої кризи й руйнування місць проживання багатьох біологічних видів.

Забруднення Світового океану й прісних вод. Призведе до дефіциту водних ресурсів, поширення забруднень по всій земній кулі, до руйнування місць проживання багатьох біологічних видів (мал. 95.1).

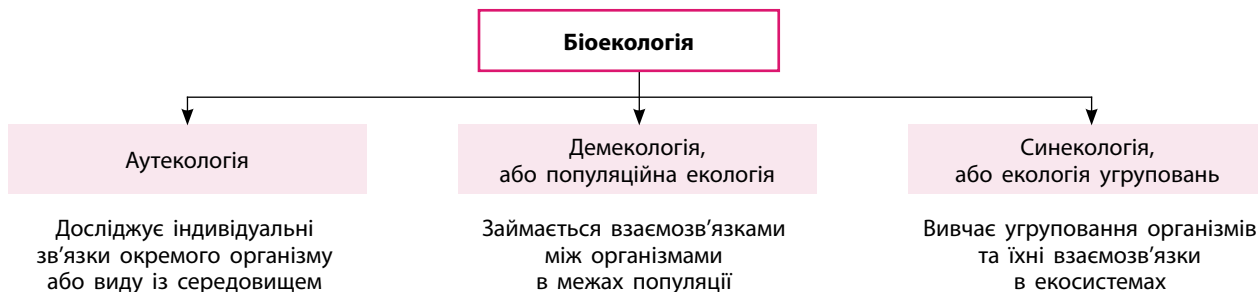


Запитання та завдання

1. Людина створює нові речовини, яких раніше не було в природі. Наприклад, синтетичні полімери, що не розкладаються редуцентами. Чи призведе це до чергової глобальної екологічної проблеми? **2.** Сучасне людство є потужним фактором, що змінює біосферу. Як, по-вашому, будуть розвиватися події в майбутньому? **3.** Складіть перелік екологічних проблем, що існують у вашій місцевості; у цілому в Україні.

Основні положення теми «Екологія»

Екологія — наука про взаємодію живих організмів та їхніх угруповань одне з одним і з навколишнім середовищем.



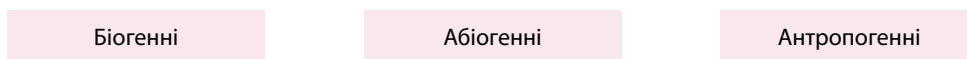
Екологічні закони

Закон оптимуму — будь-який екологічний фактор має певні межі позитивного впливу на живі організми.

Закон толерантності Шелфорда — будь-який живий організм має верхню й нижню межі витривалості (толерантності) до будь-якого екологічного фактора.

Закон мінімуму Лібіха — успіх життєдіяльності організму залежить від того екологічного фактора, який перебуває в мінімумі.

Екологічні чинники



Популяції

Популяція — це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію, функціонуючи й розвиваючись в одному або кількох угрупованнях живих організмів.

Статичні показники популяцій

Чисельність популяції — загальна кількість особин у популяції.

Репродуктивна чисельність — кількість особин, здатних залишити потомство.

Щільність популяції — чисельність або біомаса особин на одиниці площі або об'єму.

Динамічні показники популяцій

Народжуваність — кількість особин, які з'явилися в популяції (народилися, вилупилися з яйця, проросли з насіння та ін.) за одиницю часу.

Смертність — кількість особин, що загинули за певний проміжок часу.

Приріст популяції — різниця між народжуваністю і смертністю.

Вживання — частка особин, які збереглися в популяції за певний проміжок часу. Вживання розраховується як відношення кількості особин, що вижили, до початкової кількості особин.

Екологічні стратегії популяцій

Екологічна стратегія популяції — особливості народжуваності й смертності, періодичності розмноження, кривих вживання й типів росту, спрямованих на підвищення вживання й утворення потомства. Метою *r*-стратегії є збільшення чисельності популяції за короткий термін. *K*-стратегія спрямована на підвищення вживання нащадків.

Екосистеми

Екосистема — це сукупність живих організмів, які мешкають у певному середовищі існування й утворюють з ним одне ціле.

Групи організмів в екосистемах

Продуценти — це автотрофні організми, які продукують органічні речовини. До них належать, наприклад, дерева, водорості та інші рослини.

Консументи є гетеротрофними організмами екосистем, які отримують органічні речовини, живлячись іншими живими організмами. Вони можуть жити як продуцентами, так і іншими консументами.

Редуценти — це гетеротрофні організми екосистем, які отримують органічні речовини, живлячись рештками живих організмів або продуктів їхньої життєдіяльності. Редуценти перетворюють мертву органіку на прості органічні та неорганічні речовини.

Порівняння природних екосистем і агроекосистем

Природні екосистеми	Агроекосистеми
Стійкі. Високий рівень саморегуляції, постійне відновлення, сукцесія	Нестійкі. Регулюються і контролюються людиною
Діє природний добір	Дію природного добору ослаблено; переважно здійснюється штучний добір
Велике видове різноманіття, організми перебувають у складних взаємозв'язках один з одним. Трофічні ланцюги довгі	Низьке видове різноманіття. Завжди є добре виражений вид-домінант. Спрощені взаємозв'язки організмів. Трофічні ланцюги короткі
Первинна продукція використовується консументами й редуцентами і бере участь у колообігу речовин	Урожай збирається для задоволення потреб людини
Всі елементи, спожиті організмами, повертаються, здійснюється природний колообіг речовин	Частина поживних елементів виноситься з колообігу з урожаєм, немає природного колообігу речовин.

Наземні біоми

Назва біому	Характеристика
Тундра	Біом навколополярних регіонів розташований у зоні вічної мерзлоти. Лісові масиви відсутні, рослинність переважно трав'яниста, утворена мохами, лишайниками і низькорослими травами та невеликими чагарниками
Хвойні ліси	Утворені переважно хвойними лісами без домішок або з малими домішками листяних порід. Розташований переважно в регіонах із помірним або континентальним кліматом. Значна частина таких лісів, у деяких регіонах планети має штучне походження
Листопадні ліси	Утворені переважно листяними лісами, які скидають листя перед початком холодного сезону. Розташовані зазвичай ближче до екватора порівняно з хвойними лісами. На відміну від хвойних лісів мають більше видове різноманіття
Тропічні ліси	Розташовані у тропічній зоні планети в місцях із високою вологістю і високими цілорічними температурами повітря. Мають найвище видове різноманіття серед біомів
Степи	Розташовані у помірному поясі північної і південної півкуль, для яких характерні домінування трав'янистої рослинності й менша кількість опадів, ніж для лісових біомів
Пустелі	Зі значним дефіцитом вологи, населені організмами, які пристосувалися до ксерофітних умов існування. Для них характерні дуже низька щільність організмів і розріджений рослинний покрив. Як окремий вид пустель часто визначають снігові пустелі Арктики та Антарктики

Тема 10. Сталий розвиток та збалансоване природокористування



§ 96. Антропогенний вплив на біосферу

? Поміркуйте

Що таке система? Як оболонки Землі (атмосфера, літосфера, гідросфера, біосфера) взаємодіють між собою? Що вивчає екологія?

← Згадайте

- Біосфера
- Екосистема
- Рівні організації
- Фактори середовища

Планета Земля — єдина велика екосистема

Планета Земля має кілька оболонок. Це атмосфера, гідросфера, літосфера. Ці оболонки не є відокремленими одна від одної. Вони тісно взаємодіють, і процеси в одній впливають на стан інших. Наприклад, під час виверження вулкан викидає багато газів і твердих речовин (пилу) в атмосферу. Звідти вони разом з опадами потрапляють у гідросферу і на суходіл, де живуть організми — компоненти біосфери.

Усі компоненти верхніх шарів планети поступово перемішуються і обмінюються між собою речовинами й енергією. Вугілля, яке мільйони років тому утворилося з мертвих

дерев і стало частиною літосфери, з часом опиняється на поверхні. Воно згоряє й утворює вуглекислий газ, який потрапляє до атмосфери і знов поглинається рослинами.

Тому наслідки будь-якого явища, яке відбувається на поверхні планети, рано чи пізно досягнуть усіх її куточків і вплинуть на стан середовища. Викидаючи пластикову пляшку або пакет, людина не думає, що це може спричинити велику проблему. Але пластик потрапляє в річки, а з них — у моря й океани (мал. 96.1). І загальна площа великої тихоокеанської сміттевої плями, яка є одним із центрів скупчення плаваючого пластику, уже перевищила 700 тис. км², що більше, ніж площа всієї України.

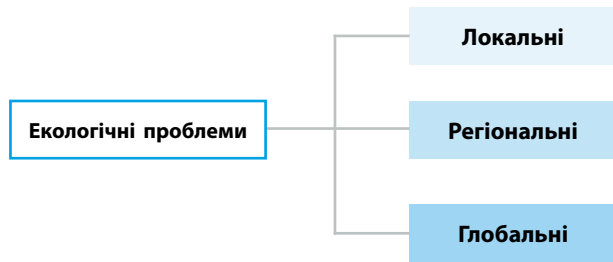
Екологічні проблеми різних рівнів

Екологічні проблеми — це ситуації, причиною яких є зміна природного середовища, а наслідком — порушення структури і функціонування природних екосистем. Екологічні проблеми бувають різного масштабу. Їх причинами можуть стати дія абіогенних, біогенних та антропогенних факторів. Абіогенними факторами, які створюють екологічні проблеми, є виверження вулканів (особливо великих), падіння на планету астероїдів, дрейф континентів та інші геологічні процеси та ін. Біогенними причинами екологічних проблем може бути інвазія видів на нові території, виникнення успішних форм паразитів або збудників захворювань тощо. Але найбільш актуальними на сьогодні стали екологічні проблеми, які виникають під впливом антропогенних чинників.

Екологічні проблеми поділяються за своїм масштабом на три великі групи: локальні, регіональні та глобальні (мал. 96.2). Локальні проблеми мають місцеве значення і є актуальними для конкретного населеного пункту або окремої області або регіону певної країни. Глобальні проблеми є проблемами всього



Мал. 96.1. Пластикове сміття дрейфує в океані і скупчується в певних місцях, утворюючи сміттєві плями



Мал. 96.2. Рівні екологічних проблем

людства. Вони охоплюють тією чи іншою мірою всі біоми нашої планети.

Із глобальними екологічними проблемами, які є актуальними, ви вже познайомилися в § 95.

Екологічні проблеми України

В Україні порушення рівноваги у взаємодії людини і природи стало причиною багатьох проблем. Серед них є і глобальні екологічні проблеми, які діють на Україну так само, як і на інші регіони планети. А є екологічні проблеми місцевого рівня, багато з яких є особливо актуальними тільки для певних областей.

Проблемами всієї України глобального рівня можна назвати забруднення водойм і ґрунтів, деградацію ґрунтів і знищення лісів. Забруднення повітря є актуальним для всієї території України (як одна з глобальних проблем), але ступінь цього забруднення значно різниться в певних регіонах. Ще однією з глобальних світових проблем, нагальних для всієї країни, є проблема утилізації побутових відходів.

До злободенних проблем для певних регіонів належить проблема знищення степів. Вона є найбільш актуальною для південної частини України. Наслідки Чорнобильської катастрофи насамперед є проблемою для півночі країни. Небезпечні геологічні процеси (наприклад, просідання поверхні ґрунту, зсуви тощо) відбуваються там, де здійснювався

видобуток корисних копалин або порушувалися правила забудови.

Військові дії на Сході України стали причиною руйнування екосистеми в цьому регіоні та виникнення низки екологічних проблем. Крім безпосереднього впливу на екосистеми (дія вогнепальної зброї, мін, військової техніки), велике значення мають і опосередковані ефекти. Так, продукти розпаду багатьох вибухових речовин є токсичними, а паливно-мастильні матеріали, які потрапляють у ґрунти під час експлуатації або знищення техніки, створюють локальні зони забруднень. У багатьох випадках стає неможливим здійснення технічного догляду за господарськими і промисловими спорудами. Через це затоплюються шахти, змінюється рівень ґрунтових вод, виходять із ладу гідроспоруди тощо.

Необхідність утилізації відходів

Значне виробництво відходів, яке можна спостерігати в усіх регіонах України,— від рівня звичайного будинка до масштабів великого промислового комбінату — є серйозною проблемою. Ці відходи треба утилізувати, адже їхня кількість стрімко збільшується. Складувати їх на звалищах немає сенсу, бо площі під звалища в короткі терміни можуть перевищити площу міст, біля яких вони розташовані.

Ще один аргумент на користь утилізації відходів — їхня цінність. Насправді, з точки зору екології, відходів немає. Є велетенський цінний ресурс, який не використовують. Відходи містять велику кількість потрібних і корисних речовин. Їх тільки слід звідти вилучити і використовувати знов. Найбільш перспективним було б створення колообігу потрібних людині речовин і енергії за зразком природних екосистем, у яких речовини постійно циркулюють між окремими ланками, а не накопичуються, утворюючи звалища.

! Ключова ідея

Наша планета є єдиною системою, у якій будь-які процеси рано чи пізно досягають усіх її куточків. Антропогенний вплив став значним фактором, що впливає на стан довкілля. У першу чергу це відбулося через забруднення середовища.

Запитання та завдання

1. Проаналізуйте з точки зору виникнення та вирішення екологічних проблем у рамках Європи використання вирощених та штучних новорічних ялинок (якщо врахувати, що ялинки вирощують на непридатному для промислових лісових насаджень ґрунті).
2. Доведіть на конкретних прикладах, що проблема забруднення атмосфери є дійсно глобальною.

§ 97. Якість довкілля та його забруднення



Поміркуйте

Які ресурси довкілля використовує людина? Які компоненти довкілля необхідні людині для нормальної життєдіяльності?



Згадайте

- Забруднення
- Види забруднень
- Довкілля
- Здоровий спосіб життя

Якість довкілля

Стан довкілля цікавить суспільство не сам по собі. Насамперед людей цікавить питання, як стан середовища буде впливати на їхню життєдіяльність і стан здоров'я. А, як вам уже відомо, різні фактори довкілля можуть діяти в протилежному напрямі щодо людини. Тому було запропоновано поняття **якість довкілля** (якість навколишнього середовища). Воно характеризує придатність довкілля до збереження здоров'я людини і є інтегративним показником, який узагальнює вплив усіх можливих факторів певного середовища на людину.

Якщо стан довкілля такий, який сприяє збереженню або покращенню, то таке середовище вважається здоровим або задовільним. Якщо стан здоров'я людини погіршується, то стан довкілля характеризують як незадовільний. А якщо перебування людини в середовищі може призвести до тяжких незворотних наслідків, то стан довкілля вважається екстремальним.

У сучасному світі якість середовища значною мірою залежить від діяльності самої людини. Більшість проблем, які впливають на здоров'я людини, виникає в результаті антропогенної діяльності. І одним із найнебезпечніших негативних факторів є забруднення середовища продуктами діяльності людини.

Забруднення довкілля

Забруднення довкілля є процесом зміни складу і властивостей однієї або кількох сфер

Землі (атмосфери, гідросфери, літосфери) під впливом певного фактора. Забруднення може бути природним або антропогенним. До розвитку людської цивілізації забруднення довкілля було тільки природним (виверження вулканів, падіння метеоритів, діяльність організмів тощо). Але в наш час найбільшим за масштабом на планеті є антропогенне забруднення.

Антропогенне забруднення відбувається високими темпами, охоплює всю територію планети і впливає на всі оболонки (атмосферу, гідросферу, літосферу). Воно може бути як прямим (відходи виробництва викидаються в річку), так і опосередкованим (інсектициди потрапляють у ті місця, де їх не застосовували через трофічні ланцюги).

Види забруднення довкілля

Забруднення довкілля може бути дуже різноманітним. Відповідно до природи забруднення виділяють три його види: фізичне, хімічне і біологічне. Спільним у всіх видів забруднення є те, що вони змінюють параметри середовища.

Фізичними забрудненнями є ті, що впливають на середовище шляхом зміни його фізичних параметрів:

- радіоактивне;
- світлове;
- шумове;
- електромагнітне;
- теплове тощо.

Хоча деякі з цих типів забруднень не є дуже відомими, але наслідки від їхньої дії можуть бути значними. Так, теплове забруднення водойм може підвищувати температуру води, що стає причиною її цвітіння або перешкоджає нересту тих видів риб, для яких потрібна більш низька температура води в сезон розмноження.

Хімічними забрудненнями є ті, що впливають на середовище шляхом внесення до нього шкідливих речовин:

- пестицидів;
- важких металів;
- поверхнево-активних речовин (ПАР);
- антибіотиків;
- токсинів тощо.



Мал. 97.1. Джерела забруднення довкілля

Ці речовини потрапляють до організмів і трофічними ланцюгами можуть переміщуватися на великі відстані та накопичуватися в деяких живих організмах.

Біологічними забрудненнями є ті, що впливають на середовище шляхом внесення до нього живих організмів, не властивих цим екосистемам:

- сапротрофних мікроорганізмів;
- сапротрофних грибів;
- паразитів;
- збудників захворювань;
- адвентивних видів рослин тощо.

Джерела забруднення довкілля

Джерел забруднення середовища існує дуже багато. Вони можуть виробляти різні види забруднень: тверді відходи, рідкі відходи, газоподібні викиди (мал. 97.1). До основних джерел антропогенних забруднень відносять промислові підприємства, сільськогосподарські підприємства, транспорт, шахти, кар'єри, електростанції (теплові, гідроелектростанції та атомні) тощо. Навіть ті електростанції, які видобувають електроенергію з відновлювальних джерел, є джерелами електромагнітного і теплового забруднень (хоча і дуже помірною забруднення).

Значними джерелами забруднень є населені пункти. Велетенські звалища, які утворюються поблизу них, є джерелом за-

бруднень неабиякою кількістю шкідливих речовин. Повсякденне життя мешканців вимагає безперервного водопостачання і, відповідно, утворення стічних вод із великим умістом речовин побутової хімії.

Критерії забруднення

У випадку спроби оцінювання забруднення виникає питання критерію. Яку кількість речовини вважати забрудненням? Зрозуміло, що кілька молекул амоніаку в озері проблеми не створюють. А скільки створюють? І чи буде створювати проблеми однакова кількість різних речовин? А яка кількість вплине на різні організми?

Для вирішення цієї проблеми було введено поняття гранично допустимої концентрації (ГДК). **Гранично допустима концентрація** — це максимальна кількість шкідливої речовини в одиниці об'єму або маси середовища, яка в процесі щоденного впливу протягом тривалого часу не викликає змін в організмі людини, спадкових змін у нащадків і не порушує нормальне відтворення основних ланок цієї екосистеми.

ГДК визначається окремо для кожної речовини. Її значення встановлюється в законодавчому порядку і вказується у відповідних нормативах. ГДК є критеріями забруднення. Якщо вміст шкідливої речовини перевищив ГДК, забруднення є, якщо не перевищив, забруднення немає.



Ключова ідея

Якість довкілля є показником, який характеризує придатність середовища існування для життя людини. Забруднення середовища суттєво погіршує якість довкілля. Критеріями забруднення є ГДК — гранично допустимі концентрації шкідливих речовин.



Запитання та завдання

1. Чи буде ГДК для однієї речовини однаковим для водного середовища і для ґрунту?
2. Якщо в середовище потрапить кілька шкідливих речовин, концентрація яких перевищить ГДК, то чи може їх спільна дія на екосистему відрізнятись від дії кожної з них поодиночі?

§ 98. Порушення якості атмосфери



Поміркуйте

Які речовини поглинають із повітря рослини і тварини? Які речовини виділяють у повітря рослини і тварини?



Згадайте

- Оболонки Землі
- Атмосфера
- Кругообіг речовин
- Види забруднення

Вплив людини на атмосферу

Забруднення атмосфери є одним із найбільших за масштабом антропогенних забруднень (мал. 98.1). В атмосферу потрапляють усі види забруднень — фізичні, хімічні і біологічні. Загальні обсяги викидів всіх речовин щорічно сягають кількох мільярдів тонн.

Основні речовини, які викидають в атмосферу:

- карбон(IV) оксид,
- карбон(II) оксид,
- оксиди Нітрогену,
- оксиди Сульфуру,
- метан,
- ароматичні вуглеводні,
- промисловий пил тощо.

Крім викидів різноманітних речовин, людство здійснює теплове, світлове і шумове забруднення атмосфери.

Основними джерелами забруднення атмосфери є промислові виробництва в галузі металургії та хімічних виробництв, теплові електростанції, транспорт (особливо автомо-



Мал. 98.1. Викиди в атмосферу

більний). Також суттєво забруднюють атмосферу тваринницькі ферми (жуйні тварини є одними з найбільших виробників метану) та звалища (мікрорганізми у процесі переробки відходів виробляють значні кількості метану, CO_2 та інших газів).

Значними забруднювачами атмосфери стали великі міста. Велика концентрація на обмеженій території чималої кількості транспортних засобів різко ускладнює рух на дорогах і сприяє утворенню транспортних заторів. Відповідно, транспорт рухається повільно і часто тривалий час стоїть з увімкненими двигунами. Це значно збільшує викиди в атмосферу продуктів згоряння палива.

Крім того, великі міста потребують забезпечення електроенергією і гарячою водою. Для цього в більшості випадків використовують теплові електростанції, які можуть одночасно забезпечувати виробництво і електроенергії, і гарячої води. Але більша частина теплоелектростанцій як паливо використовує вугілля, під час згоряння якого в атмосферу потрапляє не тільки вуглекислий газ, але й багато твердих часток.

Наслідки забруднення атмосфери

Наслідки забруднення атмосфери є дуже неприємними. Оксиди Сульфуру і Нітрогену, які потрапляють в атмосферу, взаємодіють із парами вологи в повітрі й утворюють кислоти, що стає причиною появи кислотних дощів. Випадання опадів із підвищеною кислотністю погіршує стан екосистем, сприяє деградації лісів і руйнує штучні споруди (у тому числі історичні пам'ятки).

Ще один украй негативний наслідок забруднення атмосфери — збільшення в ній концентрації парникових газів. Молекули цих газів затримують енергію сонячних променів, які відбиваються від поверхні планети. За їх високої концентрації тепло починає накопичуватися в атмосфері, що стає однією з головних причин глобального потепління. Найважливішими парниковими газами є вода, вуглекислий газ і метан.

Також неприємним наслідком забруднення атмосфери стало руйнування озоново-



го шару в атмосфері. Шар озону ефективно захищає поверхню планети від ультрафіолетового випромінювання. І його пошкодження спричиняє різке зростання ризику раку шкіри та цілої низки мутацій. На стан озонового шару негативно вплинули викиди фреонів та польоти реактивних літаків.

Утворення смогу

Одним із найсерйозніших наслідків забруднення атмосфери стало утворення смогу. Смог є аерозолем, який складається з диму, пилу і туману та виникає у великих містах за умов штильової погоди і значної кількості атмосферних викидів (мал. 98.2). Смог може утворитися через рельєф місцевості та особливості міської забудови, які ускладнюють продування вулиць вітром і сприяють концентрації забруднюючих речовин на певній території. В утворенні смогу беруть участь вихлопні гази транспорту та пил, який підіймається під час його руху, викиди опалювальних систем та промислових підприємств.

Розрізняють три типи смогу — димовий, фотохімічний і крижаний. *Димовий* смог утворюється за умов високої вологості, температури близької до 0°C та високої концентрації оксидів Карбону і Сульфуру, а також сажі. *Фотохімічний* смог утворюється за умов низької вологості, жаркої погоди (30°C) і високої концентрації забруднюючих речовин, які активно взаємодіють між собою під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця. Речовини, що утворюються в результаті таких реакцій, є набагато більш токсичними, ніж вихідні забруднювачі. *Крижаний* смог утворюється за температури нижче – 30°C та високої вологості повітря. У цьому випадку повітря складається з туману і з мікрокришталіків льоду, на яких адсорбується велика кількість забруднюючих речовин. Цей тип смогу трапляється в містах полярних регіонів.

Смог надзвичайно шкідливий для здоров'я людей. Під впливом смогу погіршується само-



Мал. 98.2. Під час смогу населення вимушене захищати органи дихання

почуття тих, хто страждає на серцево-судинні та алергічні захворювання, астму, у багатьох мешканців міст виникає запалення слизових оболонок, сильно страждають очі. Під час смогу різко зростає смертність уразливих категорій населення.

Крім шкоди для здоров'я людей, смог може негативно впливати на будівлі та пам'ятники. Агресивні хімічні речовини, які входять до складу аерозолу, прискорюють корозію металевих елементів та погіршують стан інших компонентів будівель та пам'яток.

Охорона атмосфери

Для охорони атмосфери необхідне застосування як технічних, так і законодавчих заходів із метою зменшення масштабів забруднення атмосфери. Але заходи із захисту атмосфери в межах однієї країни є малоєфективними, бо всі зусилля будуть компенсуватися забрудненням атмосфери в інших країнах.

Тому 1997 року на сесії Генеральної Асамблеї ООН був прийнятий відповідний документ, який визначає та координує напрями роботи національних урядів у межах програми з підтримки чистоти атмосфери. Також 1997 року було прийнято Кіотський протокол — міжнародний документ, спрямований на регулювання викидів в атмосферу парникових газів.



Ключова ідея

Внаслідок своєї діяльності людина суттєво впливає на атмосферу. Значною проблемою є забруднення атмосфери, яке здійснюється всіма видами забруднювачів. Для охорони атмосфери застосовують як технологічні, так і законодавчі механізми.



Запитання та завдання

1. До яких наслідків може призвести теплове і світлове забруднення атмосфери?
2. Складіть перелік основних джерел викидів парникових газів в атмосферу для вашої місцевості.

§ 99. Порушення якості води



Поміркуйте

Які речовини поглинають із води рослини і тварини? Які проблеми можуть виникнути у рослин і тварин за нестачі води?



Згадайте

- Оболонки Землі
- Гідросфера
- Водні екосистеми
- Водопостачання

Вплив людини на гідросферу

Забруднення гідросфери постійно збільшується. В атмосферу потрапляють усі види забруднень — фізичні, хімічні і біологічні. За місцем потрапляння забруднень виділяють забруднення підземних вод, прісних вод і океанів.

Основні речовини, які викидають у гідросферу:

- глина, мул та інші речовини;
- нафтопродукти;
- солі важких металів;
- поверхнево-активні речовини;
- пестициди;
- мікроорганізми;
- радіонукліди тощо.

Але тільки забрудненням вплив людини на гідросферу не обмежується. Побудова гідроелектростанцій, каналів і гребель стала причиною різкої зміни водного режиму багатьох річок. Створення водоймищ та осушен-

ня сільськогосподарських угідь призвело до зміни рівня ґрунтових вод. Активний водозабір та інші заходи поставили під загрозу існування багатьох малих річок.

Наслідки забруднення гідросфери

Наслідки впливу людини на гідросферу відбилися на стані як водних, так і наземних екосистем. Велика кількість забруднювачів стала причиною масової загибелі організмів у прісних і солоних водоймах. Гинули як тварини, так і рослини та мікроорганізми. У багатьох випадках суттєво змінювався видовий склад екосистем.

Через накопичення в організмах представників водних екосистем шкідливих речовин страждали і наземні тварини. Вони поїдали рибу та інших водних жителів і отруювалися накопиченими в них шкідливими сполуками.

Теплове забруднення водойм водами із систем охолодження електростанцій і промислових підприємств ускладнило процеси розмноження багатьох видів та сприяло більш частому виникненню явища цвітіння води. Наявність гребель гідроелектростанцій перекрила шлях до місць нересту прохідним риbam.

Явище цвітіння води виникає в результаті швидкого надмірного розмноження водоростей, велика кількість яких змінює колір поверхневих шарів води у водоймах (мал. 99.1). Це явище може виникати і без



Мал. 99.1. Цвітіння води за участі різних водоростей



Дізнайтеся більше

Ефект цвітіння води може виникати як результат розмноження водоростей із різних систематичних груп. Це і прокаріотичні ціанобактерії, і різноманітні одноклітинні еукаріотичні водорості (наприклад, діатомові), і навіть багатоклітинні водорості великих розмірів. Але в кожному конкретному випадку переважає певний вид або група видів водоростей.

Цвітіння води може відбуватися як у солоних, так і в прісних водоймах.

Колір води у випадку цвітіння залежить від того, які саме водорості розмножуються. Він може бути зеленим, жовтим, коричневим, червоним (червоні припливи) або й чорним.

участі людини. Але сільськогосподарська та промислова діяльність різко підвищують ризик його виникнення. Причиною такого ефекту є велика кількість речовин, які потрапляють у водойми в результаті антропогенної діяльності і створюють гарні умови для росту і розмноження водоростей. До таких речовин належать сполуки Фосфору, Нітрогену.

Швидке розмноження водоростей підвищує їх концентрацію в поверхневих шарах води. Частина особин водоростей гине і починає розкладатися, зв'язуючи розчинений у воді кисень. Результатом цього стає загибель багатьох водних організмів від задухи. Деякі водорості також можуть виділяти у воду токсини, що також збільшує масштаби загибелі організмів.

Крім надходження потрібних для водоростей речовин, антропогенна діяльність сприяє цвітінню вод ще через низку факторів. Інтенсивні водозабори стають причиною обміління водойм, а наявність гребель електростанцій, мостів та різноманітних гідротехнічних споруд уповільнює течію. Усе це сприяє розмноженню водоростей і збільшує ризик цвітіння води.



Ключова ідея

Людина суттєво впливає на гідросферу внаслідок своєї діяльності. Значною проблемою є забруднення гідросфери, яке здійснюється всіма видами забруднювачів. Для охорони гідросфери застосовують як технологічні, так і законодавчі механізми.

Дефіцит водних ресурсів

Надмірне забруднення і порушення гідрологічного режиму значно збільшило масштаби ще однієї проблеми — дефіциту питної води. Води на нашій планеті багато. Але більша її частина є солоною або міститься у складі льодовиків полярних регіонів та гірських місцевостей. А для нормального життя і господарської діяльності людям потрібна прісна вода. У багатьох регіонах планети вода стала найбільш дефіцитним ресурсом, що робить неможливим вирощування культурних рослин і розведення тварин, наприклад у багатьох південних регіонах.

Проблему дефіциту водних ресурсів суттєво загострило швидке збільшення кількості населення нашої планети і пов'язані з цим процеси росту промисловості та вирощування сільськогосподарської продукції. За останні сто років споживання водних ресурсів збільшилося приблизно в десять разів. Найбільш забезпеченим регіоном щодо водних ресурсів на планеті вважають Південну Америку, а найменш забезпеченим — Близький Схід. Також великі проблеми із забезпеченням водою мають країни Північної Африки. В Україні найбільш проблемним регіоном щодо забезпечення питною водою є Крим.

Оцінка екологічного стану водойм і охорона гідросфери

Охорона гідросфери потребує міжнародних зусиль і виконання низки як технічних, так і законодавчих заходів. При цьому основні зусилля спрямовуються на перешкодження потраплянню забруднень у водне середовище. Бажано широке впровадження безвідходних технологій та побудова сучасних комплексів очищення викидів.

Ефективна охорона водних ресурсів неможлива без адекватної оцінки стану водойми. Але спеціального показника для цього не існує, і оцінка виконується на основі комплексного підходу за системою показників (фізичних, хімічних, мікробіологічних).



Запитання та завдання

1. До яких наслідків може призвести порушення гідрологічного режиму річки (на прикладі Дніпра)?
2. Складіть перелік основних джерел викидів у водойми для вашої місцевості.

§ 100. Проблеми геологічного середовища



Поміркуйте

Які речовини поглинають із ґрунту рослини і тварини? Які проблеми можуть виникнути в рослин через погіршення якості ґрунту?



Згадайте

- Оболонки Землі
- Літосфера
- Ґрунт
- Мінеральне живлення

Вплив людини на ґрунти

Забруднення ґрунтів стало значною проблемою для багатьох регіонів планети (мал. 100.1). У ґрунти потрапляють усі види забруднень — фізичні, хімічні і біологічні. Хімічні забруднювачі ґрунтів можуть бути неорганічними або органічними сполуками.

Основні речовини, які потрапляють у ґрунти як забруднювачі:

- мінеральні добрива;
- неорганічні кислоти і луги;
- солі важких металів;
- поверхнево-активні речовини;
- пестициди;
- мікроорганізми;
- нафтопродукти і барвники тощо.

Але люди впливають на ґрунти й не лише через забруднювачі. Великою проблемою стала деградація ґрунтів. Терміном **деградація ґрунтів** називають явище погіршення корисних властивостей та родючості ґрунту. Вона

може бути наслідком як природних процесів, так і антропогенного впливу. Нині антропогенні причини деградації ґрунтів переважають (мал. 100.2).

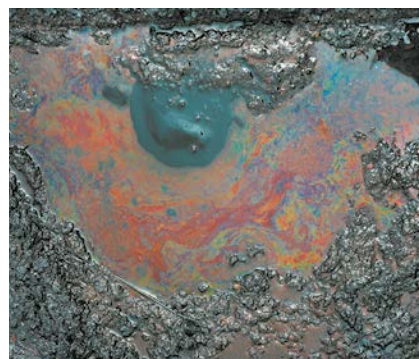
Основними антропогенними причинами деградації ґрунтів є такі:

- сільськогосподарська діяльність із використанням застарілих агротехнологій;
- знищення лісів;
- видобуток корисних копалин;
- випасання домашньої худоби;
- невдала меліорація;
- забруднення твердими побутовими відходами;
- поширення інвазивних видів.

Наслідки впливу людини на ґрунти

Наслідків впливу людини на ґрунти багато, і переважно вони є дуже негативними. Під впливом дій людини підсилюється вітрова та водна ерозія ґрунту. Фізичні, хімічні і біологічні (а відповідно, і економічні) властивості ґрунтів погіршуються. Рослинний покрив знищується і може зникати надовго. Це значно підсилює процеси деградації ґрунтів. Деградація ґрунтів стає причиною погіршення їхньої родючості, і як результат — зменшення врожаїв та підвищення дефіциту продовольства.

Невдала меліорація часто закінчується засоленням ґрунтів. Надмірний випас худоби знищує трав'яний покрив і сприяє руйнуванню родючого шару ґрунту шляхом ерозії. А знищення лісів негативно впливає



Мал. 100.1. Забруднення ґрунтів



Мал. 100.2. Антропогенна деградація ґрунтів

на весь регіон, навіть на далекі від місць вирубки відстані.

Великою проблемою є техногенні аварії і катастрофи. Результатом звичайної автомобільної аварії є потрапляння в ґрунт відносно невеликої кількості паливно-мастильних матеріалів та електроліту з акумулятора. Але таких аварій відбувається багато. І їхній сумарний внесок у забруднення ґрунтів досить значний.

Великі за масштабом аварії на підприємствах можуть мати катастрофічні наслідки. Найбільш відомою аварією на території України стала катастрофа на Чорнобильській АЕС. Її наслідки — величезні території, на яких ґрунти були забруднені радіонуклідами.

Охорона ґрунтів

Охорона ґрунтів потребує міжнародних зусиль, хоча може бути ефективною і в межах однієї країни. Але деградація ґрунтів в інших країнах все одно впливатиме на ситуацію, бо країнам із деградованими ґрунтами загрожуватиме голод.

Для здійснення охорони ґрунтів є необхідним виконання низки як технічних, так і законодавчих заходів. При цьому основні зусилля спрямовуються на перешкоджання потраплянню забруднень у ґрунти. Бажано

широке впровадження безвідходних технологій та побудова сучасних комплексів очищення викидів.

Важливим фактором, який дозволяє зберігати і навіть відновлювати родючість ґрунтів, є дотримання правильної сівозміни під час вирощування сільськогосподарських культур. В основу правильної сівозміни покладено явище природного відновлення родючості ґрунтів. Також родючість ґрунту формується значною мірою завдяки діяльності живих організмів. Тому їх грамотне використання може відновлювати цю родючість.

Правильна сівозміна передбачає чергування посівів різних культур на певних ділянках. Деякі з них можуть збагачувати ґрунт окремими речовинами (наприклад, бобові збагачують ґрунти сполуками Нітрогену за рахунок діяльності симбіотичних бактерій). Крім того, велике значення мають періодичні перерви у вирощуванні культур (тримання землі «під паром»). У такі періоди мікробіоценози ґрунту можуть без перешкод відновлювати його родючість.

Суттєвий вплив на стан ґрунтів можуть мати і способи їх обробки, для яких використовують спеціальну техніку та знаряддя. Важливим є і правильне застосування добрив (як мінеральних, так і органічних). Їх внесення створює оптимальні умови для життєдіяльності ґрунтового біоценозу і вирощування рослин.



Ключова ідея

Людина суттєво впливає на геологічне середовище за рахунок своєї діяльності, і найбільше через це страждають ґрунти. Значною проблемою є забруднення ґрунтів, яке здійснюється всіма видами забруднювачів. Для охорони ґрунтів застосовують як технологічні, так і законодавчі механізми.



Запитання та завдання

1. Запропонуйте способи утилізації відходів, які дозволять зменшити забруднення ґрунтів у вашій місцевості.
2. Складіть перелік основних джерел забруднень ґрунтів, характерних для вашого регіону.

§ 101. Проблеми біологічного різноманіття



Поміркуйте

Які найбільші систематичні групи виділяють серед живих організмів? Яка приблизна кількість видів живих організмів існує на нашій планеті?



Згадайте

- Біорізноманіття
- Екосистеми
- Трофічні зв'язки
- Трофічні сітки

Вплив людини на біорізноманіття

Людина значну частину своєї еволюційної історії була звичайною ланкою екосистем савани і впливала на видовий склад цих біомів не більше, ніж інші види. Але після розвитку технологій виготовлення досконаліших знарядь і прийомів колективного полювання людина стала дуже ефективним хижаком. Вимирання багатьох видів кінця епохи зледеніння пов'язують саме з успішним полюванням людей на ці види.

Значно більший вплив людини на біорізноманіття розпочався після виникнення землеробства. Тепер під антропогенним тиском опинилися види, які людина і не помічала. Але вона розширювала площі під посіви і знищувала середовище існування багатьох видів.

Також людина почала активно винищувати види, які вважала своїми конкурентами, насамперед хижаків, які полювали чи потенційно могли полювати на одомашнених тварин. Так, починаючи з виникнення земле-



Мал. 101.1. Вимерлий сумчастий вовк тилацин

робства невпинно скорочувався ареал вовка. А після заселення білими переселенцями великого острова Тасманія знадобилося приблизно сто років для повного винищення тасманійського сумчастого вовка (мал. 101.1). Фермери вважали, що він може бути потенційною загрозою для овець.

Суттєвої шкоди біорізноманіттю багатьох островів завдав розвиток мореплавання. Люди заселяли острови і легко знищували невеликі за чисельністю популяції місцевих видів тварин і рослин. Навіть якщо острів не заселявся, періодичні відвідини його мореплавцями негативно впливали на екосистему, бо ніяких обмежень у винищенні тварин і рослин люди не дотримувалися.

У випадку заселення островів великою загрозою для місцевих тварин ставали ті тварини, які завозилися на острови людиною. Свині, кішки, собаки, пацюки розорювали гнізда птахів, ловили та їли дорослих тварин усіх видів. Місцеві мешканці просто не встигали виробити способи захисту від нових хижаків і вмирили.

Поганою ідеєю було завезення на острови кіз. На ненаселених островах їх просто випускали, щоб ті там жили і розмножувалися. А мореплавці, які потім припливали до таких островів, на них полювали і запасали м'ясо. На обжитих островах кіз просто тримали як домашніх тварин. На жаль, кози виявилися чудовими скалолазами. Вони могли навіть забиратися на похилі дерева й об'їдати їхнє листя. Надмірне розмноження цього виду без контролю хижаків перетворило низку островів на голі скелі з майже відсутньою рослинністю. А без рослинності вмирили і всі інші острівні види.



Дізнайтеся більше

Маврикійський дронт (або додо) був уперше описаний 1598 року як мешканець острова Маврикій. Для його знищення знадобилося менше ста років. На цього великого (до 20 кг) нелітаючого представника голубоподібних полювали заради м'яса. А гнізда птаха винищувалися свинями та собаками, яких завезли на острів.



Мал. 101.2. Американські види, акліматизовані на території України: соняшник, ондатра і робінія (біла акація)

Після початку промислової революції вплив на біорізноманіття збільшився за рахунок різкого зростання шкідливих викидів відходів виробництва. І це стало ще однією причиною вимирання видів. Дуже погано на біорізноманіття впливає видобуток ресурсів (вирубання лісу, добування корисних копалин тощо). Порушення гідрологічного режиму річок для потреб енергетики завдає шкоди річковим екосистемам, а створена система автомобільних доріг — наземним.

Акліматизація та реакліматизація видів

Вплив людини на біорізноманіття може бути і непрямим. За рахунок того, що людина цілеспрямовано або випадково завозила нові види в ці регіони, виникали проблеми для аборигенних видів. Заселення видів на нові території називають **інтродукцією**.

Під час інтродукції організми пристосовуються до кліматичних умов нових регіонів. Цей процес називають **акліматизацією**. Прикладом акліматизації є вирощування на території України кукурудзи і соняшника (рослини, батьківщиною яких є Америка) та інших видів (мал. 101.2).

Якщо організм колись жив у цьому регіоні і його завезення було повторним, то



Ключова ідея

Біологічне різноманіття є одним із ключових факторів збереження екосистем. Зниження біорізноманіття різко підвищує ризик для функціонування всієї екосистеми. Людина суттєво впливає на біорізноманіття за рахунок як прямого впливу (полювання, риболовлі тощо), так і опосередкованого (знищення середовища існування).

такий процес називають **реакліматизацією**. Так, під час плейстоценового вимирання мегафауни вівцебики вимерли на півночі Євразії, але збереглися на півночі Північної Америки. Цей вид знову завезли до Євразії, і він почав поширюватися територіями, на яких жив раніше.

Потреба у збереженні біорізноманіття

Біорізноманіття є дуже цінним ресурсом нашої планети. Наявність великої кількості видів робить зв'язки в екосистемах більш різноманітними. Різноманітні зв'язки і розгалужені трофічні сітки збільшують стійкість екосистем до зовнішніх впливів. Тому збереження окремих видів збільшує стійкість і всієї екосистеми, а їх вимирання, навпаки, стійкість зменшує.

Крім того, чимало організмів можуть виробляти важливі для людини речовини, цінність яких поки невідома, але стане необхідною майбутнім поколінням. Наприклад, зараз у фармакологічних препаратах широко застосовують речовини, отримані з дерева гінкго. Але ця рослина свого часу майже повністю вимерла і збереглася лише в умовах штучного вирощування. Якби не ця випадковість, ми б не отримали низку корисних медичних препаратів.



Запитання та завдання

1. Чому заселення території новими видами може стати причиною екологічної катастрофи в новому для них регіоні? Поясніть на конкретних прикладах.
2. Виберіть один із видів організмів, який було завезено та акліматизовано в Україні, і поясніть на його прикладі проблеми акліматизації видів.

§ 102. Охорона природи



Поміркуйте

Які види тварин і рослин із Червоної книги України живуть у вашому регіоні? Яких заходів слід ужити для охорони цих видів?



Згадайте

- Біорізноманіття
- Природоохоронні території
- Екосистеми
- Антропогенний вплив

Екологічний стан території України

Екологічний стан території України характеризується наявністю як спільних для всієї території проблем, так і великої кількості регіональних особливостей. Проблемами всієї території країни є значне антропогенне навантаження, недостатня кількість і якість очисних споруд, нераціональне природокористування в багатьох галузях господарства.

До специфічних регіональних проблем належить забруднення певними шкідливими речовинами (для різних регіонів вони різні). Так, для зони навколо місця аварії на Чорнобильській АЕС характерне забруднення радіонуклідами. А для областей із високою концентрацією промислових виробництв (Дніпропетровська, Запорізька) — важкими металами.

Карпатський регіон страждає від надмірного вирубування гірських лісів і, відповідно, посилення ерозійних процесів та повеней (мал. 102.1). Для південних регіонів існує реальна проблема дефіциту водних ресурсів. На сході країни серйозну екологічну небезпеку становлять бойові дії.

Великою проблемою як на регіональних, так і на місцевих рівнях є накопичення твердих побутових відходів. Одним із найбільш важливих факторів, який ускладнює цю проблему, є використання в побуті і в різних промислових та сільськогосподарських виробництвах великої кількості полімерних матеріалів.

Пластикові пляшки, пакети, упаковка, ізоляційні матеріали — усе це після використання потрапляє на смітники. І це ще в кращому разі. Часто після використання ці відходи просто викидають (мал. 102.2). Оскільки для їх розкладання природним шляхом потрібно дуже багато часу, вони стають великою проблемою для всіх груп організмів — від бактерій до великих ссавців.

Напрямки охорони природи

Основним напрямом охорони природи в Україні і світі залишається максимально можливе збереження природних екосистем, охорона біорізноманіття, зниження рівня антропогенного впливу на природу. Перспек-

Природоохоронні території України

Тип природоохоронної території	Характеристика природоохоронної території
Природні заповідники	Території, на яких заборонені будь-які види господарської діяльності й туризм. На території України є 19 заповідників
Заказники	Території, на яких охороняються певні види тварин та рослин і допускається обмежена господарська діяльність. Можуть бути постійними або тимчасовими
Національні парки	Території, на яких в обумовлених межах дозволено організований туризм і екскурсії
Біосферні заповідники	Території для збереження унікальних ландшафтів, флори і фауни
Пам'ятки природи	Окремі природні об'єкти із заповідним режимом, що мають наукове, культурне, історичне або естетичне значення



Мал. 102.1. Вирубвання лісу в Карпатах

тивними напрямами є створення безвідходних виробництв, вторинна переробка відходів і раціональне природокористування.

Вторинна переробка відходів не лише вирішує проблему їх утилізації. Вона ще й надає можливість отримувати прибуток від сміття, яке раніше вважалося шкідливим непотребом. Ще одна користь, яку можна отримати від використання таких технологій,— переробка раніш створених звалищ, які стали досить великою проблемою для мешканців населених пунктів, розташованих неподалік від них.

Сучасна концепція охорони природи побудована на комплексному підході, коли охороняються всі компоненти довкілля. Можна заборонити полювання на якийсь вид тварин. Але це не матиме сенсу, якщо будуть знищені місця існування цього виду. Він усе одно вимре, але трохи пізніше. Якщо зберегти місця проживання, але знищити вид, яким ця тварина харчується, чи довести викиди у воду, яку вона п'є, до токсичного рівня, то результат буде той самий — вимирання.

Способи охорони та збереження природи

Для захисту й збереження природних екосистем використовують багато технологій. Для цього на різних рівнях (науковому, законодавчому, господарському тощо) жи-

вають цілу низку заходів зі збереження як окремих видів, так і цілих екосистем. Виконують активну громадську роботу. Створюють так звані Червоні книги — затверджений перелік рідкісних видів і таких, що зникають, який містить короткі відомості про їхню біологію, поширення та вжиті заходи охорони. А для збереження екосистем виділяють природоохоронні території. В Україні є кілька видів природоохоронних територій.

Різноманіття форм природоохоронних територій виникло через те, що вони вирішують різні завдання. Крім того, не слід забувати, що людина для свого існування потребує використання природних ресурсів, у тому числі біологічних. Тому неможливо перетворити всі землі на повністю заповідні території. Але й без існування заповідних територій обійтися аж ніяк не можна. Вони є основою, завдяки якій вдається зберігати природні екосистеми й існуюче біорізноманіття.



Мал. 102.2. Накопичення пластикового сміття на березі водойми в Карпатах

! Ключова ідея

Охорона природи здійснюється в Україні на основі певних законодавчих актів та постанов. Її потреба випливає з неблагополучного стану природного середовища на більшій частині території України.

≡ Запитання та завдання

1. Складіть перелік природоохоронних територій вашого регіону.
2. Складіть карту екологічного стану свого регіону.

§ 103. Природокористування та природні ресурси



Поміркуйте

Які ресурси є необхідними для забезпечення життєдіяльності сучасної людини? Чи змінилася потреба в ресурсах для людини за останні сто років?



Згадайте

- Обмін речовин
- Харчування
- Екосистема
- Ресурси середовища

Природокористування та його види

Природокористування є галуззю наукової і виробничої діяльності людини, сукупністю всіх засобів суспільства для використання та відновлення природного середовища і природних ресурсів для розвитку продуктивних сил та забезпечення сприятливих умов для життєдіяльності людини.

Природокористування передбачає всі впливи людства на природу. Воно повинно бути ефективним, щоб не виснажити природне середовище, бо це може стати причиною вимирання людства.

Існує кілька різних класифікацій природокористування. Основними його типами вважають промислове, сільськогосподарське і рекреаційне. Розрізняють також раціональне і нераціональне природокористування. Характерною ознакою раціонального природокористування є раціональне освоєння та перетворення довкілля, його вивчення й охорона.

За типом використаних природних ресурсів розрізняють:

- землекористування;
- водокористування;
- лісокористування;
- використання мінеральних ресурсів тощо.

Природні ресурси

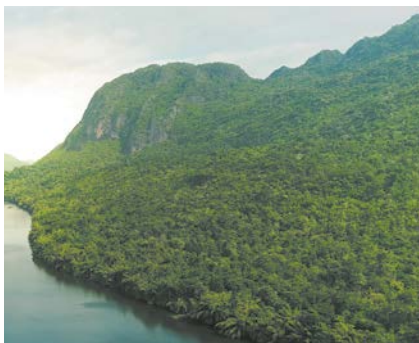
У процесі природокористування людина потребує природних ресурсів. Природними ресурсами називають компоненти природного середовища, які оточують людину і використовуються для задоволення потреб як самої людини, так і всього суспільства.

Природні ресурси — це об'єкти живої і неживої природи, корисні копалини, клімат, ландшафт, водойми тощо (мал. 103.1). Основним напрямом сучасного використання природних ресурсів є його комплексність. Якщо раніше комплексне використання ресурсів траплялося не так часто, то тепер воно є складовою раціонального природокористування.

Розрізняють природні ресурси живої та неживої природи. Вони є важливими складовими довкілля і створюють середовище, у якому живе людина.

Класифікації природних ресурсів

Природні ресурси є дуже різноманітними і можуть використовуватися в різні способи. Тому існує кілька різних класифікацій природних ресурсів, побудованих за різними принципами.



Мал. 103.1. Природними ресурсами є ліс, водойма, корисні копалини



За походженням природні ресурси поділяють на біотичні і абіотичні. Біотичні ресурси виникають завдяки діяльності біосфери. До них входять не лише живі організми, але й ті продукти і речовини, які виникають завдяки їхній діяльності. Так, біотичними за походженням є викопні види палива, такі як вугілля, торф або нафта. Абіотичні ресурси походять із неживого, абіотичного матеріалу. Це граніти, базальти, руди золота, срібла, міді та інших металів, прісна вода. Хоча інколи провести чітку межу між цими двома типами ресурсів важко. Наприклад, більшість сучасних руд Феруму виникли завдяки діяльності залізобактерій, яка відбувалася в давні геологічні епохи.

За можливістю використання розрізняють потенційні, фактичні, резервні та фондові ресурси. Фактичними є ресурси, які використовуються нині, а потенційними — ресурси, які ще не використовуються, але розробка яких уже цілком можлива на певному етапі. Резервними називають ресурси, які вже можуть використовуватися, але на сьогодні розробка таких ресурсів не є достатньо прибутковою. Фондовими називають ресурси, які можуть бути використані після розробки відповідних технологій.

Прикладом переходу ресурсів з одного виду в інший є ситуація зі сланцевим газом. Поки не існувало технологій його видобування, він вважався фондовим ресурсом. Після розробки відповідних технологій і початку видобування сланцевий газ став фактичним ресурсом, а на тих територіях, де його видобування не почалося, — потенційним (наприклад, в Україні). Глибоко розташовані запаси сланцевого газу в Китаї є резервним ресурсом, бо існуючі технології ще не дозволяють достатньо прибуткове їх використання. Але роботи щодо створення технологій, потрібних для його прибуткового видобування, уже завершуються.



Ключова ідея

Людина своєю діяльністю постійно впливає на природу, усе це є частиною процесу її природокористування. Так, людина використовує природні ресурси, які можуть бути відновними або невідновними.

Проблеми використання природних ресурсів

За здатністю до відновлення розрізняють відновні й невідновні природні ресурси. Невідновні ресурси після використання не відновлюють свій кількісний і якісний стан або відновлюють його дуже довго. Такі природні ресурси є вичерпними. До них відносять усі корисні копалини: нафту, газ, руди, торф тощо.

Відновні природні ресурси здатні відновлювати свій кількісний і якісний стан після використання. Такі ресурси є невичерпними. До них належать енергія Сонця, рослинний і тваринний світ, енергія вітру і річок тощо.

Нераціональне використання природних ресурсів може створювати цілу низку проблем. Так, надмірне використання відновних біотичних ресурсів може погано позначитися на стані екосистем. Наприклад, у випадку масштабного вирубування лісів або надто інтенсивного випасання скота.

Невідновні ресурси також створюють проблеми під час та після свого використання. Шахти, які використовують для добування вугілля або руд різних металів, суттєво впливають на стан і динаміку ґрунтових вод у місці свого розташування. А добування корисних копалин відкритим способом створює велетенські котловани та відвали порожньої породи, які значно змінюють ландшафти екосистем і впливають на їхній стан.



Практична робота

Критичний аналіз існуючих класифікацій природних ресурсів

1. Складіть перелік існуючих класифікацій природних ресурсів.
2. Для кожної класифікації запишіть принципи, покладені в основу, переваги і недоліки.
3. Сформулюйте висновки.



Запитання та завдання

1. Складіть перелік ресурсів, які ви використали протягом одного дня свого життя.
2. Визначте, на які ресурси багатий ваш регіон, а які ресурси у вашому регіоні є дефіцитом.

§ 104. Закони природокористування

? Поміркуйте

Чи може людина існувати, не здійснюючи природокористування? Обґрунтуйте свою точку зору.

← Згадайте

- Природокористування
- Природні ресурси
- Екосистема
- Біосфера

Основні закони природокористування

Природокористування повинно бути раціональним. Для цього необхідно знати певні закономірності, які слід враховувати у процесі природокористування, і мати базові екологічні знання для можливості прогнозування наслідків своїх дій.

Існує кілька основних законів природокористування, дотримання яких робить його більш ефективним.

Деякі закони природокористування

Назва закону	Зміст закону
Закон Комонера	Усе пов'язано з усім. Усе повинно кудись діватися. Природа знає краще. За все доводиться платити
Зміни внутрішньої динамічної рівноваги	Зміни в одному компоненті природного середовища неодмінно викликають зміни в усіх інших компонентах
Правило «охримої світи»	Еколого-економічний потенціал екосистеми є величиною відносно стабільною. Якщо в одному місці збільшиться, то в іншому зменшиться
Закон розвитку за рахунок зовнішнього середовища	Будь-яка природна система є відкритою і може існувати лише в умовах надходження енергії та речовини з навколишнього середовища. Виходячи з цього можна стверджувати: абсолютно безвідходне виробництво, неможливе, природні системи Землі існують не тільки за рахунок планетарних, але й за рахунок космічних ресурсів
Закон спільної дії природних чинників	Величина врожаю залежить не від одного, навіть лімітованого, чинника, а від сукупності всіх чинників, які діють одночасно
Закон максимуму	У певному природному комплексі може утворитися біомаса або родючий шар ґрунту не більший, ніж властивий цій системі, за умови поєднання ідеальних умов
Закон обмеженості природних ресурсів	Будь-які природні ресурси обмежуються так званими лімітами вимог. Це стосується навіть невичерпних ресурсів, бо, наприклад, кількість сонячної енергії, яка надходить до планети, лімітується випроміненням Сонця і не може суттєво змінюватися. Відповідно, ті ресурси, які від неї залежать (вітер, вода, сонячна радіація тощо), мають відповідні обмеження щодо потенційно можливих об'ємів використання
Закон падіння природно-ресурсного потенціалу	У межах певної суспільно економічної формації, яка використовує незмінний спосіб виробництва й однотипні технології, природні ресурси декотрих видів вичерпуються і стають менш доступними
Правило територіальної екологічної рівноваги	Стабільність і стійкість середовища існування людства може забезпечуватися тільки природними екосистемами. Максимальний еколого-економічний ефект досягається за такого співвідношення площ: 40 % видозмінених людиною і 60 % природних



Управління природними системами

Управління природними системами є надзвичайно важливим процесом, бо від його ефективності залежить процес природокористування і подальша доля цієї екосистеми. В історії людства було чимало прикладів, коли неефективне управління ставало причиною екологічних катастроф і великих соціальних потрясінь. Класичним прикладом такого неефективного управління є історія острова Пасхи, населення якого ще до приходу європейців пережило жорстоку екологічну кризу, що виникла внаслідок неефективного використання природних ресурсів острова.

Ще одним прикладом неефективного управління природними системами є історія заселення Гренландії вікінгами, які жили там у X–XV століттях. Поселення вікінгів спочатку розрослося, але потім занепало і повністю вимерло. Причин цього було досить багато. Це і погіршення клімату, і втрата зв'язку з Європою, і можливі сутички з інуїтами. Але однією з головних була, безумовно, нездатність адаптуватися до умов життя в цьому природному середовищі.

Так, гренландські вікінги з якихось причин повністю ігнорували рибу як продукт харчування. Це значно звужувало їхній харчовий раціон. А вирощування сільськогосподарської продукції та худоби стало неможливим через зміни клімату. У той же час інуїти, які з'явилися у Гренландії пізніше, ефективно використовували всі місцеві природні ресурси і цілком ефективно вижили в цих важких умовах.

Ефективне «м'яке» управління природою будується на стимулюванні корисних природних ланцюгових реакцій. Це сприяє процесам відтворення природних ресурсів і зберігає екосистеми в гарному стані. Елементами такого управління є, наприклад, не суцільна, а вибіркова вирубка лісу, біологізоване сільське господарство, створення систем лісосмуг тощо.



Ключова ідея

Для ефективного природокористування необхідно знати і втілювати в життя низку відповідних законів. Їх недотримання може стати причиною важких наслідків для екосистем і, відповідно, для населення регіону.



Дізнайтеся більше

Причиною екологічної катастрофи на острові Пасха стало винищення лісів, які досить густо вкривали острів до заселення його людиною. Приблизно в 1600 році майже всі дерева зазнали вирубки, і внаслідок цього відбулася деградація ґрунтів і різке зниження ефективності сільського господарства.



Практична робота

Розрахунок екосистемних послуг за наданими умовами. Проведення їх порівняльного аналізу

1. Виберіть перелік екологічних послуг для проведення роботи.
2. Розрахуйте вартість послуг за заданими умовами.
3. Проведіть порівняльний аналіз послуг.
4. Сформулюйте висновки.



Практична робота

Порівняльна характеристика наслідків «м'якого» і «жорсткого» управління природними системами

1. Складіть перелік характеристик, за яким ви будете проводити порівняльну характеристику.
2. Заповніть пункти характеристики для наслідків «м'якого» управління природними ресурсами.
3. Заповніть пункти характеристики для наслідків «жорсткого» управління природними ресурсами.
4. Проведіть порівняння і сформулюйте висновки.



Запитання та завдання

1. На конкретних прикладах поясніть дію закону спільної дії природних чинників.
2. Поясніть, чому будь-яка природна система може розвиватися тільки за рахунок ресурсів зовнішнього середовища.

§ 105. Екологізація природокористування



Поміркуйте

Які існують глобальні екологічні проблеми? Чому для вирішення глобальних проблем недостатньо зусиль окремих країн?



Згадайте

- Охорона природи
- Раціональне природокористування
- Забруднення середовища
- Антропогенний вплив

Створення концепції сталого розвитку

Сталий розвиток — це розвиток людства, який відбувається з урахуванням великої кількості факторів, що впливають як на суспільство, так і на природу. Використання сучасних інформаційних технологій та моделювання процесів дозволяє достатньо точно передбачати наслідки прийнятих рішень. Це робить такий розвиток керованим, дозволяє ефективно планувати діяльність людства.

Концепцію сталого розвитку було сформульовано в рішеннях Конференції ООН із навколишнього середовища та розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.). На цій конференції голови 179 держав ухвалили план дій щодо сталого розвитку, який отримав назву «Порядок денний на XXI століття». Його було прийнято у зв'язку зі стрімким погіршенням екологічної ситуації і прогнозом про можливу глобальну катастрофу у XXI ст., яка

може призвести до загибелі всього живого на планеті. Людство зіткнулося з гострим протиріччям між зростаючими потребами людей і нездатністю біосфери забезпечити їх.

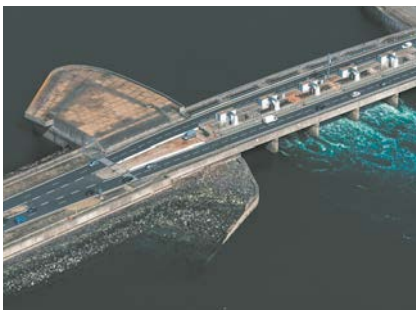
Цілями в галузі сталого розвитку є:

- ліквідація бідності;
- ліквідація голоду;
- міцне здоров'я і благополуччя;
- якісна освіта;
- гендерна рівність;
- чиста вода і належні санітарні умови;
- відновлювана енергія;
- гідна робота й економічне зростання;
- індустріалізація, інновація та інфраструктура;
- зменшення нерівності;
- стійкі міста й населені пункти;
- відповідальне споживання і виробництво;
- боротьба зі зміною клімату;
- збереження морських екосистем та екосистем суші;
- мир, правосуддя й ефективні інститути;
- партнерство в інтересах сталого розвитку.

Природокористування в контексті сталого розвитку

Концепція сталого розвитку передбачає позитивний синтез і системне вирішення екологічних, економічних, соціальних і культурних проблем сучасності. Основною ідеєю Концепції стало те, що розвиток повинен задовольняти потреби нинішнього покоління без шкоди для майбутніх поколінь.

Природокористування розглядається в рамках Концепції як процес, який не може не відбуватися. І це є логічним, бо для сво-



Мал. 105.1. Використання припливів, сонячного випромінювання і вітру як джерел електроенергії



го існування людина має використовувати природні ресурси. Але ресурси планети є обмеженими. І їх слід використовувати таким чином, щоб підтримувати баланс і мати можливість їх відновити. Адже ми не можемо залишити майбутні покоління наших нащадків без будь-яких ресурсів для життя.

Відповідно, перспективними напрямками природокористування стають такі, які передбачають використання відновних природних ресурсів та продуктів вторинної переробки вже використаних ресурсів. Так, у виробництві електроенергії постійно зростає частка таких джерел, як вітер, сонячне випромінювання, геотермальні джерела тощо (мал. 105.1).

Ще одним важливим напрямком у природокористуванні стає забезпечення рекультивациі тих земель, які використовувалися для добування ресурсів. Передовсім, це місця видобутку корисних копалин відкритим способом. Але рекультивациі часто потребують і колишні сільськогосподарські землі. Особливо, якщо на них проводилися меліоративні заходи. Наслідком цього могло бути пересихання, заболочування або засолення використаних земель.

Втілення Концепції сталого розвитку

Концепція сталого розвитку активно втілюється в життя. Прикладів реалізації її компонентів і основних підходів досить багато. Вона впроваджується в галузях економіки, суспільства, транспорту, управління, енергозбереження, обмеження викидів, переробки відходів тощо. Так, під час будівництва доріг у багатьох країнах згідно з Концепцією висаджують додаткові зелені насадження. Таким чином компенсується вилучення частини території екосистеми під потреби людини і зберігається стан довкілля.

Ще один важливий момент — вирощування зернових культур. У традиційному землеробстві вирощування зерна супроводжується значним виснаженням ґрунту. Для запобіган-

ня цьому використовують новітні агротехнології. Проте врожайність знижується несуттєво, а родючість ґрунту поступово відновлюється.

Крім сучасних способів обробітку ґрунту, новітні агротехнології передбачають раціональний полив (наприклад, крапельний). Такий полив дозволяє суттєво економити водні ресурси, дефіцит яких стає все більшим. Також важливою складовою є розумне використання добрив. Без добрив в агроценозах обійтися неможливо, бо частина ресурсів щорічно вилучається з певного біоценозу разом із врожаєм. Але шляхи внесення добрив можуть бути різними. І різною може бути ефективність внесення. Якщо вносити мало добрив, то знизиться врожайність, якщо багато, виникне загроза забруднення ґрунтів і вод. Сучасні агротехнології дозволяють запобігати виникненню таких проблем.

Одним із найбільш важливих шляхів втілення Концепції сталого розвитку є зміна відношення населення до проблем, які ця Концепція намагається вирішити. Концепцію не можна буде втілити без розуміння того, що всі ідеї не спрацюють без їхнього сприйняття населенням.

Неможливо змусити людей сортувати сміття, якщо вони не розуміють необхідності цього. Неможливо зберігати біорізноманіття, якщо суспільство не буде засуджувати тих, хто його знищує. Кожна людина на планеті повинна розуміти, що без її конкретного невеликого внеску втілити цю Концепцію в життя буде надзвичайно складно, а може, і взагалі нездійсненно.

ПР Практична робота

Аналіз власної повсякденної діяльності відповідно до принципів сталого розвитку

1. Пригадайте основні принципи сталого розвитку.
2. Складіть перелік основних напрямів власної діяльності.
3. Сформулюйте висновки.

Запитання та завдання

1. Поясніть, чому ефективне втілення в життя Концепції сталого розвитку є можливим лише завдяки зусиллям багатьох країн.
2. Запропонуйте шляхи вирішення однієї з екологічних проблем вашого регіону й обґрунтуйте свою точку зору.

! Ключова ідея

Шляхи реалізації збалансованого розвитку полягають у синтезі й системному вирішенні екологічних, економічних, соціальних і культурних проблем сучасності. Основною ідеєю є те, що розвиток людства повинен задовольняти потреби нинішнього покоління без шкоди для майбутніх поколінь.

§ 106. Шляхи реалізації збалансованого розвитку



Поміркуйте

Чи є правильним твердження, що майбутнє нашої планети залежить від кожного з нас?



Згадайте

- Сталий розвиток
- Екосистема
- Природокористування
- Природні ресурси

Індивідуальний рівень

Рівень окремої людини, здавалося б, не пропонує якихось серйозних досягнень у сфері впровадження концепції збалансованого розвитку. Але насправді не слід забувати, що будь-яка велика річка (Амазонка, Ніл, Дніпро) утворюється шляхом об'єднання чималої кількості окремих маленьких крапель. Так, внесок кожної окремої людини є невеликим, але сумарно суспільство здатне подолати будь-яку проблему.

На індивідуальному рівні можна багато зробити, наприклад, у сферах енергозбереження та переробки відходів. Проблема переробки відходів, наприклад має дуже складний етап — сортування побутового сміття. Саме цей етап гальмує більшість зусиль у цьому напрямку. Його рішення вкрай просте — сортувати сміття перед тим, як викидати. Але зробити це можна тільки на індивідуальному рівні. Проблема енергозбереження також має багато способів розв'язання. Людина сама вирішує, які лампи їй купувати, яку температуру в приміщенні підтримувати взимку, як утеплювати свій будинок, щоб не витратити марно ресурси на опалення (мал. 106.1).

Місцевий рівень

Місцевий рівень уже вимагає не тільки прийняття особистих рішень, але й ефективної соціальної взаємодії, що теж є одним із компонентів збалансованого розвитку. Соціальний і психологічний комфорт населення — це важлива складова нормального розвитку.



Мал. 106.1. Розглядаючи сучасну побутову техніку, людина може сама вибирати клас енергозбереження

На місцевому рівні можна вирішувати проблеми і шукати шляхи розвитку в межах села, району, міста. На цьому рівні стають актуальними і потребують рішень питання транспорту, обмеження викидів, управління. Залишаються актуальними проблеми енергозбереження та переробки відходів. Адже саме на місцевому рівні вирішується, наприклад, яким буде спосіб утилізації твердих побутових відходів.

Прикладом розв'язання проблеми на місцевому рівні є, приміром, визначення типу очисних споруд для каналізаційних стоків у конкретному населеному пункті. Прийняття такого рішення вимагає врахування чималої кількості параметрів, зокрема економічних (витрати на будівництво і експлуатацію), екологічних (ризик забруднення середовища), суспільних (зведення споруд поблизу будинків може негативно сприйматися їхніми жителями) та інших.

Наприклад, для невеликих населених пунктів раціональним може бути очищення стоків за допомогою біоплато (мал. 106.2). Але воно вимагає побудови спеціальних споруд, які займають певну територію. Відповідно, необхідно оцінити не тільки технічні, економічні й соціальні аспекти спорудження цієї конструкції, але ще й урахувати ланд-



шафт місцевості та розташування споруди відносно житлових масивів.

Державний рівень

Державний рівень потребує вкрай серйозного підходу до прийняття рішень. На цьому рівні суттєво зростає ціна помилки і значно збільшується період від початку реалізації будь-якого проекту до його завершення. Це пов'язано з дуже великими масштабами проблем, які повинні вирішуватися на рівні держави.

Значна увага повинна приділятися економічним і соціальним питанням збалансованого розвитку. Якщо найкращі ідеї впроваджувати за рахунок зубожіння більшої частини населення, то ніякого збалансованого розвитку не буде. На державному рівні є можливість вирішити багато проблем за допомогою економічних важелів. Так, надання економічних пільг тим підприємствам, які дотримуються концепції збалансованого розвитку, може суттєво сприяти впровадженню концепції.

Сучасним прикладом прийняття рішень на державному рівні може бути питання імплементації екологічних стандартів, які регулюють вміст шкідливих речовин у вихлопних газах. Такі стандарти діють у країнах Європи з 1988 року. На сьогодні останнім прийнятим стандартом є Євро-6, який набув чинності 2015 року. Згідно з цим стандартом, викиди вуглекислого газу легкових автомобілів не повинні перевищувати 130 г на кілометр шляху. Такі вимоги змушують кожного виробника автомобілів змінювати їхню конструкцію, удосконалювати економічність і принципи роботи двигунів, шукати нові види палива. Такі рішення не тільки покращують екологічну ситуацію в країні, але й стимулюють розвиток сучасних технологій.



Мал. 106.2. Очищення стоків із використанням біоплато

Міжнародний рівень

На міжнародному рівні найбільше уваги приділяється розв'язанню проблем, які неможливо вирішувати в межах однієї країни. Це забруднення атмосфери і гідросфери, глобальне потепління, зменшення біорізноманіття та багато інших.

На цьому ж рівні відбувається обговорення проблем освіти і розвитку світової науки. Хоча освітні й наукові програми на державному рівні виконуються, міжнародна співпраця в цих питаннях може давати чудові результати.

ПР Практична робота

Укладання плану заходів щодо екологізації окремої форми антропогенної діяльності (на прикладі виробництва, транспорту, рекреаційно-туристичної діяльності тощо)

1. Виберіть форму антропогенної діяльності, для якої буде укладено план заходів.
2. Визначте основні екологічні проблеми, які створює ця форма діяльності.
3. Підберіть методи, які можуть сприяти вирішенню цих проблем.
4. Складіть план заходів і сформулюйте висновки.



Ключова ідея

Шляхи реалізації збалансованого розвитку можуть бути різноманітними і відбуватися на різних рівнях — від особистого життя до міжнародних організацій. Але на всіх рівнях головна ідея є незмінною: людина повинна залишити наступним поколінням комфортну для життя планету.



Запитання та завдання

1. Складіть перелік пропозицій, які можуть сприяти реалізації концепції збалансованого розвитку у вашому населеному пункті.
2. Чи можна вважати масове впровадження електромобілів одним зі способів реалізації концепції збалансованого розвитку?

§ 107. Шляхи вирішення екологічних проблем



Поміркуйте

Що таке раціональне природокористування?
Чому можливість подальшого існування людства
часто пов'язують із цією концепцією?



Згадайте

- Екологія
- Сталий розвиток
- Природокористування
- Охорона природи

Природоохоронне законодавство

В Україні створено систему законів та постанов, які забезпечують охорону природи. Держава має охороняти й регулювати використання природних ресурсів. На законодавчому рівні заборонена діяльність, яка може шкідливо вплинути на стан ґрунтів, повітря, водойм або знищити тварин і рослин чи цінні природні об'єкти. Україна також уклала міжнародні угоди в галузі охорони довкілля.

Для збереження біорізноманіття створені природоохоронні території (заповідники, природні парки, заказники, пам'ятки природи тощо) та затверджені необхідні державні документи. Одним із таких документів є Червона книга України — офіційний перелік видів та підвидів організмів, які перебувають під загрозою зникнення на території України. Також створено ще один перелік — Зелену книгу України. У ньому наведено список рідкісних і типових природних угруповань, які

потребують охорони на території України. На жаль, існує і так званий чорний список видів. Це перелік видів організмів (починаючи з 1600 року), які вимерли вже в наш час. Зараз до цього списку занесено більше 800 видів.

Потреба в екологічних знаннях

Фраза «Незнання закону не звільнює від відповідальності» є особливо актуальною по відношенню до екологічних знань. Можна не знати законів екології та особливостей взаємодій в екосистемах, але тоді слід бути готовими до ситуації, коли дія без урахування такого закону стане причиною катастрофічних наслідків.

Наприклад, у середині ХХ ст. в Радянському Союзі панувала думка, що хижі птахи заважають мисливцям, які масово полювали на дичину. Тому було розгорнуто компанію під гаслом «Убивайте хижих птахів». Але екологічні закони політичною постановою не відмінити. Знищення хижих птахів стало причиною спалаху розмноження гризунів, чисельність яких вони контролювали. Як результат — колосальні втрати врожаю і нова компанія під гаслом «Бережіть хижих птахів».

Не менш масштабною помилкою стало і завезення в Австралію кактуса опунції для створення живих огорож. Без контролю чисельності природними регуляторами вид став масово розростатися і перетворив поля країни на кактусові хащі (мал. 107.1). У цих хащах



Мал. 107.1. Зарості опунції в Австралії та личинки комахи, що контролює її поширення



не могли проїхати навіть трактори. Вирішити проблему вдалося лише завезенням з Америки природного регулятора чисельності опунції — метелика кактусової молі. Личинки цієї комахи живляться тканинами опунції і можуть контролювати її поширення.

Екологічне мислення

Для врахування законів екології людині в сучасному світі слід розвивати своє екологічне мислення. Екологічне мислення — це розгляд явищ і подій та прийняття рішень з урахуванням взаємодій людини і людства з природним середовищем.

Екологічне мислення дозволяє розуміти, що всі організми та процеси на нашій планеті пов'язані між собою. Відповідно, стає зрозумілою потреба в міжнародній співпраці для вирішення екологічних проблем, бо поодиноці це зробити неможливо.

Екологічне мислення сприяє критичному сприйняттю інформації. Воно стимулює робити правильні висновки і приймати адекватні рішення, що дозволяє людині зберігати як своє життя і здоров'я, так і життя та здоров'я інших людей.

Практичне застосування екологічного мислення

Сучасні засоби масової інформації подають велику кількість відомостей, зокрема й тих, що пов'язані з екологічною проблематикою. Але ця подача здебільшого спрямована на досягнення певної мети — найчастіше політичної або економічної. Подаючи інформацію певним чином, можна впливати на прийняття рішень. Екологічне мислення дозволяє критично сприймати надані відомості та приймати правильні рішення.

Гарним прикладом можливості застосування екологічного мислення є аналіз історії про міфічну тварину чупакабру, яка нібито

була завезена в Україну з Коста-Ріки. За відомостями засобів масової інформації, вона живилася кров'ю тварин, була розміром із собаку та не мала шерсті. Подальша практика показала, що всі сліди чупакабри належать звичайним хижакам (наприклад, рисі), а спіймані екземпляри виявилися собаками або лисицями, ураженими хворобою шкіри.

Однак усе це можна було передбачити і без ловлі чупакабр. Треба було тільки трішки подумати. По-перше, дивувало саме виживання тварини з тропічного лісу в зимових лісах України. А по-друге, з точки зору законів екології, така тварина не має шансів на виживання. Усі відомі тварини-кровососи невеликого розміру тіла є паразитами, а не хижаками. Вони не вбивають жертву під час полювання. Їм це не вигідно, бо вони зможуть використати не більше 5 % її маси тіла (це якщо висмокчуть більшу частину крові). А звичайний хижак з'їсть не менше половини тіла здобичі, тобто його споживання харчового ресурсу буде не менш ніж у 10 разів більш ефективним, ніж у чупакабри. При споживанні однакових ресурсів хижаки-кровососи неодмінно будуть програвати конкурентну боротьбу звичайним хижакам і вимирати.



Практична робота

Розрахунок екологічних збитків через забруднення довкілля, знищення мисливських видів та видів, занесених до Червоної книги України

1. Виберіть ситуацію, щодо якої здійснювати-мете розрахунок (забруднення довкілля або знищення організмів).
2. Запишіть основні параметри оцінювання збитків, згідно з якими здійснюватимете розрахунок.
3. Здійсніть розрахунок і обчисліть завдані екологічні збитки.
4. Сформулюйте висновки.



Ключова ідея

Для вирішення екологічних проблем України обов'язковою умовою є дотримання природоохоронного законодавства. Але одного законодавства недостатньо. Для ефективного вирішення проблем українцям потрібні хоча б мінімальні екологічні знання і навички екологічного мислення.



Запитання та завдання

1. Наведіть власні приклади виникнення екологічних проблем, пов'язані з незнанням законів екології.
2. Складіть перелік із десяти тварин або рослин, занесених до Червоної книги України, які живуть у вашому регіоні.

Основні положення теми «Сталий розвиток та збалансоване природокористування»

Природокористування

Природокористування — це галузь наукової і виробничої діяльності людини, сукупність усіх засобів суспільства для використання та відновлення природного середовища та природних ресурсів для розвитку продуктивних сил і забезпечення сприятливих умов для життєдіяльності людини.

Види природокористування

Промислове

Сільськогосподарське

Рекреаційне

Характер використання природних ресурсів

За характером використання природних ресурсів виділяють:

- землекористування
- водокористування
- лісокористування
- використання мінеральних ресурсів тощо

Деякі закони природокористування

Назва закону	Зміст закону
Закон Комонера	Усе пов'язано з усім. Усе повинно кудись діватися. Природа знає краще. За все доводиться платити
Зміни внутрішньої динамічної рівноваги	Зміни в одному компоненті природного середовища неодмінно викликають зміни в усіх інших компонентах
Правило «охрімової світи»	Еколого-економічний потенціал екосистеми є величиною відносно стабільною. Якщо в одному місці збільшиться, то в іншому зменшиться
Закон розвитку за рахунок зовнішнього середовища	Будь-яка природна система є відкритою і може існувати лише в умовах надходження енергії та речовини з навколишнього середовища. Виходячи з цього, можна стверджувати: абсолютно безвідходне виробництво неможливе, природні системи Землі існують не тільки за рахунок планетарних, але й космічних ресурсів
Закон спільної дії природних чинників	Величина врожаю залежить не від одного, навіть лімітованого, чинника, а від сукупності всіх чинників, які діють одночасно
Закон максимуму	У певному природному комплексі може утворитися біомаса або родючий шар ґрунту не більший, ніж властивий цій системі, за умови поєднання ідеальних умов

Екологічні проблеми

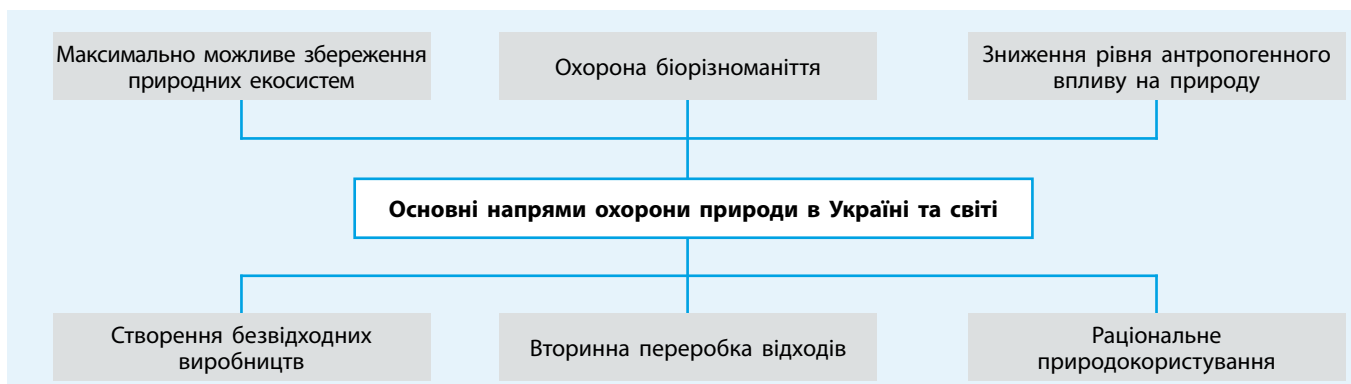
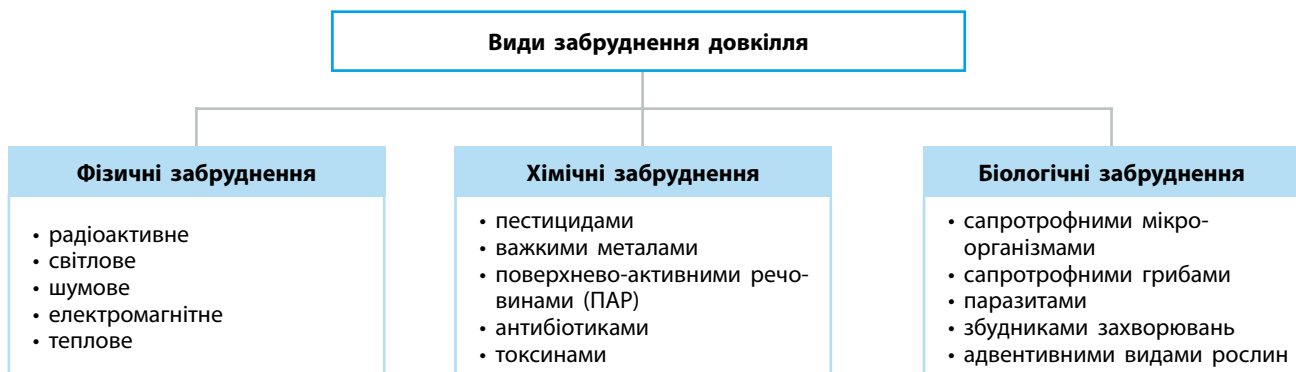
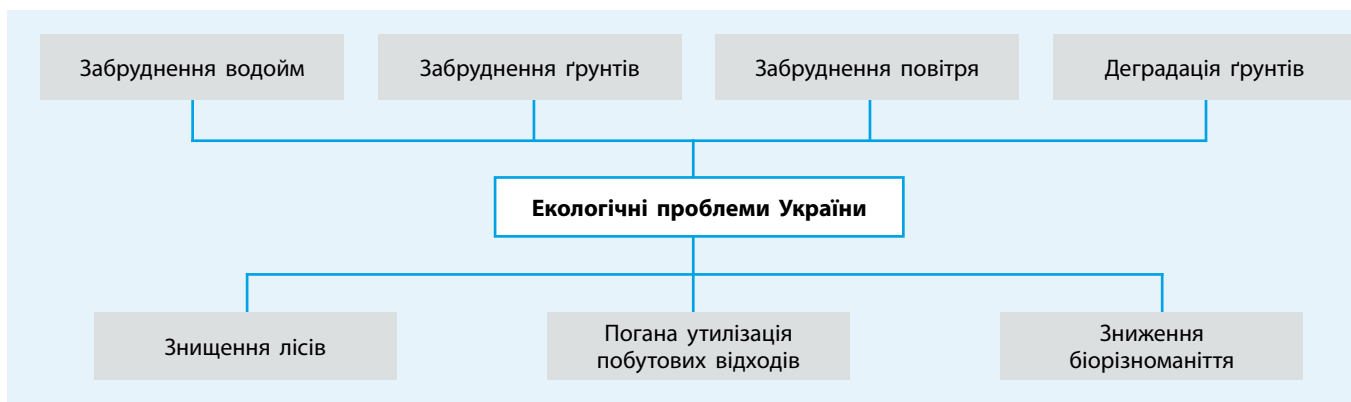
Екологічна проблема — це зміна природного середовища, наслідком якої є порушення структури і функціонування природних екосистем.

Поділ екологічних проблем за масштабом

Локальні

Регіональні

Глобальні



Установи

Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України

Інститут засновано в 1947 році. Розташований у с. Селекційне (Харківський район, Харківська область).

Основні напрями діяльності: створення високоякісних і стійких проти шкідників, хвороб і абіотичних факторів сортів і гібридів овочевих та баштанних культур для відкритого і закритого ґрунту, удосконалення технологій їх вирощування та створення генетичного банку овочевих і баштанних рослин.

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова»

Інститут засновано в 1905 році. Розташований у смт Таїрове (Одеська область).

Основні напрями діяльності: створення високоякісних сортів винограду, удосконалення технологій їх вирощування, забезпечення виноградарських господарств якісним посадковим матеріалом, розробка та вдосконалення технологій виноробства.

Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

Інститут засновано в 1977 році. Розташований у с. Сонячне (Запорізький район, Запорізька область).

Основні напрями діяльності: створення нових сортів олійних культур (соняшника, рицини, сої тощо), розробка та вдосконалення технологій їх вирощування, захист олійних культур від захворювань та шкідників, удосконалення прийомів насінництва олійних культур.

Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України

Інститут засновано в 1933 році. Розташований у смт Немішаєве (Бородянський район, Київська область).

Основні напрями діяльності: створення високоякісних сортів картоплі, удосконалення технологій їх вирощування, насінництво, оздоровлення та прискорене вирощування посадкового матеріалу, діагностика ураження патогенами.

Інститут кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України

Інститут засновано в 1973 році. Розташований у м. Вінниця.

Основні напрями діяльності: створення нових сортів і гібридів кормових, зернобобових та інших культур, розробка та вдосконалення технологій їх вирощування, захист кормових культур від захворювання та шкідників, удосконалення прийомів насінництва кормових, зернобобових та інших культур.

Селекційно-генетичний інститут «Національний центр насіннізнавства та сортовивчення» Національної академії аграрних наук України

Інститут засновано у м. Одесі 1912 р. Основні напрями діяльності: дослідження актуальних питань селекції та насінництва сільськогосподарських культур, виведення нових сортів і гібридів пшениці, ячменю, соняшника, рапсу, сої, нуту, гороху, сорго та інших культур.

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Інститут засновано у м. Харкові 1908 р. Основні напрямки діяльності: дослідження актуальних питань селекції та насінництва сільськогосподарських культур, виведення нових сортів і гібридів соняшника, пшениці, ячменю, гороху та інших культур. На базі інституту створено Національний центр генетичних ресурсів рослин України. В інституті працює 15 докторів та 60 кандидатів наук.



Науковці

Алексєва Олена Семенівна (1926–2006)

Видатна українська вчена. Докторка сільськогосподарських наук, професорка. Заслужена діячка науки і техніки України. Нагороджена орденом Трудового Червоного Прапора та медалями. Працювала в галузі селекції гречки. Створила світову колекцію генофонду гречки в Україні. Є засновником наукової школи вчених із селекції, насінництва та технології вирощування гречки. За участі О. С. Алексєвої засновано Тернопільську науково-виробничу систему «Гречка», виведено й передано на сортовипробування 30 сортів гречки, 12 із яких районовано. Авторка понад 350 наукових праць.

Бордонос Марія Григорівна (1907–1997)

Видатна українська вчена. Кандидатка біологічних наук, старша наукова співробітниця. Працювала в галузі селекції цукрового буряка. Великою заслугою М. Г. Бордонос є створення нової форми рослини — однонасінневого цукрового буряка. Під час політичного переслідування генетики в Радянському Союзі на кілька років була відсторонена від роботи. Автор понад 20 наукових праць.

Гершензон Сергій Михайлович (1906–1998)

Відомий учений, доктор біологічних наук, професор, академік НАН України, Герой Соціалістичної Праці. Працював у галузі генетики.

Проводив дослідження хімічного мутагенезу, мобільних генетичних елементів, зворотної транскрипції. Активно працював у галузі популяційної та молекулярної генетики. Досліджував механізми спадкової мінливості у природних популяціях.

Ремесло Василь Миколайович (1907–1983)

Видатний український учений. Доктор сільськогосподарських наук, академік. Працював у галузі селекції пшениці. Великою заслугою вченого є розробка та впровадження в селекційну практику методу отримання високоврожайних сортів озимої пшениці за підвищеною стійкістю до екстремальних умов. Створив і районував 20 сортів озимої пшениці, у тому числі відомий сорт «Миронівська-808». Автор понад 200 наукових праць.

Сенченко Григорій Іванович (1917–2006)

Видатний український учений. Доктор сільськогосподарських наук, професор. Працював у галузі селекції конопель у Глухівському НДІ луб'яних культур. Створив і районував 10 сортів конопель. Під його керівництвом уперше у світі було виведено сорти коноплі з низьким вмістом наркотичних сполук.

Симиренко Левко Платонович (1855–1920)

Видатний український учений, який працював у галузі помології. Член-кореспондент Бельгійського товариства садівників, почесний член Французького національного помологічного товариства. Автор видання «Помологія» у трьох томах.

Акліматизував і вивів нові сорти плодкових дерев. Автор відомого сорту яблуні «Ренет Симиренко». Створив один з найбільших у Європі помологічних розсадників, який включав 900 сортів яблунь, 889 сортів груш, 350 сортів вишні й черешні та інші види плодкових дерев.

Юр'єв Василь Якович (1879–1962)

Видатний український учений. Доктор сільськогосподарських наук, академік. Займався питаннями методики й організації селекції, сортовипробування і насінництва сільськогосподарських культур. Вивів багато сортів озимої і ярої пшениці, проса, кукурудзи тощо. Автор майже 100 наукових публікацій.

Арнольд Френсіс (нар. 1956)

Відома американська вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2018 року в галузі хімії (разом із Дж. Смітом та Г. Вінтером) за дослідження еволюції ферментів. Професорка та директорка центру біоінженерії Каліфорнійського технологічного інституту. Працює в галузі біохімії та хімічної технології. Розробила методи молекулярної керованої еволюції ферментів.

Бак Лінда (нар. 1947)

Відома американська вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2004 року в галузі фізіології та медицини (разом із Р. Екселем) за дослідження нюхових рецепторів та організації системи органів нюху. Професорка, членкиня Національної академії наук США. Вона розробила методику, за допомогою якої вдалося встановити, що нюхова система використовує комбінаторну систему кодування запахів.

Барре-Сінуссі Франсуаза (нар. 1947)

Відома французька вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2008 року в галузі фізіології та медицини (разом з Л. Монтаньє та Г. цур Гаузенем) за вивчення папіломавірусу, що викликає рак шийки матки. Вона брала участь також у відкритті вірусу імунодефіциту людини. Працює в галузі вірусології.

Блекберн Елізабет (нар. 1948)

Відома австралійська та американська вчена, цитогенетикиня. Лауреатка Нобелівської премії 2009 року в галузі фізіології та медицини (разом із К. Грейдер та Дж. Шостаком) за відкриття механізму захисту хромосом теломерами та ферментом теломеразою. Разом з К. Грейдер відкрила фермент теломеразу (1985 р.).

Грейдер Керол (нар. 1961)

Відома американська вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2009 року в галузі фізіології та медицини (разом з Е. Блекберн та Дж. Шостаком) за відкриття механізму захисту хромосом теломерами та ферментом теломеразою. Разом з Е. Блекберн відкрила фермент теломеразу (1985 р.). Працює в галузі молекулярної біології.

Елайон Гертруда Белл (1918–1999)

Відома американська вчена. Лауреатка Нобелівської премії 1988 року в галузі фізіології та медицини (разом із Дж. Блеком та Дж. Хітчінгсом) за відкриття важливих принципів медикаментозної терапії. Нею були розроблені антивірусні, антилейкемічні, імуносупресорні та інші препарати. Працювала в галузі біохімії та фармакології.

Загурська-Архимович Кіра Іванівна (1902–1991)

Видатна українська вчена. Працювала в галузі селекції буряків, картоплі, томатів. З 1943 року жила в еміграції. Працювала в Австрії, Німеччині, Іспанії, США. Була співробітником Бруклінського ботанічного саду.

Йонат Ада (нар. 1939)

Видатна ізраїльська вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2009 року в галузі хімії (разом із Т. Стейцем та В. Рамакрішнаном) за дослідження структури та функції рибосом. Вона першою застосувала низькотемпературну білкову кристалографію. Досліджує вплив антибіотиків на рибосому. Працює в галузі кристалографії.

Корі Герті Тереза (1896–1957)

Видатна американська вчена, біохімікниня. Лауреатка Нобелівської премії 1947 року в галузі фізіології та медицини (разом зі своїм чоловіком К. Корі та Б. Усаєм) за відкриття каталітичного перетворення глікогену. На честь подружжя Корі було названо цикл Корі — метаболічний цикл, у якому глюкоза в скелетних м'язах перетворюється на лактат.



Леві-Монтальчینی Рита (1909–2012)

Відома італійська вчена, нейробиологиня. Лауреатка Нобелівської премії 1986 року в галузі фізіології та медицини (разом із С. Коеном) за відкриття факторів росту клітин. Заснувала фонд, який надавав допомогу африканським жінкам. З 2001 року була почесним сенатором Італійської Республіки. Досліджувала процеси зростання та диференціації нервових клітин.

Мак-Клінток Барбара (1902–1992)

Відома американська вчена, цитогенетикиня. Лауреатка Нобелівської премії 1983 року в галузі фізіології та медицини за відкриття мобільних генетичних елементів. Працювала в галузі генетичних досліджень кукурудзи. Склала першу генетичну карту цієї рослини, з'ясувала роль центромер і теломер хромосом, розробила метод візуалізації хромосом кукурудзи.

Маргуліс Лінн (1938–2011)

Відома американська вчена. Професорка Массачусетського університету. Авторка та пропагандистка теорії ендосимбіотичного походження еукаріотів та їхніх органел. Є однією з авторів назви таксону Еукаріоти. Тривалий час займалася дослідженням водоростей.

Меріан Марія Сибілла (1647–1717)

Видатна німецька художниця і натуралістка. Авторка великої кількості ілюстрацій і кількох книг, присвячених квітам, комахам та тропічним тваринам. Разом із донькою здійснила подорож у Суринам і збрала найбільшу на той час ентомологічну колекцію з Південної Америки.

Мозер Майбрид (нар. 1963)

Відома норвезька вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2014 року в галузі фізіології та медицини (разом із Дж. О'Кіфом та Е. Мозером) за відкриття клітин мозку, що відповідають за систему орієнтації людини у просторі. Засновниця та директорка Інституту системної неврології Кавлі та центру неврологічних обстежень Норвезького університету природних і технічних наук. Працює у галузі нейрофізіології та психології.

Нюсляй-Фольхард Крістіана (нар. 1942)

Відома німецька вчена. Лауреатка Нобелівської премії 1995 року в галузі фізіології та медицини (разом з Е. Льюїсом та Е. Вішаусем) за відкриття, що стосуються генетичного контролю на ранніх стадіях ембріонального розвитку. Професорка та директорка Інституту біології розвитку в складі Товариства Макса Планка.

Стівенс Нетті (1861–1912)

Відома американська вчена. Працювала в галузі генетики та зоології. Першою з'ясувала залежність статі від набору хромосом (1905 р.). Вона виявила X- та Y-хромосоми в борошняного хрущака та низки інших комах і дійшла висновку, що саме набір статевих хромосом визначає стать комахи.

Ту Юю (нар. 1930)

Відома китайська вчена. Лауреатка Нобелівської премії 2015 року в галузі фізіології та медицини (разом із В. Кемпбеллом та С. Омурою) за відкриття, що стосуються лікування малярії. Працює у галузі хімії та фармації. Ліки, які були розроблені групою під її керівництвом, щорічно рятують приблизно 2 млн життів.

Ялоу Розалін Сасмін (1921–2011)

Видатна американська вчена, біофізикиня. Лауреатка Нобелівської премії 1977 року в галузі фізіології та медицини (разом з Е. Шаллі та Р. Гійменом) за розвиток радіоімунних методів визначення пептидних гормонів. Цей метод дозволяв визначити вміст речовин у крові навіть у дуже низьких концентраціях. На честь Я. Сасмін було названо один із астероїдів, відкритий 1982 року.

Завдання до теми «Адаптації»

Завдання для індивідуальної роботи

1. Проаналізуйте механізми передачі сигналу в клітину та формування клітинної відповіді.
2. Обґрунтуйте зв'язок будови сенсорних систем з їхніми функціями.
3. Оцініть зв'язки між особливостями будови плодів і способами їх поширення.
4. Поясніть на прикладах залежність між життєдіяльністю організму і напрямком його міграції.
5. Поясніть можливі наслідки втрати клітинами імунної системи здатності до амебоїдного руху.

Завдання для роботи в групах

6. Проаналізуйте залежність типу руху від середовища існування організму для різних середовищ і різних типів руху.
7. Порівняйте механізми регуляції експресії генів у прокариотів та еукаріотів.
8. Визначте механізми формування екстремних і довготривалих адаптацій для організмів із різних середовищ існування.

Теми проектів

1. Дослідження зв'язку між чисельністю одомашнених тварин і розвитком людства.
2. Ріст рослин в умовах невагомості.
3. Створення моделі еукаріотичного джгутика (війки).
4. Формування первинної і вторинної імунної відповіді на проникнення антигенів.
5. Регуляція харчової поведінки в людини і тварин.
6. Використання фітогормонів для укорінення живців, прискорення дозрівання плодів та в якості гербіцидів.
7. Дослідження добових біоритмів.
8. Планування подорожі в субекстремальні умови (джунглі, пустелю, Арктику, підйом у високогір'я, занурення на глибину).
9. Проектування процесу формування адаптацій у тварин до життя на субекстремальних глибинах.

Завдання до теми «Біологічні основи здорового способу життя»

Завдання для індивідуальної роботи

1. Поясніть принципи функціонування імунної системи людини.

2. Обґрунтуйте небезпеку штучного переривання вагітності.
3. Запропонуйте пояснення причин виникнення алергій та імунodefіцитів.
4. Презентуйте принципи сучасних методів діагностики інфекційних та інвазійних захворювань.
5. Спрогнозуйте можливі наслідки вживання харчових добавок, пробіотиків, анаболічних стероїдів.

Завдання для роботи в групах

6. Проаналізуйте та співставте наукову і псевдонаукову інформацію про вплив різних факторів на здоров'я, про заходи профілактики та лікування певних захворювань.
7. З'ясуйте вплив різних факторів (соціальних, екологічних, спадкових) на здоров'я населення у вашому регіоні.
8. Проаналізуйте зв'язки між фізичним навантаженням, дієтами, вживанням наркотичних речовин, алкоголю і деяких лікарських препаратів, тютюнопалінням і станом здоров'я.

Теми проектів

1. Вивчення поінформованості населення щодо здорового способу життя (соціально орієнтоване дослідження).
2. Вивчення тенденцій у виборі продуктів харчування населення України, аналіз їх причин і наслідків (соціально-економічне та валеологічно-орієнтоване дослідження).
3. Визначення економічного ефекту від захворювання ГРВІ людини для самої людини і підприємства, на якому вона працює.
4. Створення методичного посібника з правилами надання першої допомоги у випадках пошкодження опорно-рухової системи.

Завдання до теми «Селекція та біотехнологія»

Завдання для індивідуальної роботи

1. Порівняйте методи селекції рослин, тварин і мікроорганізмів.
2. Поясніть використання закономірностей генетики у практиці сільського господарства, мікробіологічному синтезі, біотехнології.
3. Схарактеризуйте можливості сучасної біотехнології.
4. Оцініть морально-етичні аспекти клонування.



5. Складіть перелік продуктів, одержаних у результаті життєдіяльності генетично модифікованих організмів.

Завдання для роботи в групах

6. Оцініть перспективи створення генетично модифікованих організмів і наслідки їх упровадження на прикладі різних груп організмів.
7. Визначте наявність домінантних і рецесивних ознак у культурних рослин та домашніх тварин.

Теми проектів

1. Визначення економічного ефекту від введення нових сортів рослин у регіоні проживання.
2. Історія зміни врожайності однієї з культурних рослин у своєму регіоні.
3. Видатні вчені-селекціонери свого регіону.
4. Виявлення домінантних і рецесивних ознак у культурних рослин та домашніх тварин.

Завдання до теми «Екологія»

Завдання для індивідуальної роботи

1. Оцініть роль живої речовини в сучасній біосфері.
2. Поясніть необхідність збереження біологічного різноманіття.
3. Спрогнозуйте наслідки впливу діяльності людини на популяції, біоценози та екосистеми свого регіону.
4. Поясніть правило обов'язкового заповнення екологічної ніші та принцип конкурентного виключення.
5. Обґрунтуйте необхідність урахування екологічних законів при плануванні власної діяльності.

Завдання для роботи в групах

6. На конкретних прикладах покажіть екологічні стратегії популяцій різних видів організмів.
7. Оцініть первинну та вторинну продукцію кількох різних біоценозів свого регіону.

Теми проектів

1. Застосування екологічних законів під час планування власної діяльності.

2. Прогнозування наслідків зникнення видів та появи видів-вселенців у біоценозі свого регіону.
3. Визначення параметрів популяції вибраного виду організмів.
4. Оцінка масштабів екологічних проблем свого регіону.

Завдання до теми «Сталий розвиток та збалансоване природокористування»

Завдання для індивідуальної роботи

1. Поясніть основні принципи поводження з відходами виробництва та споживання.
2. Встановіть причинно-наслідковий зв'язок між явищами живої природи, показниками якості довкілля та господарською діяльністю людини.
3. Спрогнозуйте негативні наслідки одного з видів забруднення довкілля на здоров'я людини.
4. Поясніть принципи управління природними системами (самоврядування, штучне управління).
5. Обґрунтуйте переваги «м'якого» управління природними системами та екологізації різних форм антропогенної діяльності.

Завдання для роботи в групах

6. Проаналізуйте вплив різних факторів довкілля і показників його якості на здоров'я та безпеку людини.
7. На кількох конкретних прикладах поясніть принципи збалансованого природокористування та сталого розвитку.

Теми проектів

1. Планування власної діяльності з дотриманням принципів збалансованого природокористування та екологізації антропогенної діяльності.
2. Створення природоохоронного проекту у своєму регіоні.
3. Прогнозування наслідків впливу одного з видів забруднень у своєму регіоні на здоров'я населення.
4. Можливі шляхи реалізації збалансованого розвитку на місцевому рівні.

- K*-стратегія 181
r-стратегія 181
- А**біотичні фактори 168
Абсцизова кислота 59
Автонастії 35
Автономна нервова система 50
Автотомія 88
Автохорія 73
Адаптація 62
Адекватні подразники 4
Адреналін 53
Аерофілія 72
Аксоподії 68
Аксостиль 68
Алергія 117
Алостерична регуляція 44
Альдостерон 52
Альтернативний сплайсинг 47
Амебодійний рух 30
Анабіоз 66
Анадромні види 40
Аналізатори 14
Аналізуюче схрещування 149
Анемохорія (аерохорія) 72
Антибіотики 132
Антигени 54
Антитіла 54
Антифризи 79
Антоціани 71
Апендикс 82
Апікальний комплекс 69
Апоптоз 47
Археї 67
Атрофія 96
Ауксин 9, 59
Аутоімунні захворювання 117
Аутокринна сигналізація 48
- Б**актеріальна спора 66
Бактеріальні інфекції 132
Барохорія 73
Безумовні рефлексі 17, 77
Біг 36
Білки резистентності (R-білки) 74
Біоіндикація 167
Біонавігація 40
Біосфера 192
Біотехнологія 160
Біотичні фактори 168
Біотоп 182
Біоценоз 182
Брахіація 36
Буферні системи 53
- В**авилов М. І. 38, 150
Вазопресин 52
Вернадський В. І. 164, 192—193
Вестерн-блот 124
Видове багатство 186
Видове різноманіття 186
Виживання 180
Виселення 60
Вища нервова діяльність 18
Війки 31
Віруси 128
Внутрішньопопуляційна регуляція 60
Водне середовище 25
Водно-сольовий (осмотичний) гомеостаз 52
Вольтерра В. 165
Вроджена неспецифічна стійкість 74
Вроджена специфічна стійкість 74
Вторинні посередники 46
- Г**аузе Г. 165
Геккель Е. 164
Гельмінтологія 138
Гемостатичні клітини 55
Генералізовані реакції 94
Генетична (генна) інженерія 157
Генетична структура популяції 179
Генетичні порушення 120
Генетично модифіковані організми (ГМО) 158
Генна терапія 120
Генотипні адаптації 64
Геотропізм 34
Гепатоцити 87
Гетерозис 147
Гібереліни 59
Гібернація 85
Гібридологічний аналіз 148
Гігроскопічні рухи 29
Гідрофілія 72
Гідрохорія 73
Гіпертонічне середовище 81
Гіпертрофія 96
Гіподинамія 91
Гіпокінезія 91
Гіпоксія 80
Гіпоталамо-гіпофізарна система 76
Гіпотонічне середовище 81
Гістамін 49
Гістогормони 49
Глюкагон 53
Глюкокортикоїди 53
Гомеостаз 50
Гоместаз популяції 60
Гормони 49
Гострі отруєння 87



Гранично допустима концентрація 205
Грунтове середовище 25
Гуморальна регуляція 51
Гуморальний імунітет 116
Гутації 70

Дарвін Ч. 164
Дефосфорилування 45
Джгутик 30, 68
Дистантна сигналізація 48
Діапазон толерантності 170
ДНК-гібридизація 125
Добові міграції 40
Доброякісні пухлини 111
Довготривалі адаптації 65
Довготривалі захисні механізми 78
Домінантний вид 187
Друга сигнальна система 20

Еволюційні адаптації 172
Еврибіонти 171
Екологічна валентність 171
Екологічна ніша 174
Екологічна сукцесія 189
Екологічне дублювання 176
Екологічний моніторинг 166
Екологічний оптимум 170
Екологічні проблеми 202
Екологічні фактори 168
Екологія 164
Еколого-ценотичні групи 185
Екосистема 182
Екскреторні рухи 29
Експеримент 166
Екстремофіли 67
Екстрена адаптація 80
Електричні синапси 11
Елтон Ч. 164
Емоції 56
Ендокринна регуляція 51
Ендокринна сигналізація 48
Ендосимбіоз 101
Ендоспора 66
Енергетична адаптованість 172
Ентомофілія 72
Енхансери 47
Естивація 85
Етилен 59
Етологічна структура популяції 179

Ємність середовища 180

Жирове тіло 87

Загальний адаптаційний синдром 92
Закон мінімуму Лібіха 170
Закон оптимуму 170
Застережливе забарвлення 98
Захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ) 108

Захисне забарвлення 98
Заціпеніння 85
Збудливі тканини 10
Здоровий спосіб життя (ЗСЖ) 105
Здоров'я 104
Змішані подразники 4
Зоофаги 82
Зоохорія 73
Зюсс Е. 164

Івановський Д. Й. 128
Імунодефіцит 117
Імунологічні реакції 124
Інадаптація 63
Інвазії 122
Індивідуальний добір 145
Індукована стійкість 75
Індукція 47
Інстинкти 18
Інсулін 52
Інфекційні захворювання 122
Інформаційна адаптованість 173
Інцистування 66, 68

Калус 75
Кальцитонін 52
Канібалізм 61
Катадромні види 41
Кінезин 28
Клітинна інженерія 156
Клітинний імунітет 116
Клонування 156
Ковзання 37
Коменсалізм 27
Комірчастий джгутиконосець 31
Компенсаторна реакція організму 96
Компенсаторне посилення 19
Конкуренція 26
Консументи 190
Контактна сигналізація 48
Контроль активності ферменту 44
Кон'югація 154
Короткочасні адаптації 65
Криптохроми 6
Крововтрата 86
Культуральний метод 125

Ламарк Ж. Б. 164
Левенгук А. ван 154
Лейшманіози 137
Лібіх Ю. 164
Ліганди 5
Лімітуючий фактор 170
Ліндемман Р. 191
Лінней К. 164
Лотка А. 165

Магнітосома 6
Мальтус Т. 164

- Маніпулятивна діяльність 28
 Маскування 98
 Масова міграція 60
 Масовий добір 145
 Махальний політ 37
 Мембранний потенціал 47
 Механізм зворотного зв'язку 42
 Механорецептори 13
 Миготливий рух 30
 Міграції 40.85
 Міжвидова регуляція 60
 Міжклітинна комунікація 7
 Міжклітинні контакти 48
 Мікози 134
 Мікроклональне розмноження 146
 Мімікрія 99
 Міофіламенти 33
 Моделювання 166
 Мозаїчність 185
 Мотиваційне збудження 56
 Мутуалізм 27
 М'язи (мускули) 32
 М'язові клітини (міоцити) 32
- Н**адпорогові подразники 4
 Наземно-повітряне середовище 24
 Народжуваність 180
 Настії 35
 Неадекватні подразники 4
 Негативний зворотний зв'язок 43
 Нейрогормони 76
 Нейромедіатори 49
 Нерегулярні міграції 40
 Неспецифічна профілактика 123
 Неспецифічна резистентність 93
 Неспецифічний імунітет 54
 Ніктинастії 35
 Норма реакції 64
 Нутації 34
- О**бмежений протеоліз 45
 Оборотність фізіологічних адаптацій 65
 Одомашнення 38
 Окультурення 38
 Оператор 47
 Оперон 47
 Орнітофілія 72
- П**авлов І. П. 14
 Паразитизм 27
 Паракринна сигналізація 48
 Парасимпатична нервова система 51
 Паратгормон 52
 Пасивний рух 37
 Пастер Л. 154
 Первинні посередники 46
 Перельоти 41
 Перша сигнальна система 20
 Підвищення врожайності 150
 Підпорогові подразники 4
- Плавання 36
 Поведінкові адаптації 63
 Повзання 37
 Подразливість 4
 Подразнення 4
 Позитивний зворотний зв'язок 43
 Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) 125
 Політ 37
 Популяція 179
 Поріг подразнення 13
 Посттрансляційна модифікація білка 47
 Потовиділення 78
 Преадаптація 63
 Принцип конкурентного витіснення Гаузе 177
 Приріст популяції 180
 Природний добір 99
 Природокористування 216
 Пристосування 62
 Пріони 130
 Програми виживання 56
 Продуценти 190
 Промотор 47
 Простагландини 49
 Просторова структура біоценозу 184
 Просторова структура популяції 179
 Протисти 68
 Протозойні інфекції 136
 Профермент 45
 Псевдоподії 68
 Пульвінус 35
- Р**еакція надчутливості 75
 Регенерація 75
 Регулярні міграції 40
 Редуценти 190
 Резистентність 67
 Репаративна регенерація 88
 Репресія 47
 Репродуктивна медицина 161
 Ресурси 168
 Рефлекс 16
 Рефлекторна дуга 16
 Рефрактерний період 11
 Рецептори 12
 Реципрокні схрещування 148
 Речовинна адаптованість 173
 Рилізінг-фактори 76
 Ростові рухи 28, 34
 Рух 28
 Рухи за допомогою моторних білків 29
 Рухи кінцівок 28
- С**айленсери 47
 Саліцилати 59
 Самозріджування 61
 Саморегульовані системи 43
 Саморегуляція 42
 Сарколема 32
 Саркомер 33
 Саркоплазма 32



Саркоплазматичний ретикулум 32
Сезонні (фенологічні) зміни 188
Сезонні міграції 40
Селекція 142
Симпатична нервова система 50
Симпато-адреналова система 90
Синапси 11
Сисуни 138
Скоротливі вакуолі 68
Смертність 180
Смог 207
Соматична гібридизація 156
Соматична нервова система 50
Спадкові вади 120
Специфічна профілактика 123
Специфічний імунітет 54
Сплячка 84
Спора 66
Спостереження 166
Спрага 57
Статева культура 108
Статева структура популяції 179
Статоліти 9
Статоцити 9
Стенобіонти 171
Стигма 6, 68
Стрес 92
Стресор 92
Стрибки 36
Структурні адаптації 63
Сукуленти 70

Таксис 6, 29
Теплові рецептори 13
Територіальність 60
Теріофілія 72
Термінатор 47
Термонастії 35
Терморегуляція 52
Тигмонастії (сейсмонастії) 35
Травмування 74
Трансдукція 154
Трансплантація 161
Трансформація 154
Тремтіння 78
Тривала адаптація 80
Трихоцисти 68
Тропізми 34
Тропонін 33
Трофічна ніша 174
Трофічний рівень 190
Трофічні зв'язки 190
Т-трубочки 33

Тургор 35
Тургорні рухи 29, 35

Умови 168
Умовні рефлекси 17, 77
Ундулюючі мембрани 69
Ураження 74

Фагоцити 55
Фагоцитоз 55
Фактори росту 49
Фенологічні адаптації 63
Фенотипічна пластичність 64
Фенотипні адаптації 64
Ферменти 44
Фізичні подразники 4
Фізіологічна регенерація 88
Фізіологічні адаптації 63
Фізіологічні розлади 74
Фільтрація 83
Фітогормони 58
Фітонциди 59
Фітофаги 82
Фітохроми 6
Фосфорилування 45
Фотонастії 35
Фотоперіодизм 71
Фоторецептори 13
Фототропізм 34

Хансен Е. 154
Хемонастії 35
Хеморецептори 13
Хемотропізм 34
Хімічні подразники 4
Хімічні синапси 11
Ходьба 36
Хроматографія 124
Хронічні отруєння 87

Циклоз 29
Циркадні ритми 84
Цитокіни 49, 59
Цитостом 68

Шелл Г. 147
Ширина екологічної ніші 175
Ширяючий політ 37
Штучний добір 144

Щільний контакт 48
Щільність популяції 179
Щіточкова облямівка 31

Знайомство з підручником.....	3
-------------------------------	---

Тема 6. Адаптації

§ 1. Подразливість біологічних об'єктів.....	4
§ 2. Подразливість одноклітинних організмів та грибів.....	6
§ 3. Подразливість у рослин.....	8
§ 4. Подразливість у тварин.....	10
§ 5. Види рецепторів. Сприйняття сигналів.....	12
§ 6. Сенсорні системи тварин.....	14
§ 7. Рефлекси.....	16
§ 8. Подразнення і вища нервова діяльність.....	18
§ 9. Слова і символи як подразники.....	20
§ 10. Друга сигнальна система та еволюція.....	22
§ 11. Подразливість і пристосування до умов середовища.....	24
§ 12. Подразливість у взаємодіях живих організмів.....	26
§ 13. Рух у живій природі.....	28
§ 14. Рухи клітин.....	30
§ 15. Рухи м'язів.....	32
§ 16. Рухи рослин.....	34
§ 17. Рухи тварин.....	36
§ 18. Поширення організмів унаслідок окультурення й одомашнення.....	38
§ 19. Міграції тварин.....	40
§ 20. Саморегуляція біологічних систем.....	42
§ 21. Саморегуляція на молекулярному рівні.....	44
§ 22. Саморегуляція на клітинному рівні.....	46
§ 23. Саморегуляція на тканинному рівні.....	48
§ 24. Нервова й гуморальна саморегуляція на рівні організму.....	50
§ 25. Терморегуляція. Водно-сольовий гомеостаз. Детоксикація.....	52
§ 26. Імунітет як засіб збереження гомеостазу.....	54
§ 27. Поведінкові механізми збереження гомеостазу.....	56
§ 28. Регуляція в рослин.....	58
§ 29. Саморегуляція на рівні надорганізмових систем.....	60
§ 30. Адаптації та їхнє значення.....	62
§ 31. Механізми адаптацій.....	64
§ 32. Адаптації у прокариотів.....	66
§ 33. Адаптації в протистів.....	68
§ 34. Адаптації в рослин.....	70
§ 35. Пристосування рослин до розмноження і поширення.....	72

§ 36. Захисні реакції в організмі рослин.....	74
§ 37. Роль ендокринної та нервової систем для адаптації в людей і тварин.....	76
§ 38. Адаптації людини й тварин до жару й холоду.....	78
§ 39. Адаптації людини й тварин до гіпоксії, тиску, концентрації солей.....	80
§ 40. Адаптації тварин до умов харчування.....	82
§ 41. Добові та сезонні адаптації тварин.....	84
§ 42. Підтримання гомеостазу в умовах крововтрати. Реакції на вплив токсичних речовин.....	86
§ 43. Регенерація.....	88
§ 44. Адаптації до фізичного навантаження.....	90
§ 45. Стрес та дистрес.....	92
§ 46. Вікова динаміка адаптаційних можливостей.....	94
§ 47. Компенсаторні можливості організму людини.....	96
§ 48. Морфологічні адаптації тварин. Адаптація як результат еволюції.....	98
§ 49. Формування коадаптацій у симбіотичних організмів.....	100
Основні положення теми «Адаптації» ..	102

Тема 7. Біологічні основи здорового способу життя

§ 50. Здоровий спосіб життя та його складові.....	104
§ 51. Вплив зовнішніх факторів на здоров'я людини.....	106
§ 52. Безпека і статеві культури.....	108
§ 53. Неінфекційні захворювання опорно-рухової системи.....	110
§ 54. Неінфекційні захворювання основних систем органів.....	112
§ 55. Неінфекційні захворювання нервової системи.....	114
§ 56. Імунна система та імунітет.....	116
§ 57. Онкологічні захворювання.....	118
§ 58. Спадкові захворювання.....	120
§ 59. Інфекційні та інвазійні захворювання.....	122
§ 60. Діагностика інфекційних та інвазійних захворювань.....	124
§ 61. Паразитичні членистоногі.....	126
§ 62. Вірусні захворювання.....	128
§ 63. Пріонні захворювання.....	130
§ 64. Боротьба з бактеріальними захворюваннями.....	132

§ 65. Боротьба з мікологічними захворюваннями	134
§ 66. Боротьба з протозойними захворюваннями	136
§ 67. Боротьба з гельмінтозами	138
Основні положення теми «Біологічні основи здорового способу життя»	140

Тема 8. Селекція та біотехнологія

§ 68. Сучасна селекція	142
§ 69. Штучний добір	144
§ 70. Методи селекції	146
§ 71. Схрещування та розведення	148
§ 72. Селекція рослин	150
§ 73. Селекція тварин	152
§ 74. Селекція мікроорганізмів	154
§ 75. Генетична і клітинна інженерія	156
§ 76. Генетично модифіковані організми	158
§ 77. Біотехнологія	160
Основні положення теми «Селекція та біотехнологія»	162

Тема 9. Екологія

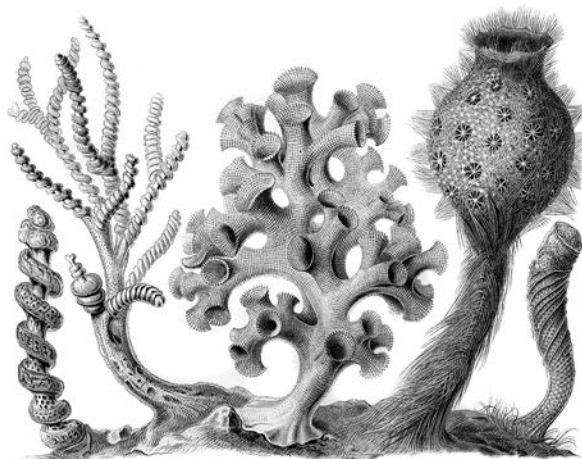
§ 78. Предмет і завдання екології	164
§ 79. Методи екологічних досліджень	166
§ 80. Екологічні фактори	168
§ 81. Основні закони факторіальної екології	170
§ 82. Адаптація до впливу екологічних	172
§ 83. Екологічна ніша	174
§ 84. Заповнення екологічних ніш	176
§ 85. Популяції. Статичні параметри популяцій	178
§ 86. Динамічні параметри популяцій. Екологічні стратегії	180
§ 87. Екосистеми. Види екосистем	182
§ 88. Просторова структура біоценозів	184
§ 89. Видова структура біоценозів	186
§ 90. Часові зміни в екосистемах	188

§ 91. Трансформація речовини й енергії в екосистемах	190
§ 92. Структура та складові біосфери	192
§ 93. Біогеохімічні цикли	194
§ 94. Еволюція біосфери	196
§ 95. Сучасний етап розвитку біосфери	198
Основні положення теми «Екологія»	200

Тема 10. Сталий розвиток та збалансоване природокористування

§ 96. Антропогенний вплив на біосферу	202
§ 97. Якість довкілля та його забруднення	204
§ 98. Порушення якості атмосфери	206
§ 99. Порушення якості води	208
§ 100. Проблеми геологічного середовища	210
§ 101. Проблеми біологічного різноманіття	212
§ 102. Охорона природи	214
§ 103. Природокористування та природні ресурси	216
§ 104. Закони природокористування	218
§ 105. Екологізація природокористування	220
§ 106. Шляхи реалізації збалансованого розвитку	222
§ 107. Шляхи вирішення екологічних проблем	224
Основні положення теми «Сталий розвиток та збалансоване природокористування»	226

Селекція та генетика в Україні	228
Видатні жінки, які працюють (працювали) в галузі біології	230
Узагальнюючі завдання за темами для індивідуальної й групової роботи	232
Предметний покажчик	234



Відомості про користування підручником

№ з/п	Прізвище та ім'я учня / учениці	Навчальний рік	Стан підручника	
			на початку року	в кінці року
1				
2				
3				
4				
5				

Навчальне видання
ЗАДОРОЖНИЙ Костянтин Миколайович
УТЄВСЬКА Ольга Михайлівна
ЛЕОНТЬЄВ Дмитро Вікторович

«БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ (ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)»
підручник для 11 класу закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Редактор *І. Г. Шахова*. Технічний редактор *А. В. Пліско*.
Макет *І. А. Кожанової*. Комп'ютерна верстка *А. О. Цибань*. Коректор *Н. В. Красна*.
Художнє оформлення *В. І. Труфена, А. О. Цибань*.

В оформленні підручника використано ілюстрації *Д. В. Леонтьєва* (2.1, 2.2, 3.3, 13.3, 13.4, 14.1, 14.2, 14.3, 14.4, 15.1, с. 36–37, 19.3, 30.2, 32.1, 33.1, 33.2, 36.4.), а також зображення, розміщені в мережі Інтернет для вільного використання

Підписано до друку 27.05.2019. Формат 84×108/16.
Папір офсетний. Гарнітура Шкільна. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 25,20. Обл.-вид. арк. 32,00. Тираж 23200 прим. Зам. № 0406-2019.

ТОВ Видавництво «Ранок»,
вул. Кібальчича, 27, к. 135, Харків, 61071.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5215 від 22.09.2016.
Адреса редакції: вул. Космічна, 21а, Харків, 61145.
E-mail: office@ranok.com.ua. Тел. (057) 719-48-65. Тел./факс (057) 719-58-67.

Підручник надруковано на папері українського виробництва

Надруковано у друкарні ТОВ «ТРИАДА-ПАК»,
пров. Сімферопольський, 6, Харків, 61052.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5340 від 15.05.2017.
Тел. +38 (057) 712-20-00. E-mail: sale@triada.kharkov.ua

БІОЛОГІЯ і ЕКОЛОГІЯ 11

ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ

Особливості підручника:

- Кожний параграф розташовано на одному розвороті
- Проблемні запитання — на початку кожного параграфа
- Подання матеріалу невеликими блоками
- Ключова ідея та компетентнісно орієнтовані завдання — у кінці кожного параграфа
- Теми навчальних проектів і завдання для індивідуальної та групової роботи за матеріалами усіх тем програми
- Узагальнення у кінці кожної теми
- Алгоритми виконання практичних робіт
- Таблиці, схеми, ілюстрації для унаочнення матеріалу
- Сучасний дизайн

Інтернет-підтримка дозволить:

- Здійснити онлайн-тестування за кожною темою
- Ознайомитися з додатковими матеріалами до уроків

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК



ISBN 978-617-09-5190-8



Інтернет-підтримка
interactive.ranok.com.ua

