



Л.І. ОСТАПЧЕНКО, П.Г. БАЛАН,
Т.А. КОМПАНЕЦЬ, С.Р. РУШКОВСЬКИЙ

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

РІВЕНЬ СТАНДАРТУ



11

Л.І. ОСТАПЧЕНКО, П.Г. БАЛАН,
Т.А. КОМПАНЕЦЬ, С.Р. РУШКОВСЬКИЙ

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

рівень стандарту

Підручник для 11 класу
закладів загальної середньої освіти



Київ
«Гене́за»
2019

УДК

Автори:

Л.І. ОСТАПЧЕНКО, П.Г. БАЛАН, Т.А. КОМПАНЕЦЬ, С.Р. РУШКОВСЬКИЙ

Остапченко Л.І.

О-76 Біологія і екологія (рівень стандарту): підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти / Л.І. Остапченко, П.Г. Балан, Т.А. Компанець, С.Р. Рушковський. – Київ : Генеза, 2019. –

Підручник формує в учнів природничо-наукову компетентність за допомогою засвоєння системи інтегрованих знань про закономірності функціонування живих систем, їхній розвиток і взаємодію. Засобом інтеграції навчального змісту є наскрізні змістові лінії. Розкрито основні напрями реалізації біологічної безпеки за допомогою досягнень біотехнології, генної та клітинної інженерії. Це сприятиме формуванню ціннісних і світоглядних орієнтацій учня, допоможе у визначенні подальшого професійного спрямування.

УДК 57(075.3)


© Остапченко Л.І., Балан П.Г.,
Компанець Т.А., Рушковський С.Р., 2019
© Видавництво «Генеза», оригінал-макет, 2019

ШАНОВНІ ОДИНАДЦЯТИКЛАСНИЦІ ТА ОДИНАДЦЯТИКЛАСНИКИ!

Минулого року ви ознайомилися з біорізноманіттям нашої планети, принципами метаболізму різних організмів; зрозуміли, як важливо оберігати спадковий матеріал від мутагенних факторів, дізналися про завдання медичної генетики щодо діагностики, профілактики та лікування спадкових захворювань й уроджених вад, про сучасні досягнення біології та медицини в галузі трансплантології тканин та органів, перспективи репродукційної медицини.

Цього року ви детальніше опануєте важливу властивість живої матерії – здатність адаптуватись, тобто пристосовуватися до різноманітних умов середовища мешкання; розширите свої знання про імунну систему, профілактику неінфекційних, інфекційних, інвазійних захворювань; дізнаєтеся про сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні, шляхи подолання їх, а також основні напрями реалізації біологічної безпеки. Ви переконаєтеся, що за допомогою досліджень у галузі селекції та біотехнології можна розв'язати проблему забезпечення населення планети, що безупинно зростає, харчовими продуктами та ефективними ліками, усвідомите значення для подальшого прогресу суспільства сучасних досягнень перспективних галузей біології – біотехнології, генної та клітинної інженерії.

Текст підручника поділено на теми та параграфи, які ви можете знайти, скориставшись «Змістом». Основні положення, терміни і поняття, на які потрібно звернути особливу увагу, виділено відповідним шрифтом.

Інформацію, яку потрібно пригадати, щоб краще засвоїти новий матеріал, позначено .


Головні тези, які важливо засвоїти на кожному уроці, виділено в рубрику **Запам'ятаємо**.

Крім основного матеріалу, підручник містить і додатковий (цікаві та корисні відомості з різних галузей біології, екології та медицини), розміщений у рубрику **Цікаво знати**.


Підручник містить багато ілюстративного матеріалу: фото, малюнки, схеми, графіки. Звертайте увагу на підписи до них. Часто вони містять важливу додаткову інформацію, а також завдання, виконати які вам допоможе вчителька або вчитель. У тексті параграфів вам траплятимуться практично орієнтовані **Завдання**, виконання яких підвищить вашу предметну компетентність, допоможе розвинути навички пошукової діяльності.

Після кожного параграфа наведено:

Ключові терміни та поняття, які вам потрібно запам'ятати, а також завдання різного рівня:

Перевірте здобуті знання 

Поміркуйте 

Творче завдання 

які дозволять перевірити, як добре ви засвоїли матеріал.



ТЕМА 5. АДАПТАЦІЇ

Після кожної теми наведено **Тестові завдання на закріплення знань**, які допоможуть здійснити самоконтроль, якнайкраще підготуватись до складання зовнішнього незалежного оцінювання знань з біології.

Важливою складовою успішного засвоєння курсу біології та екології є **лабораторні та практичні роботи**. Вони допоможуть вам самостійно сформувати спеціальні та практичні вміння.

Формуванню навичок самостійної роботи, умінь пошуку потрібної інформації в додаткових літературних джерелах слугуватимуть **навчальні проекти**.

Вироблення навичок сприймати наукову інформацію, аналізувати її на логічній основі, виокремлювати головне, застосовувати свої знання у практичній діяльності сприятиме розвитку ключових компетентностей. Їх ви формували протягом попередніх років навчання під час вивчення різних дисциплін. Головні серед них:

- **уміння вчитися та оперувати знаннями;**
- **співробітництво, уміння працювати в команді;**
- **вироблення особистісних і лідерських якостей;**
- **прагнення до самоосвіти, використання інформаційних технологій;**
- **відповідальне ставлення до свого здоров'я;**
- **громадянська відповідальність.**

Набувши їх, ви зможете легше розв'язати питання майбутнього професійного вибору, станете успішними в будь-якій сфері своєї діяльності. Можливо, вивчення біології та екології вплине на подальший вибір вашого життєвого шляху, і ви продовжите опановувати біологію, екологію та медицину вже у стінах відповідних вищих закладів освіти.

Отже, авторський колектив бажає вам успіхів у пізнанні складного та цікавого світу живої природи!

У цій темі ви дізнаєтесь про:

- здатність формувати адаптації як загальну властивість біологічних систем;
- принцип єдності організмів і середовища їхнього мешкання;
- загальні закономірності формування адаптацій на різних рівнях організації живої матерії та їхні властивості;
- життєві форми тварин і рослин як наслідок адаптацій до середовища мешкання;
- спряжену еволюцію (кoeволюцію) та коадаптацію організмів;
- основні середовища мешкання та адаптації до них організмів;
- адаптивні біологічні ритми та їхнє значення.

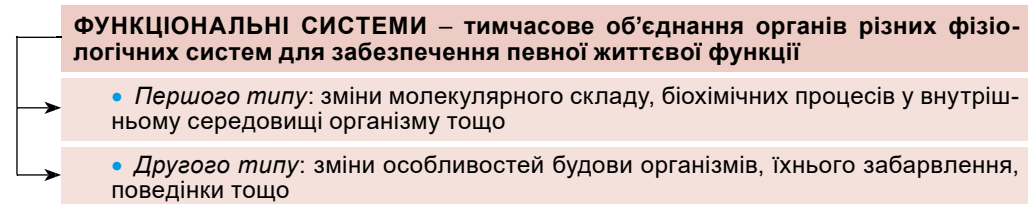
§ 1. АДАПТАЦІЇ ЯК УНІВЕРСАЛЬНА ВЛАСТИВІСТЬ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Пригадайте, що таке біологічна система. Що таке еволюція, ароморфоз, ідіо-адаптація, загальна дегенерація, геном, гомеостаз? Що таке фізіологічні системи органів і функціональні системи органів?

За будь-яких змін умов існування вижити та залишити плодючих нащадків можуть лише ті організми, які до цих змін адаптувалися.

Адаптація – це процес пристосування будови, хімічного складу та функцій, поведінки організмів, а також пристосування популяцій, угруповань видів до умов середовища мешкання.

Здатність адаптуватись – універсальна властивість біологічних систем різного рівня організації: від найнижчого молекулярного до найвищого – біосферного. На клітинному, тканинному або органному рівні адаптації можуть проявлятися у вигляді їхніх функціональних або морфологічних змін. На рівні організму вони проявляються як змінами у будові та функціях окремих органів або систем органів, так і цілісного організму як інтегрованої біологічної системи. Прикладами таких адаптацій може бути формування функціональних систем організму (мал. 1.1).



Мал. 1.1. Типи функціональних систем, що забезпечують адаптації біологічних систем



Мал. 1.2 Приклади адаптацій на популяційно-видовому рівні організації живої матерії: 1 – осінній листопад; 2 – міграції перелітних птахів

На популяційно-видовому рівні адаптації насамперед спрямовані на збереження та зростання чисельності особин певного виду, переживання несприятливих умов і заселення нових територій (мал. 1.2). На екосистемному (біогеоценологічному) рівні адаптації забезпечують збереження видового різноманіття екосистем, їхньої цілісності, стійкості та здатності до саморегуляції.

Запам'ятаємо

Хоч би на якому рівні організації живої матерії формувалися адаптації, вони насамперед спрямовані на підтримання гомеостазу біологічної системи: динамічної сталості її складу та властивостей.

Еволюція як процес постійного формування адаптацій біологічних систем. Процес еволюції можна розглядати як розвиток біологічних систем у бік кращої адаптованості за допомогою виникнення ароморфозів, ідіоадаптацій і навіть загальної дегенерації.

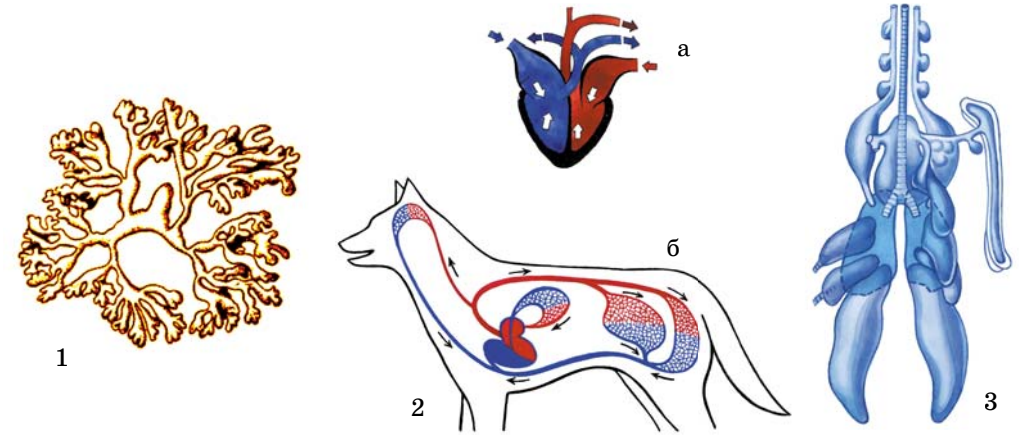
Ароморфози, пов'язані з підвищенням рівня організації, забезпечували адаптації до нових середовищ мешкання. **Ідіоадаптації** супроводжувались адаптаціями до конкретних умов опанованого раніше середовища і без змін рівня організації. Ви вже знаєте, що за допомогою ідіоадаптацій відбувається **адаптивна радіація** – пристосування споріднених організмів до різних умов існування (мал. 1.3). Вона базується на процесах **дивергенції** – розходження станів певних ознак у нащадків спільного предка.

Загальна дегенерація пов'язана зі спрощенням організації внаслідок переходу до паразитичного, сидячого чи малорухливого способу життя. Адаптації, які при цьому виникли, також забезпечують кращу пристосованість до умов середовища, а не погіршують її.

Завдання. 1. Використовуючи знання, отримані в курсі біології, та додаткові джерела інформації, схарактеризуйте адаптації, з якими пов'язані ароморфози, ідіоадаптації та загальна дегенерація. 2. За малюнком 1.4 виберіть приклади ароморфозу, ідіоадаптації та загальної дегенерації. Обґрунтуйте свій вибір.



Мал. 1.3. Приклад адаптивної радіації: зміни форми дзьоба в галапагоських в'юрків унаслідок адаптацій до споживання різної їжі (завдання: з допомогою вчительки або вчителя проаналізуйте, як кожна форма дзьоба цих птахів адаптована до здобування певного виду їжі)



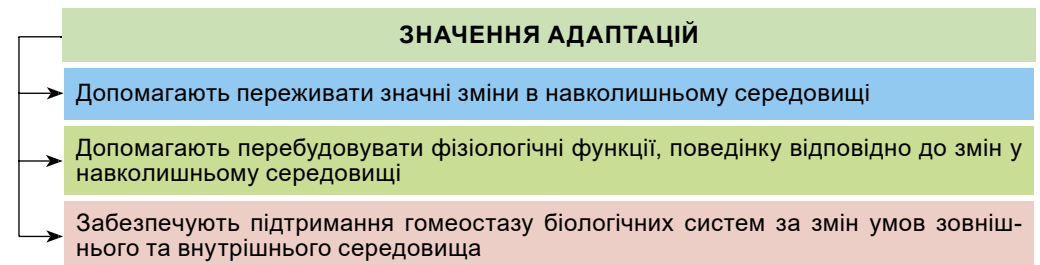
Мал. 1.4. Схематичне зображення: 1 – представник ракоподібних роду Дендрогастер, що паразитує в порожнині тіла морських зірок; 2 – чотирикамерне серце (а) та два кола кровообігу (б) ссавців; 3 – повітряні мішки птахів

Отже, саме завдяки адаптації організмів до найрізноманітніших умов існування виникло вражаюче біорізноманіття на нашій планеті.

Американський палеонтолог **Джордж Гейлорд Сімпсон (1902–1984)** розробив **концепцію адаптивної зони**. Це комплекс умов навколишнього середовища, де відбувається еволюція певного таксона, і який визначає напрям його еволюції. Опанування нової адаптивної зони зумовлює новий процес адаптивної радіації. Розширення адаптивної зони пов'язане з підвищенням рівня організації – певними ароморфозами. І, навпаки, спеціалізація видів – пристосування до конкретних умов існування – супроводжується звуженням адаптивної зони. Зокрема, це може відбуватись унаслідок конкуренції з іншими видами. Знизити гостроту конкуренції може опанування нової адаптивної зони.

Значення адаптацій у житті організмів. Усі живі істоти мають постійно пристосовуватись як до дії кожного окремого екологічного фактору, так і до всього їхнього комплексу, регулюючи процеси життєдіяльності відповідно до змін цих чинників (мал. 1.5).

Правило взаємодії екологічних факторів стверджує: *межі толерантності (витривалості) щодо дії будь-якого екологічного фактору можуть змінюватися залежно від того, з якою інтенсивністю і в якому поєднанні діють інші фактори.* Справедливість цієї екологічної закономірності ви неоднора-



Мал. 1.5. Значення адаптацій для нормального існування та функціонування біологічних систем

зово відчували на власному досвіді: наприклад, високі або низькі температури легше переносити тоді, коли повітря сухе й не дмуть сильні вітри.

Ключові терміни та поняття

адаптації, адаптивна радіація, адаптивна зона, правило взаємодії екологічних факторів.

Перевірте здобуті знання 1. У чому полягає процес формування адаптацій? 2. Яке значення адаптацій для виживання організмів? 3. Чим характеризуються адаптації, які формуються на різних рівнях організації біологічних систем? 4. У чому полягає концепція адаптивної зони? 5. Про що твердить правило взаємодії екологічних факторів?

Поміркуйте Чому еволюція живої матерії на нашій планеті була б неможливою без здатності біологічних систем до формування різноманітних адаптацій?

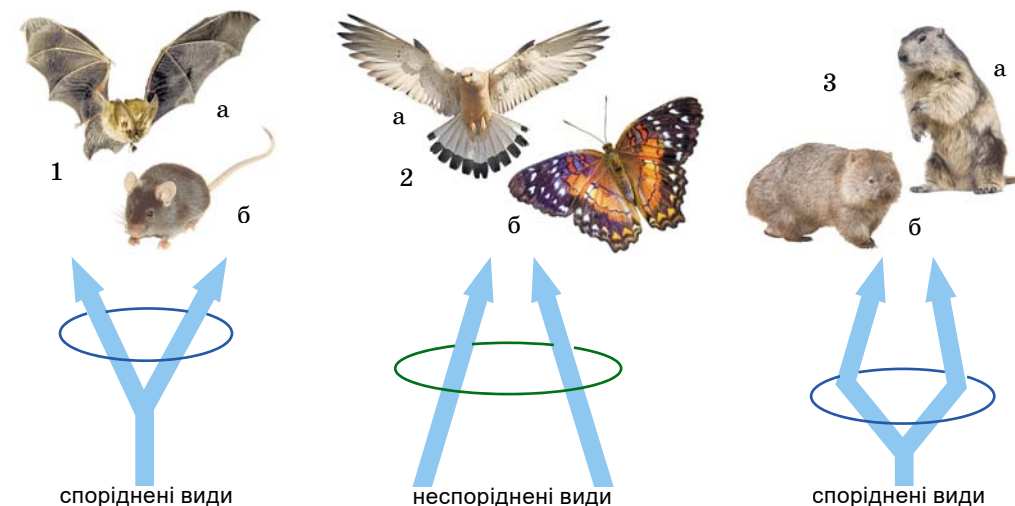
§2. ПРИНЦИП ЄДНОСТІ ОРГАНІЗМІВ І СЕРЕДОВИЩА ЇХНЬОГО МЕШКАННЯ

Пригадайте, що таке життєві форми організмів. Що таке дивергенція, конвергенція, паралелізм? Які екологічні фактори називають обмежувальними (лімітуючими)?

Адаптації – це не тільки властивість біологічних систем реагувати на зміни середовища мешкання, а ще й здатність цих систем активно впливати, змінювати і перетворювати це середовище (*поміркуйте* чому).

З курсу біології 9 класу ви вже знайомі з історією вивчення адаптацій організмів до середовища мешкання від Карла Ліннея до Чарльза Дарвіна. Ви пам'ятаєте, що вперше на вплив умов довкілля на виникнення адаптацій у різних організмів звернув увагу **Жан Батист Ламарк** (1744–1829). Він вважав, що адаптивні зміни можуть бути лише прогресивними, оскільки виникають під впливом певного «внутрішнього прагнення до вдосконалення», притаманного всім організмам. **Чарльз Дарвін** (1809–1882) розглядав формування адаптацій як засіб для виживання. Він відкрив еволюційні процеси – дивергенцію та конвергенцію (мал. 2.1, 1, 2). У разі *дивергенції* нащадки спільного предка, які опиняються в різних умовах існування, формують різні адаптації, оскільки відбувається адаптивна радіація (див. мал. 1.3). У разі *конвергенції*, навпаки, неспоріднені організми, потрапивши в схоже середовище мешкання, демонструють подібні адаптації. Так формуються певні життєві форми організмів.

У разі паралельної еволюції, або *паралелізму* (мал. 2.1, 3), подібні ознаки формуються незалежно у близькоспоріднених груп організмів, тобто таких, які походять від спільного предка шляхом дивергенції. Тому такі організми мають багато спільних груп генів. Далі такі споріднені групи можуть потрапляти в подібні умови існування, і в їхніх генофондах закономірно з'являються подібні мутації, на основі яких формуються подібні ознаки. У результаті споріднені види та роди характеризуються подібними рядами спадкової мінливості – подібними адаптаціями – з такою правильністю, що, вивчивши ряд форм у межах одного виду чи роду, можна передбачити знахідки форм з подібним поєднанням ознак у межах близьких видів чи родів. Що тісніші родинні зв'язки між такими організмами, то більша подібність у рядах їхньої спадкової мінливості.



Мал. 2.1. Схема, що ілюструє різні напрями еволюції організмів: 1 – дивергенція (ссавці: а – кажан, ряд Рукокрилі; б – миша, ряд Гризуни); 2 – конвергенція (а – птах, клас Птахи; б – метелик, клас Комахи); 3 – паралелізм (а – бабак, плацентарні ссавці; б – вомбат, сумчасті ссавці)

Завдання. Схарактеризуйте особливості формування адаптацій у разі дивергенції, конвергенції та паралелізму.

Концепції гомеостазу. Підвалини концепції гомеостазу заклав французький медик і фізіолог **Клод Бернар** (1813–1878). Згідно з нею гомеостаз є основною умовою існування організму, коли зміни у внутрішньому або зовнішньому середовищі неодмінно мають бути компенсовані та зрівноважені. У подальшому цю концепцію розвинув американський фізіолог **Уолтер Бредфорд Кеннон** (1871–1945). Він показав, що динамічна постійність складу та властивостей внутрішнього середовища організму підтримується ланцюгом складних і різноманітних процесів. Саме він запропонував термін «гомеостаз». Гомеостатична рівновага, за У. Б. Кенноном, підтримується механізмами автоматичної саморегуляції, набутими живими істотами в процесі еволюції. Отже, гомеостаз досягається досконалою адаптаційною діяльністю.

На початок ХХ ст. сформувалися такі погляди на адаптації організмів до умов навколишнього середовища:

- адаптування до нових умов або умов, які періодично змінюються, – завдання, які постійно розв'язують організми;
- адаптації тісно пов'язані із саморегулюванням біохімічних і фізіологічних процесів в організмі;
- у тварин адаптації можуть бути пов'язані зі змінами їхньої поведінки.

Учення про адаптації стало своєрідним містком, який поєднав дані різноманітних біологічних наук: молекулярної біології, біохімії, вірусології, мікробіології, ботаніки, мікології, зоології, анатомії, фізіології, біології індивідуального розвитку, екології, еволюційного вчення тощо.

Принцип єдності організмів і середовища їхнього мешкання вперше сформулював російський фізіолог **Іван Михайлович Сеченов** (1829–1905): будь-який організм (рослинний або тваринний) є саморегульованим меха-

нізмом, відкритою системою, тісно пов'язаною з навколишнім середовищем процесами обміну речовин та потоками енергії.

За різних змін умов середовища адаптації, що сформувалися раніше, зазвичай втрачають своє значення. Тоді важливого значення набуває **адаптивний потенціал** – спадково визначена здатність організмів пристосовуватись до нових або змінених умов середовища. Так, завдяки адаптивному потенціалу виду у популяції, які мешкають у різних частинах ареалу в різних умовах, можуть формуватись різні адаптації. Що вищий адаптивний потенціал виду, то різноманітніші його адаптації. Завдяки високому адаптивному потенціалу організми змогли опанувати різноманітні, часто екстремальні, умови існування: високогір'я, пустелі, морські глибини тощо.

Запам'ятаємо

Головний постулат еволюційної теорії – організми, які пристосувалися до змін у довкіллі, отримують шанс вижити та залишити нащадків.

Ключові терміни та поняття

концепція гомеостазу, принцип єдності організмів і середовища їхнього мешкання, адаптивний потенціал.

Перевірте здобуті знання 1. Чому адаптації спрямовані насамперед на підтримання гомеостазу? 2. У чому полягає принцип єдності організмів і середовища їхнього мешкання? 3. Що таке адаптивний потенціал?

Поміркуйте Видатний англійський біолог Ч. Дарвін вважав, що адаптації завжди мають відносний характер і не бувають абсолютними. Як ви вважаєте, чому?

Творче завдання Наведіть приклади організмів, пристосованих до екстремальних умов існування. З'ясуйте, які види організмів (гіпотетично) мають адаптивний потенціал пристосуватися до умов глобальної екологічної кризи сьогодення.

§3. ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ ТА ЇХНІ ВЛАСТИВОСТІ

Пригадайте, що таке адаптивний потенціал. Як регулюється активність генів? Що таке пенетрантність та експресивність генів? Які гени належать до регуляторних і структурних? Що таке генофонд популяції?

Генетичні основи формування адаптацій. Ви вже знаєте, що кожній групі організмів притаманний свій адаптивний потенціал, який визначається набором спадкової інформації – геномом. У свою чергу, спадкова інформація реалізується під контролем зовнішнього середовища.

Адаптації можуть виникати лише за певних передумов. Це стверджує **правило відповідності умов середовища мешкання генетичній визначеності організму: будь-який вид організмів може існувати доти і настільки, наскільки особливості довкілля відповідатимуть генетичним можливостям пристосування цього виду до змін і коливань умов середовища.**

Ви вже знаєте, що за певних умов одні гени можуть ставати неактивними, а інші – активуються. Реалізація спадкової інформації прямо залежить від умов середовища мешкання. Тому один і той самий генотип здат-



Мал. 3.1. Представники родини Вовчі – песцю – мешканцю Заполярного кола, властивий сезонний диморфізм у забарвленні хутра: під час осіннього линяння воно стає білим (1), що робить тварину менш помітною на тлі снігу. Під час весняного линяння хутро набуває бурих відтінків (2). Один з провідних чинників, які визначають колір хутра під час линяння, – це температура повітря

ний визначати різні варіанти фенотипу, залежно від того, в яких умовах реалізується спадкова інформація особи (мал. 3.1).

Отже, спадковий матеріал організмів визначає не так саму ознаку, як межі, у яких вона може варіювати. Це явище називають **нормою реакції**. Що ширша норма реакції для певних ознак, то більше шансів адаптуватись до нових умов мешкання. Широка норма реакції дає змогу мешкати в мінливих умовах довкілля. Більшість ознак, які визначають адаптації організмів до умов існування, це ознаки із широкою нормою реакції.

Поява нової адаптації є наслідком виникнення нових мутацій (**мутацийна мінливість**) або появи нових комбінацій мутантних алелів, що виникли раніше (**комбінативна мінливість**). Якщо мутація виявляється нейтральною (за певних умов, можливо, і корисною), то така особина здатна вижити й передати свій спадковий матеріал нащадкам. Згодом такий мутантний алель має шанс поширитись серед особин популяції, і його концентрація в генофонді зростатиме. Через певний час адаптація окремих особин може перетворитися на адаптацію, притаманну всім особинам популяції. Наприклад, у коників або богомолів протягом року весняно-літнє зелене забарвлення тіла змінюється на літньо-осіннє коричневе (мал. 3.2). Така зміна забарвлення комах пов'язана зі змінами забарвлення рослинності. Це приклад захисного забарвлення, яке робить тварин менш помітними на тлі довкілля. У разі можливості обміну спадковим матеріалом між особинами різних популяцій певного виду нова ознака, притаманна певній популяції, може згодом закріпитись на видовому рівні.



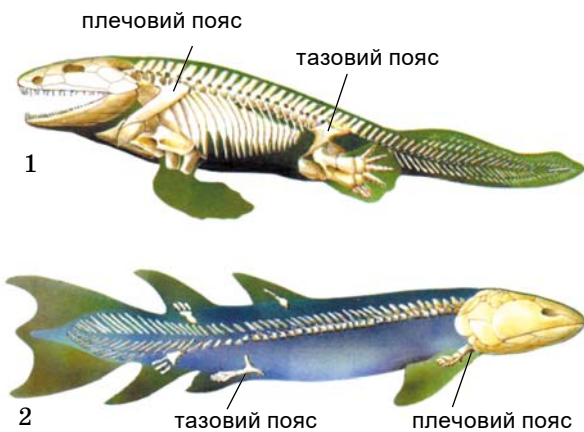
Мал. 3.2. Зміна забарвлення тіла богомола звичайного протягом весняно-осіннього періоду – адаптація до зміни забарвлення рослин, на яких він трапляється. Такі зміни забарвлення цих комах регулює хроматинний нейрогормон, який виробляють нейросекреторні клітини головного мозку

Значення преадаптацій у процесі формування адаптацій. Адаптації часто формуються на базі *преадаптацій* – властивостей або пристосовань організмів певного виду, що потенційно можуть мати адаптивну цінність. Концепція преадаптації полягає в тому, що багато органів та адаптацій сформувалися, первинно виконуючи інші функції, ніж на кінцевій стадії свого розвитку. У певний момент орган починає виконувати додаткову функцію, яка виявляється важливішою для організму, ніж початкова. Наприклад, перехід хребетних тварин з водойм до існування на суходолі був пов'язаний з певними преадаптаціями. Зокрема, скелет грудних плавців у риб посилюється появою скелета їхніх поясів (мал. 3.3). Завдяки цьому згодом сформувалися парні кінцівки наземних тварин.

Еволюційний момент, коли орган набуває нової функції і починає виконувати нову адаптивну роль, називають *преадаптаційним порогом*. Орган, який змінився в процесі еволюції в новому напрямі, може втратити колишню функцію. Наприклад, нова функція передньої зябрової дуги риб – функція щелеп – виявилася такою важливою, що попередню функцію (участь у дихальних рухах) згодом було втрачено (мал. 3.4).

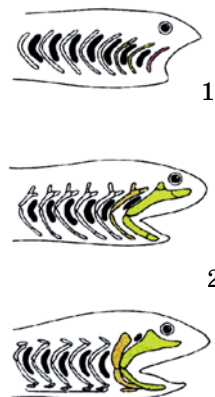
Термін «преадаптація» запропонував 1911 р. французький учений **Люс'єн Кено (1866–1951)**. Під преадаптаціями він розумів такі особливості організмів, які виникають випадково (тобто внаслідок мутацій), але в подальшому набувають пристосувальної цінності. Але преадаптивний стан організму (або окремого органа) виникає не як безпосередній результат випадкових мутацій, а на основі попередньої пристосувальної еволюції.

Завдання. Стійкості рослин до забрудненості повітря певною мірою сприяють структури, які забезпечують підвищення їхньої посухостійкості (наприклад, кутикула, що вкриває поверхню листка). Поміркуйте, як це можна враховувати, зокрема, при підборі видів для озеленення міст з високим рівнем розвитку промисловості й інтенсивним рухом транспорту.



Мал. 3.3. У кистеперих риб (1) у процесі еволюції (2 – первісна наземна тварина – іхтіостега) з'явилися кісткові пояси парних плавців (грудних і тазових), які, ймовірно, допомагали цим риbam підніматись над водою й дихати атмосферним повітрям; з них у процесі еволюції сформувалися пояси передніх і задніх кінцівок первісних наземних тварин

Мал. 3.4. Зяброві дуги початково виконували опорну функцію для зябер (1), але в щелепноротих хребетних передня пара зябрових дуг перетворилася на щелепи (2), за допомогою яких ці тварини можуть активно захоплювати їжу



У деяких організмів мутації генів-регуляторів спричиняють прискорення їхнього статевого дозрівання аж до виникнення неотенії. Виникнувши як преадаптація, неотенія може бути закріплена в процесі еволюції як адаптація.

Неотенія (від грец. *неос* – незрілий, *теіно* – розтягнуто, подовжено) – явище, за якого особини набувають здатності до статевого розмноження та завершення онтогенезу (індивідуального розвитку) на ранніх стадіях розвитку ще до досягнення дорослого стану.

Цікаво знати

Назва «аксолотль» з мови корінного населення Центральної Америки – ацтеків – перекладається, як «водяне чудовисько». Це пов'язано з тим, що ця неотенічна личинка, завдовжки до 30 см, має велику та широку голову із широким ротовим отвором і маленькими очима, по боках якої стирчать зовнішні зябра (мал. 3.5, 1). За постійного перебування у воді в аксолотлів не завершується метаморфоз і зберігаються зовнішні зябра. Але якщо їх перемістити в більш сухе та прохолодне середовище (наприклад, значно понизити рівень води в акваріумі), це стимулює завершення метаморфозу: зовнішні зябра зникають, й аксолотль протягом кількох тижнів перетворюється на дорослу тварину – амбістому (мал. 3.5, 2). Процеси метаморфозу перебігають під контролем гормону щитоподібної залози – тироксину. *Поміркуйте:* у чому полягає адаптивне значення цього явища.



Мал. 3.5. 1 – аксолотль (неотенічна личинка); 2 – амбістома (завдання: визначте ряд амфібій, до якого належить ця тварина)

У процесі еволюції можлива і *постадаптація* – зміни організмів, які вдосконалюють уже наявну адаптацію до середовища мешкання. Прикладами постадаптацій є ускладнення та удосконалення у тварин органів травлення, кровообігу, дихання, нервової системи тощо.

Запам'ятаємо

Процеси формування нових адаптацій до певних умов внутрішнього або зовнішнього середовища біологічних систем називають *адаптаціогенезом*.

Ключові терміни та поняття

правило відповідності умов середовища мешкання генетичній визначеності організму, преадаптація, неотенія, постадаптація, адаптаціогенез.

Перевірте здобуті знання

1. Про що стверджує правило відповідності умов середовища мешкання генетичній визначеності організму?
2. Як спадковий матеріал організмів визначає їхню здатність формувати нові адаптації?
3. Що таке преадаптації та яке їхнє біологічне значення?
4. Чим постадаптації відрізняються від преадаптацій?
5. Що таке адаптаціогенез?

Поміркуйте

Які преадаптації стали основою для формування різноманітних адаптацій у рослин? Наведіть приклади.

§4. ВЛАСТИВОСТІ АДАПТАЦІЙ. АДАПТИВНІ СТРАТЕГІЇ ОРГАНІЗМІВ

Пригадайте, що таке адаптивний потенціал. Що таке атавізми і рудименти? Які організми називають теплокровними та холоднокровними? Що собою становлять цисти та спори в бактерій?

Перелічимо **основні властивості адаптацій**.

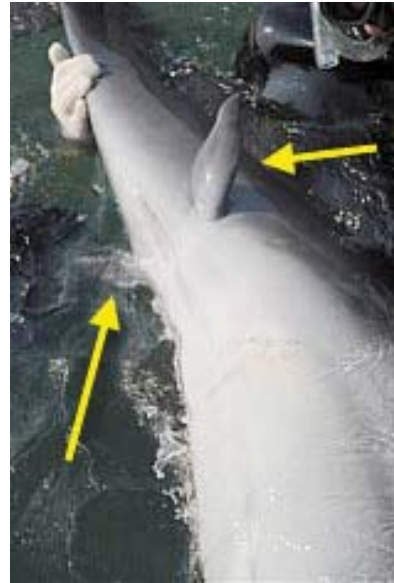
● *Не існує універсальних адаптацій*, які б дали змогу організму вижити в будь-яких умовах. Адаптації мають пристосувальне значення лише в тому середовищі, в якому вони сформувалися. У разі зміни умов середовища адаптації можуть втрачати своє значення, й організмам, щоб вижити, потрібно формувати нові адаптації. Коли адаптація втрачає своє значення, із часом концентрація алеля, який її визначає, у популяції знижується. У рецесивному стані він може залишатись як резерв спадкової мінливості, не проявляючись у фенотипі гетерозиготних особин. Але час від часу такий алель може проявитись у фенотипі окремих, гомозиготних за ним, особин. Це явище повернення ознак, притаманних предкам, називають **атавізмом** (мал. 4.1).

● *Адаптації непостійні*: ті з них, які втратили своє значення, через певний час зникають, натомість можуть формуватись нові. Структури або органи, адаптивне значення яких було втрачено у процесі еволюції, можуть залишатись у вигляді **рудиментів**. Вони або не виконують жодних функцій (як-от, рудимент третьої повіки – мигальної перетинки – у ссавців), або ж беруть на себе нові функції. Наприклад, дзиччальця мух – рудимент другої пари крил – допомагають комасі зберігати рівновагу під час польоту. Колючки кактусів – рудименти листків – набувають нової функції – захисту від виїдання тваринами (мал. 4.2).



Мал. 4.2. Приклади рудиментів: 1 – мигальна перетинка в людини; 2 – колючки кактусів (завдання: наведіть ще приклади рудиментів у тварин і рослин)

● *Адаптації є незалежними*. Добра адаптованість організмів до дії певного чинника не означає такої самої адаптованості до дії інших (**правило відносної незалежності адаптацій**). Так, лишайники, які можуть оселятись на субстратах, бідних на органіку (наприклад, скельних породах),



Мал. 4.1. 2006 р. було виявлено дельфіна, який мав, окрім ласт, окрім ласт, окрім ласт (нормально розвиненої у всіх особин передньої пари кінцівок), ще й пару слабо розвинених задніх кінцівок (завдання: наведіть ще приклади атавізмів у тварин)

Мал. 4.3. Ссавці, що належать до життєвої форми землерийів: 1 – кріт; 2 – сліпак (завдання: виявіть спільні риси адаптацій цих тварин до мешкання у ґрунті)



переживати тривалі посушливі періоди або періоди несприятливих температур, дуже чутливі до забрудненості повітря.

● *Не існує видів, навіть з близьких систематичних груп (родів, родин, рядів тощо), подібних за своїми адаптаціями*. Тобто кожен вид має індивідуальний набір адаптацій до подібного середовища мешкання. Про це стверджує **правило екологічної індивідуальності**: кожен вид організмів пристосований до певної сукупності умов існування своїм особливим чином. Наприклад, кріт (ряд Комахоїдні) та сліпак (ряд Гризуни) адаптовані до життя у ґрунті. Але кріт риє ходи за допомогою передніх розширених кінцівок, а сліпак – за допомогою різців, викидаючи назовні ґрунт головою (мал. 4.3).

● *Адаптації не бувають абсолютними*. Наприклад, у зайця білого під час осіннього линяння під впливом зниження температури змінюється забарвлення хутра із сірого на біле, яке робить його непомітним на тлі снігу. Але зниження температури не завжди супроводжується випадінням снігу, і біла тварина стає більш помітною на темному тлі (мал. 4.4).

● *Адаптації, притаманні всім або переважній більшості особин виду, формуються в процесі історичного розвитку виду – його філогенезу* – поступово, з покоління в покоління. Не всі ознаки організму мають адаптивне значення, але можуть його набувати в процесі еволюції.

● *Результат адаптації – адаптивний ефект – зазвичай є результатом взаємодії різних компонентів біологічної системи*. Пригадайте: різні групи ссавців у процесі адаптивної радіації адаптувалися до споживання різного типу їжі (порівняйте, наприклад, особливості зубного апарату вовків, жуйних тварин, гризунів, дельфінів). Такі адаптації сформувалися в результаті адаптивних змін не лише в будові зубів, а й щелеп, жувальних м'язів тощо.

Запам'ятаємо

Формування адаптації обмежене можливостями біосистеми до адаптаційних змін.

● *Ступінь адаптованості організмів до середовища мешкання не залежить від рівня їхньої організації*: наприклад, прокаріоти, організація

Мал. 4.4. Літнє (1) та зимове (2) забарвлення хутра зайця білого хоча й збільшують шанси на виживання в певний сезон, але не гарантують ідеального маскуванню від хижаків





1

Мал. 4.5. Приклад активного адаптування рослин до умов місцезростання: в рослини самосилу білоповстистого під час вологого періоду року формуються досить великі листки (1); під час посушливого періоду вони замінюються на дрібні листки у вигляді лусочок. Найбільш посушливий період ця рослина може переживати взагалі без листків, лише із зеленими стеблами та колючками (2)



2

клітин яких значно простіша, можуть досить ефективно пристосовуватись до переживання несприятливих умов (пригадайте, утворення цист і спор) та ефективного розмноження, якщо ці умови стають сприятливими.

Стратегії адаптації організмів до середовища мешкання можна поділити на три основні типи.

Організми можуть адаптуватись до середовища мешкання *активно*, регулюючи власні процеси життєдіяльності залежно від змін умов довкілля. Наприклад, температура тіла птахів і ссавців як теплокровних тварин залишається сталою навіть за сильних морозів, а пустельні членистоногі активно підтримують відносно постійний вміст води в тілі за умов значної посухи. У деяких рослин, які зростають за періодичної зміни вологості навколишнього середовища, періодично можуть змінюватись типи листків (мал. 4.5).

Пасивний шлях формування адаптацій організмів до умов існування – це підпорядкування процесів життєдіяльності змінам умов середовища мешкання. Так, за зниження температури повітря у холонокровних тварин знижується й інтенсивність процесів обміну речовин. У деяких теплокровних тварин у неактивному стані (наприклад, зимова сплячка їжаків або бурих ведмедів) може значно знижуватись температура тіла. Це дає змогу зменшити витрати енергії на вироблення тепла (мал. 4.6).

Уникнення несприятливих змін умов (міграції та кочівлі деяких комах, риби, птахів, ссавців тощо) (мал. 4.7). При цьому життєві цикли організмів здійснюються таким чином, що найбільш вразливі фази розвитку завершуються у найбільш сприятливі періоди, а на несприятливі періоди можуть припадати фази спокою (наприклад, фаза лялечки в комах).



1



2

Мал. 4.6. Приклади пасивного адаптування організмів до змін умов середовища мешкання: 1 – зимова сплячка їжака; 2 – цисти золотистої картопляної нематоди – небезпечного шкідника картоплі (покриви материнської особини слугують захистом для яєць і личинок) можуть зберігатись у ґрунті до 10 років

Мал. 4.7. Коли густина популяції сарани перелітної незначна, личинки та імаго (статевозрілі особини) мають зелене або коричневе забарвлення (1); така поодинокі форма не утворює зграй; якщо густина популяції велика, забарвлення личинок та імаго стає яскравим (жовте або помаранчеве із чорними плямами). Так формується зграйна форма (2), здатна формувати великі зграї, що перелітають на значні відстані, знищуючи на своєму шляху рослинність



1



2

Ключові терміни та поняття

атавізми, рудименти, правило відносної незалежності адаптацій, правило екологічної індивідуальності.

Перевірте здобуті знання



1. Назвіть основні властивості адаптацій. 2. Що собою становлять атавізми з точки зору формування адаптацій? 3. Що спільного та відмінного між рудиментами та атавізмами? 4. Про що стверджує правило відносної незалежності адаптацій? 5. Поясніть сенс правила екологічної індивідуальності. 6. Схарактеризуйте основні адаптивні стратегії організмів.

Поміркуйте



Як за допомогою рудиментів можна проілюструвати положення про те, що адаптації непостійні й можуть зникати після того, як втратили своє пристосувальне значення? Наведіть приклади.

§5. ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ НА МОЛЕКУЛЯРНОМУ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ

Пригадайте, що таке плазмід. Які організми належать до гаплоїдних, диплоїдних і поліплоїдних? Що таке преадаптації та адаптивний потенціал? Які ви знаєте форми природного добору? Що таке ферменти (ензими)? Які їхні властивості? Що таке мімікрія? Які сполуки називають глікопротеїдами?

Формування адаптацій на молекулярному рівні. Саме на молекулярному рівні зберігається та реалізується спадкова інформація, яка й визначає адаптивні властивості організмів (*пригадайте*, про це стверджує правило відповідності умов середовища мешкання генетичній визначеності організму). Прокаріоти мають лише одну молекулу ДНК у ядерній зоні (нуклеоїді). Отже, усі мутації в них можуть одразу проявлятися у фенотипі. Це підвищує адаптивний потенціал і дає можливість швидше формувати адаптації відповідно до змін у довкіллі.

В еукаріотів основний масив спадкової інформації розміщено в ядрі клітини. Еукаріотичні організми можуть бути гаплоїдними, диплоїдними або поліплоїдними. Домінантні мутації одразу проявляються у фенотипі; рецесивні – у гетерозиготному стані не проявляються, залишаючись своєрідним резервом спадкової мінливості. Але переходячи в гомозиготний стан, вони, проявляючись у фенотипі, можуть впливати на адаптаційні властивості організмів. Завдяки виникненню нових мутацій кількість алельних генів зростає. При цьому що більше є алелів певного гена, то більше в популяціях трапляється різних варіантів певної ознаки. Відповідно створюються умови для формування нових адаптацій.

Часто адаптації на молекулярному рівні пов'язані з активацією чи вимкненням відповідних генів, що призводять до зміни складу макромолекул, або зміною їхньої активності. Зокрема, це стосується складу та активності травних ферментів. На малюнку 5.1 зображено одного з най-



Мал. 5.1. Денний метелик поліксена (1) та його гусениця (2), яка живиться рослиною хвилівником

чарівніших денних метеликів нашої фауни – поліксена (1), занесеного до Червоної книги України. Гусінь цього метелика (2) може споживати листки рослин лише одного роду – Хвилівника. У неї немає ферментів, які б перетравлювали тканини інших рослин. Хвилівник містить алкалоїди, що робить його неїстівним для багатьох тварин. Унаслідок такої спеціалізації гусінь поліксени уникає конкуренції з боку інших тварин, але це обмежує поширення виду.

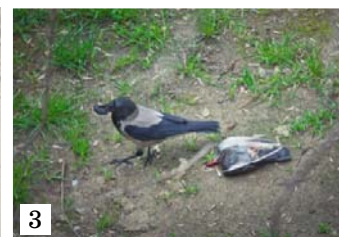
Існують організми, які можуть споживати різні типи їжі. У тварин такі види називають **поліфагами** (від грец. *поліс* – багато та *фагейн* – їсти) (мал. 5.2). Поліфагія – це адаптація до змін в екосистемах (*поміркуйте*, яким чином). Незважаючи на широкий спектр травних ферментів у поліфагів не всі вони активні одночасно. В один період активні ферменти, які забезпечують перетравлення наявної їжі. У разі зміни складу кормового раціону поліфага стають активними інші ферменти.

З різноманітних адаптацій, які спостерігають на молекулярному рівні, важливе значення має **явище метаболічної регуляції** – зменшення чи збільшення активності ферментів у зв'язку з процесами руху, росту, переходу до стану спокою, наступної стадії розвитку, зміною концентрації кисню в навколишньому середовищі. На структуру та функції ферментів організмів можуть впливати й абіотичні чинники: температура, вологість тощо.

Отже, якщо змінюються умови середовища або організм переходить на нову стадію розвитку, виникають нові метаболічні завдання, для розв'язання яких потрібні кількісні або якісні перетворення ферментних систем.

Цікаво знати

У кишечнику людини можуть мешкати два види амеб: кишкова та дизентерійна. Кишкова амеба не завдає шкоди здоров'ю хазяїна. Дизентерійна амеба зазвичай живиться симбіотичними бактеріями та рештками їжі, теж не завдаючи шкоди хазяїнові. Але за певних умов (*пригадайте* яких) вона здатна виділяти ферменти, що



Мал. 5.2. Тварини-поліфаги: 1 – руда лісова мурашка може споживати сотні видів живих безхребетних тварин та їхні рештки, виділення комах-попелиць, а також рослинну їжу; 2 – річковий рак довгопалий живиться тваринами, їхніми рештками та рослинною їжею; 3 – сіра ворона споживає комах, рибу, жаб, ящірок, гризунів, пташенят та яйця птахів, рослинну їжу, харчові відходи тощо

руйнують стінки кишечника людини, та спричиняє захворювання дизентерію. Кишкова амеба таких ферментів не синтезує.

Ще один приклад адаптацій на молекулярному рівні – явище **молекулярної мімікрії**, притаманне деяким паразитам. У процесі тривалої спільної еволюції паразита та його хазяїна їхня молекулярна будова зближувалася, внаслідок чого захисні реакції хазяїна послаблювалися.

Мутації регуляторних генів можуть спричинити як зміну концентрацій ферментів та інших макромолекул, так і появу нових їхніх видів. Так, точкові мутації (нуклеотидні заміни в генах) зумовлюють появу нових типів молекул, які забезпечують пристосування до нових місцевостей. Наприклад, поява глікопротеїдних і поліпептидних «антифризів» у морських кісткових риб надала їм змогу зберігати активність за від'ємних температур (серед льодовиків чи на великих глибинах; мал. 5.3).

До адаптацій на молекулярному рівні здатні також віруси. Унаслідок мутацій може змінюватись молекулярний склад вірусних частинок – віріонів. Це дає змогу інфікувати нові типи клітин або інші види організмів.



Мал. 5.3. Антарктична риба трематом-пістряк – приклад холододолюбної тварини з температурою тіла $-1,98^{\circ}\text{C}$

Запам'ятаємо

Адаптації на молекулярному рівні організації біологічних систем забезпечують формування адаптацій на вищих рівнях і спрямовані насамперед на підтримання їхнього гомеостазу.

Отже, **основні напрями адаптацій на молекулярному рівні** такі:

- підтримання структурної цілісності макромолекул (білків, різних типів нуклеїнових кислот);
- підтримання стабільної діяльності систем, які забезпечують спрямованість і швидкість метаболічних процесів відповідно до змін у зовнішньому і внутрішньому середовищі та потреб організму;
- достатнє забезпечення окремих клітин й цілісного організму енергетичним і будівельним матеріалом.

Ключові терміни та поняття

поліфаги, явище метаболічної регуляції.

Перевірте здобуті знання

1. Чим характеризуються адаптації на молекулярному рівні організації живої матерії? 2. Як процеси адаптацій біологічних систем, що відбуваються на молекулярному рівні, впливають на формування адаптацій на вищих рівнях організації (клітинному, організмовому тощо)? 3. Наведіть приклади біохімічних адаптацій та схарактеризуйте їх. 4. Поясніть суть явища «молекулярна мімікрія». Яке його значення для еволюції паразитичних організмів? 5. Які основні напрями адаптацій біологічних систем, що формуються на молекулярному рівні?

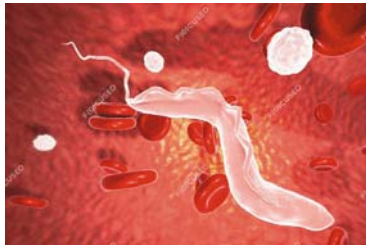
Поміркуйте

Як набір травних ферментів може вплинути на подальшу еволюцію організмів?

§6. ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ НА КЛІТИННОМУ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ

Пригадайте особливості будови клітин прокариотів та еукаріотів. Що таке цитоплазма? Які її компоненти? Яка будова та функції мітохондрій і лізосом? Які етапи енергетичного обміну? Чим вони характеризуються? Що таке гліколіз?

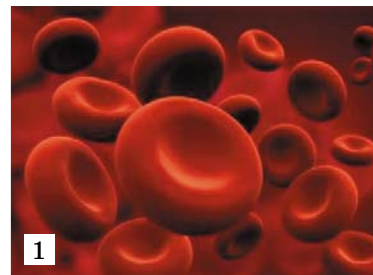
Адаптації, пов'язані з морфологічними змінами клітин. Функціонування будь-якої клітини залежить від взаємодії різних її структурних компонентів. Наведемо деякі приклади. Ви знаєте, що є одноклітинні еукаріоти, які можуть існувати як в аеробних умовах, так і в анаеробних.



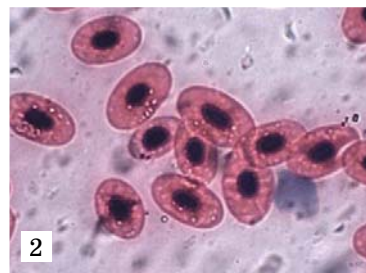
Мал. 6.1. Трипаносома – збудник сонної хвороби людини – серед еритроцитів

Для аеробних організмів енергетичний обмін відбувається в три етапи: підготовчий, безкисневий (анаеробний) та кисневий (аеробний). У забезпеченні аеробного етапу енергетичного обміну провідна роль належить мітохондріям, у яких синтезується більша частина молекул АТФ. Але коли одноклітинні еукаріоти мешкають в анаеробних умовах, мітохондрії втрачають своє функціональне значення. Тому в клітинах анаеробних еукаріотів, таких як деякі вільноживучі амеби, інфузорії чи паразитичні види (наприклад, паразит людини – трихомонада), мітохондрій немає. Замість них є інші органели – **гідрогеносоми**, які беруть участь в енергетичному обміні анаеробних одноклітинних еукаріотів. Вони оточені двома мембранами, внутрішня з яких утворює виступи, які дещо нагадують кристи мітохондрій. Унаслідок анаеробних біохімічних процесів, які відбуваються в гідрогеносомах, звільняється енергія, яка при цьому використовується для синтезу молекул АТФ.

На малюнку 6.1 зображено паразита людини трипаносому. Зверніть увагу: її джгутик спрямований до заднього кінця клітини та сполучається з її тілом за допомогою тонкої мембрани. Ця мембрана є адаптацією до пересування у в'язкому середовищі, наприклад плазмі крові. Цікаво, що в організмі переносника – мухи цеце – клітини трипаносоми не мають такої мембрани. Так паразит адаптується до перебування в різних середовищах, змінюючи будову клітини.



1



2

Унаслідок адаптацій до здійснення певних функцій може змінюватись і будова деяких типів клітин еукаріотів. Ви вже знаєте, що еритроцити більшості видів ссавців не мають ядра (мал. 6.2, 1). Разом з ядром дозрілі еритроцити втрачають і більшість органел, зокрема мітохондрії. Відсутність органел дає змогу еритроцитам ссавців мати більший об'єм гемоглобіну та транспортувати більший об'єм кисню. Але відсутність мітохондрій унеможливило здійснення в цих клітинах кисневого (аеробного) етапу енергетичного обміну. Тому дозрілий еритроцит ссавців задо-

вольняє свої обмежені енергетичні потреби лише за рахунок анаеробного гліколізу.

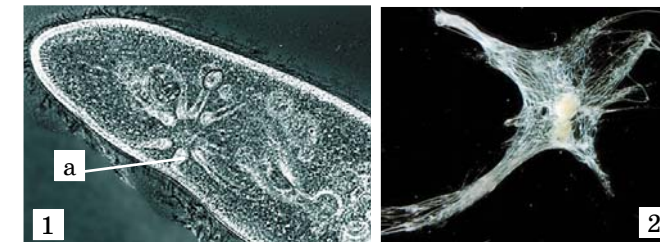
Мал. 6.2. Еритроцити хребетних тварин: 1 – ссавців (вони без'ядерні); 2 – жаби (зверніть увагу на наявність ядра)

Цікавим прикладом зміни будови клітини одноклітинних еукаріотів залежно від умов мешкання є неглерія (мал. 6.3, 1) (пригадайте, до якого царства належить цей амебоподібний організм). Неглерії трапляються у прісних водоймах з підвищеною температурою води (+25...+30 °С), навіть у гарячих джерелах з температурою води до +45 °С. Зазвичай неглерія мешкає біля дна та пересувається за допомогою псевдоподій. За їхньою допомогою вона й живиться клітинами бактерій. Але якщо умови життя погіршуються – змінюється йонний склад води¹, активуються певні гени, й клітина перебудовується. У неглерії з'являються два джгутики, і вона набуває здатності швидко плавати. Завдяки цьому неглерія може залишати несприятливу ділянку водойми і мігрувати до ділянок зі сприятливими умовами. Там вона втрачає джгутики й набуває здатності до розмноження (джгутикова форма не розмножується).

Адаптацією до мешкання в прісних водоймах є поява в процесі еволюції в одноклітинних еукаріотів **скоротливої вакуолі** (мал. 6.4). Ви вже знаєте, що завдяки роботі скоротливої вакуолі в клітині підтримується відносно постійний тиск – здійснюється осморегуляція. Що менша концентрація солей у воді, яка оточує клітину, то швидше скорочується ця органела (*поміркуйте чому*).

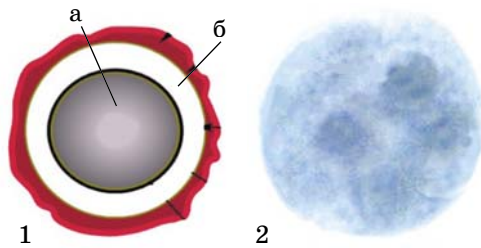
Важливою адаптацією багатьох одноклітинних прокариотів є здатність формувати стадії спокою – цисти та спори. Спори вкриті щільнішою оболонкою (мал. 6.5, 1), ніж цисти, тому вони стійкіші до дії несприятливих умов середовища мешкання. Цисти прокариотів стійкі до висушування, дії опромінювання, але не витримують дії високих температур. Спори та цисти можуть формувати й різні представники еукаріотів: водорості, гриби, одноклітинні тварини (мал. 6.5, 2).

Адаптації у вигляді функціональних змін клітин тісно пов'язані зі змінами на молекулярному рівні. Наприклад, прокариоти, які опинилися в умовах промислового забруднення, можуть змінювати активність своїх ферментних систем. Це дає змогу засвоювати нові сполуки, задовольняючи свої метаболічні потреби. Зміни в активності ферментів дають можливість



Мал. 6.4. 1. Скоротлива вакуоля (а) як адаптація до мешкання у прісних водоймах в інфузорії-туфельки. 2. У клітині прісноводної форамініфери пеломікси міститься тисячі скоротливих вакуоль

¹ Наприклад, у лабораторних умовах можна спостерігати за формуванням джгутикової форми неглерії при перенесенні амебоїдної форми у дистильовану воду.



Мал. 6.5. Спори та цисти – стадії спокою: 1 – спора бактерій: а – клітина у стані спокою; б – багаточарова оболонка спори; 2 – дозріла циста із чотирма ядрами дизентерійної амєби

мешкати в ширшому діапазоні умов й еукаріотам. У клітинах багатоклітинних тварин за несприятливих умов можуть посилюватись інтенсив-

ність процесів метаболізму, змінюватись будова плазматичних мембран, які забезпечують процеси транспорту різних йонів і сполук як усередину клітини, так і з клітини назовні. У клітинах, де переважають процеси біосинтезу, зокрема білків, краще розвинена ендоплазматична сітка. Те саме стосується і кількості рибосом у клітині.

Запам'ятаємо

Адаптації на клітинному рівні насамперед пов'язані зі змінами активності процесів пластичного та енергетичного обміну. Оскільки більшість процесів метаболізму в клітині відбуваються з витратами енергії, основним напрямом адаптацій є підтримання синтезу молекул АТФ на рівні, потрібному для функціонування як окремих клітин, так і всього організму.

У багатоклітинних організмів адаптації на клітинному рівні слугують основою для формування адаптацій на більш високому рівні організації – тканин, органів, систем органів і цілісного організму.

Ключові терміни та поняття

гідрогеносома, скоротлива вакуоля.

Перевірте здобуті знання



1. Які основні напрями формування адаптацій на клітинному рівні організації? 2. Наведіть приклади адаптацій, пов'язаних зі змінами будови клітин. 3. Як може змінюватись будова клітин одноклітинних еукаріотів під час переходу від аеробного до анаеробного способу життя? 4. Які адаптації одноклітинних організмів дають змогу пережити періоди несприятливих умов? 5. Чому скоротливі вакуолі притаманні насамперед одноклітинним мешканцям прісних водойм? 6. Які адаптації пов'язані з функціональними змінами клітин?

Поміркуйте



Що спільного та відмінного у формуванні адаптацій одноклітинних і багатоклітинних організмів?

§7. ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ НА ОРГАНІЗМОВОМУ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ

Пригадайте, у чому полягає вища нервова діяльність. Яким організмам вона притаманна? Що таке функціональна система органів? Що таке інстинкти, умовні та безумовні рефлекси? Що таке норма реакції, онтогенез і філогенез?

Адаптації на організмовому рівні спрямовані на відповідність будови та життєвих функцій організмів середовищу їхнього мешкання.

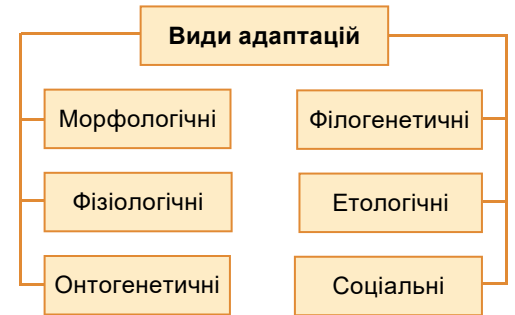
Фази адаптаційного процесу на організмовому рівні. У процесі формування адаптацій на організмовому рівні (на прикладі багатоклітинних тварин) виділяють три фази. **Початкова фаза** адаптаційного процесу – це звикання організму до короткочасної дії певних чинників. Наприклад, у ссавців, коли вони потрапляють в умови зі зниженим вмістом кисню в атмосфері (як-от в умовах високогір'я), рефлекторно інтенсифікуються

дихальні рухи та посилюється кровообіг. Наступна фаза – **перехід до стійкої адаптації** – здійснюється за умов тривалого впливу певного чинника або комплексного впливу різних чинників. Вона є функціональною адаптацією, бо під впливом певних подразників в організмі відбуваються фізіологічні зміни. Адаптаційні процеси можуть зачіпати будь-які рівні організації організму: клітини, тканини, органи, системи органів.

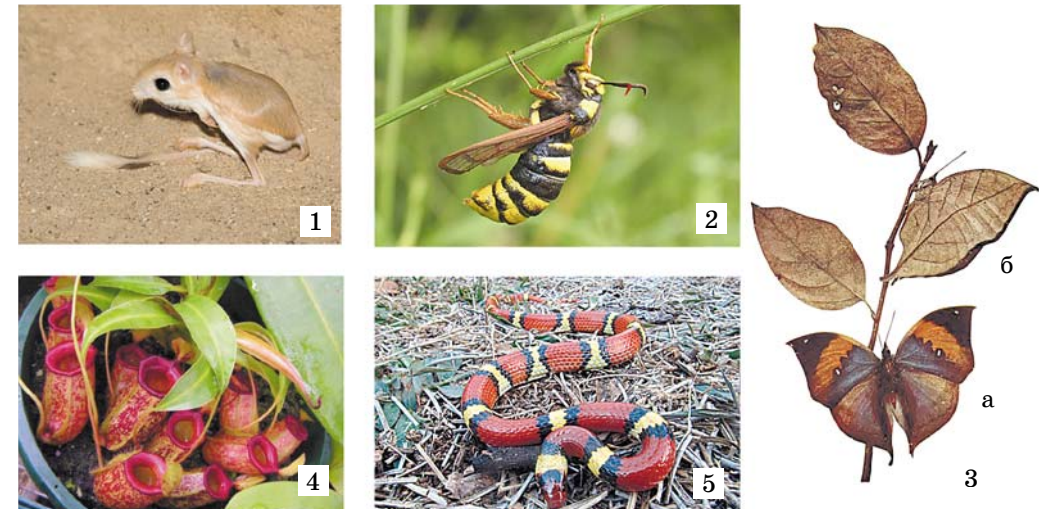
Реалізація третьої фази – **стійкої довготривалої адаптації** – можлива лише за багаторазового або тривалого впливу на організм певних чинників. При цьому мобілізуються функціональні системи, сформовані раніше, й настають морфологічні зміни органів і систем органів. Ознаками досягнення певної адаптації організму є якісно новий його стан, для якого характерно підвищена стійкість до впливу несприятливих факторів та раціональне витрачання енергії.

Класифікація адаптацій на організмовому рівні. Адаптації, які формуються на організмовому рівні організації, забезпечують отримання потрібних ресурсів, дають змогу пристосовуватись до змін навколишнього середовища, ефективно захищатись від природних ворогів, розмножуватись, заселяти нові території (мал. 7.1).

● **Морфологічні адаптації** пов'язані зі змінами будови або забарвлення організмів (мал. 7.2). Це, наприклад, такі захисні адаптації тварин, як



Мал. 7.1. Класифікація видів адаптацій на організмовому рівні



Мал. 7.2. Приклади морфологічних адаптацій: 1 – тушканчик малий єгипетський малопомітний для хижаків на тлі пустельних пісків (криптізм); 2 – неотруйний метелик скляниця велика тополева зовні нагадує осу (мімікрія); 3 – тропічний метелик каліма з розправленими (а) та складеними (б) крилами нагадує листок (мімезія); 4 – ловильні листки комахоїдної рослини непентес нагадують квітки інших рослин (мімезія), ними вона приваблює своїх жертв – комах; 5 – яскраво забарвлений кораловий аспід демонструє, що його укусу може виявитись небезпечним (демонстрація)

криптизм, мімікрія та мімезія. **Криптизм** (від грец. *криптос* – прихований) – здатність організмів набувати певного забарвлення, яке робить їх непомітними або малопомітними на тлі предметів навколишнього середовища (мал. 7.2, 1). **Мімікрія** – здатність наслідувати забарвлення чи форму добре захищених тварин (мал. 7.2, 2). **Мімезія** – спроможність тварин у разі небезпеки нагадувати за формою або забарвленням неістинні предмети (сухі гілки, камінці тощо) (мал. 7.2, 3). У рослин мімезія полягає у виробленні окремих пристосувань, які нагадують ознаки моделі (мал. 7.2, 4). Так, у деяких рослин квітки не мають нектарників, однак приваблюють запилювачів, нагадуючи квітки гарних нектароносців.

Явище, коли забарвлення і поведінка тварин роблять їх помітними на тлі довкілля, має назву **демонстрація** (мал. 7.2, 5). Наприклад, яскраво забарвлені отруйні (колорадський жук, сонечка – їхня гемолімфа містить отруйні сполуки) або жалоносні (оси, бджоли) комахи сигналізують потенціальному ворогу про небезпечність контактів з ними.

● **Фізіологічні адаптації** насамперед спрямовані на підтримання гомеостазу організму й пов'язані зі змінами функціонування окремих органів, систем органів або з формуванням функціональних систем. Вони забезпечують швидку реакцію організму на зміни у зовнішньому або внутрішньому середовищі й так само швидко зникають, коли дія певного чинника припиняється. Отже, фізіологічні адаптації насамперед пов'язані зі змінами процесів метаболізму: травлення, газообміну, кровообігу, виділення тощо. Це забезпечує підтримання стабільного обміну речовин і тривале існування в змінених умовах довкілля, а також одержання потомства.

● **Онтогенетичні адаптації** спрямовані на підтримання рівноваги між організмами та середовищем їхнього мешкання. Вони дають змогу реалізувати норму адаптивної реакції в умовах, у яких ця норма реакції склалася в процесі еволюції. Коли вплив факторів середовища на біологічну систему перевищує норму адаптивної реакції, вона втрачає здатність до адаптації.

Запам'ятаємо

Норма адаптивної реакції – це межі, у яких біологічна система може змінюватися під впливом факторів середовища без порушень її цілісності та здатності саморегулювання.

● Адаптацію, набуту в процесі онтогенезу організму при його взаємодії з навколишнім середовищем, називають **фенотиповою адаптацією**.

● Адаптації, потрібні для здійснення онтогенезу (індивідуального розвитку), можуть закріплюватися у процесі історичного розвитку виду (філогенезу). Такі **філогенетичні адаптації** формуються протягом життя багатьох поколінь. Це насамперед ароморфози (наприклад, виникнення вторинних яйцевих оболонок у рептилій, птахів або ссавців, плаценти у ссавців, фаза лялечки у комах, що розвиваються з повним перетворенням) та ідіоадаптації (як-от, розвиток яйцевого зуба для розривання шкаралупи в дитинчат крокодилів, черепах, пташенят; мал. 7.3).

● **Етологічні адаптації** пов'язані зі зміною поведінки особин. Ви пам'ятаєте, що поведін-



Мал. 7.3. Яйцевий зуб, який формується у зародків птахів, але зникає у дорослих особин, – приклад філогенетичної адаптації

ка тварин або людини пов'язана з реалізацією інстинктів (які становлять собою ланцюг взаємопов'язаних безумовних рефлексів, спрямованих на здійснення певної життєвої функції: полювання на здобич, захист від ворогів тощо; мал. 7.4) та умовних рефлексів.



Мал. 7.4. Приклад етологічної адаптації: представники вищих раків – лангусты – здійснюють далекі міграції, шикуючись у довгі шеренги таким чином, що кожен наступний лангуст торкається вусиками попереднього; особини, які тримаються останніми, в разі небезпеки прямують до хижаків і викликають атаку на себе; це дає можливість вижити більшій частині групи та продовжити міграцію

● У людини спостерігають **соціальні адаптації** – процеси активного пристосування індивіда до умов соціального середовища – сукупності економічних, соціальних, політичних, духовних умов існування, формування та діяльності як окремих індивідуумів, так і соціальних груп.

Запам'ятаємо

Пристосованість будь-якого організму до умов середовища мешкання досягається за рахунок цілого комплексу адаптацій. При цьому що складніше організовані організми, то численніші та різноманітніші їхні адаптації.

Ключові терміни та поняття

криптизм, мімікрія, мімезія, норма адаптивної реакції.

Перевірте здобуті знання

1. Чим характеризуються адаптації, які формуються на організмовому рівні? 2. На які групи поділяють адаптації, притаманні різним організмам? 3. Чим характеризуються морфологічні адаптації? Наведіть приклади таких адаптацій. 4. Що собою становлять фізіологічні адаптації? 5. Що таке норма адаптивної реакції?

Поміркуйте

Який існує зв'язок між онтогенетичними та філогенетичними адаптаціями?

§ 8. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ У ЛЮДИНИ

Пригадайте чинники, які забезпечують еволюцію різних груп організмів. Що характерно для процесів асиміляції та дисиміляції? Що таке гіпоталамо-гіпофізарна система, функціональні системи? Що таке адаптивний потенціал та адаптивна норма? Які функції автономної (вегетативної) нервової системи?

Особливості адаптаційних процесів людини. Людина є істотою біосоціальною. Рушійними силами її еволюції були не тільки біологічні чинники (спадкова мінливість, природний добір, ізоляція, популяційні хвилі, дрейф генів), а й соціальні (існування в соціумі – організованому колективі людей, трудова діяльність, членороздільна мова). Саме це й зумовило особливості формування адаптацій людини. Вона має пристосовуватись як до дії природних чинників (певний температурний і світловий режим, вплив вологості, різних видів тварин і рослин, що оточують людину тощо), так і до соціальних.



Мал. 8.1. Приклади екстремальних умов, до яких адаптується організм людини: під час сходження в гори (1); опанування космосу (2) та морських глибин (3)

Адаптації людини формуються за участі регуляторних систем – нервової та ендокринної. Завдяки їхньої взаємодії регуляторні механізми стають ефективнішими, у нервовій системі підвищується сила і рухливість процесів збудження та гальмування, що дає можливість швидше реагувати на зміни, які відбуваються в зовнішньому та внутрішньому середовищі. Отже, адаптації забезпечують динамічну рівновагу між організмом на навколишнім середовищем. Але, досліджуючи особливості формування адаптацій до різних екстремальних умов (космічні польоти, перебування в умовах високогір'я, районах ведення бойових дій, занурення на значні глибини тощо) (мал. 8.1), слід також оцінювати ризики напевних негативних наслідків.

Ефективність адаптацій до тривалого перебування в несприятливих умовах залежить від індивідуальних особливостей організму, які визначаються спадково. Зрозуміло, що корінне населення районів з несприятливими умовами існування, адаптоване до них краще, ніж некорінне (мал. 8.2). У корінних мешканців – аборигенів – унаслідок тривалої адаптаційної еволюції формуються різноманітні необоротні пристосування – біохімічні, морфологічні, фізіологічні, етологічні. Наприклад, перебувати на максимальних висотах над рівнем моря альпіністи можуть лише застосовуючи спеціальні дихальні прилади. Так, до висоти 2000 м над рівнем моря фізіологічні функції організму людини змінюються незначно, тоді як на висоті понад 4000 м зміни їх стають помітними. Але в Тибеті є орні ділянки, розташовані на висоті 4500 м над рівнем моря, в Андах (Південна Америка) деякі поселення корінного населення трапляються на висоті понад 5000 м (вважають, що це гранична висота, на якій може жити людина) (мал. 8.2).

Унаслідок порушення адаптаційних процесів виникає стан *дезадаптації* (від лат. *dez* – відсутність та *адаптаціо* – пристосування). Він може



Мал. 8.2. Корінне населення, пристосоване до мешкання в екстремальних умовах: 1 – високогір'я Анд; 2 – мешканці пустель; 3 – пірнальники за перлами можуть затримувати дихання на 20 хв і занурюватися на глибину до 30 м

спричинити розвиток різних патологічних станів і хвороб (наприклад, гірської хвороби в умовах високогір'я).

Людині властивий високий адаптивний потенціал, оскільки більшість її важливих життєвих функцій має своєрідний *функціональний резерв*. Це здатність окремих органів, їхніх систем або цілісного організму функціонувати в певних умовах з мінімальним напруженням регуляторних механізмів і витратами енергетичних ресурсів, які наближуються до умов фізіологічного спокою. Тому в разі потреби (наприклад, за несприятливих умов) органи кровоносної, дихальної, видільної систем тощо можуть значно підвищувати свою функціональну активність. Це посилює адаптивні можливості організму.

Забруднення та спотворення довкілля негативно впливають на діяльність різних систем органів, насамперед нервової та імунної, від яких залежить підтримання гомеостазу. Порушення гомеостазу спричиняє різноманітні захворювання людини. Тому, щоб запобігти цим захворюванням, людина мусить адаптуватися до дії антропогенних чинників. У мешканців забруднених територій розширюється діапазон так званої *адаптивної норми*.

Запам'ятаємо

Адаптивна норма – це пристосованість особин з певним фенотипом до мешкання в певних умовах.

Пристосовуючись до несприятливих умов мешкання, людина значно напружує свої адаптаційні механізми, що виснажує функціональні резерви й знижує адаптаційні можливості організму.

Особливості адаптацій людини до соціальних чинників. Адаптації до соціальних чинників формуються за рахунок уміння аналізувати поточні соціальні ситуації, усвідомлювати власні можливості в ній, керувати своєю поведінкою відповідно до головних цілей діяльності. Різні аспекти соціальної адаптації пов'язані з адаптаціями до мешкання в міському або сільському середовищі, до різних видів професійної діяльності тощо.

Важливим аспектом адаптування людини до соціальних чинників є *психічна адаптація*. Для неї характерно те, що регуляторні механізми починають діяти узгоджено, економно, тобто з мінімальними витратами енергії, без значного нервово-психічного напруження (стан психологічного комфорту). Це дає змогу досягати поставленої мети й задовольняти свої актуальні потреби без шкоди для психічного та фізичного здоров'я.

Ефективності соціальної адаптації сприяє розроблення методів підвищення розумової та фізичної працездатності, професійних знань і навичок, раціональної організації навчального й трудового процесів.

Особливості адаптацій до навчального процесу. Період навчання у школі має закласти адаптаційні основи для подальшого навчання у різних закладах і професійної діяльності.

Запам'ятаємо

Адаптаціями до навчального процесу є: уникнення перевтоми, підвищення стійкості організму до дії несприятливих чинників довкілля, позитивні емоції, чіткий ритм добової активності, регулярні заняття фізичною культурою та спортом. Критеріями адаптації учнів до навчання є здатність адекватно поводитися в колективі, з розумінням ставитися до вимог учителів, уміння успішно засвоювати навчальний матеріал.



Мал. 8.3. Види трудової діяльності людини: 1 – фізична праця; 2 – розумова праця

поліпшення **працездатності** – потенційної можливості виконувати максимальну кількість роботи за певний відрізок часу без шкоди для власного здоров'я.

Рівень працездатності залежить від низки чинників, таких як індивідуальні можливості людини, стан здоров'я, навички, набуті під час навчання або трудової діяльності тощо. Підвищувати працездатність можна за умов ведення здорового способу життя, постійних занять спортом або фізичною культурою, дотримання раціонального режиму дня та праці.

Розумова праця має свої особливості порівняно з фізичною. Важливу роль у ній відіграють відповідні здібності: пам'ять, увага, емоції тощо. У процесі розумової праці людина повинна сприймати й запам'ятовувати великі обсяги інформації, обробляти її й приймати потрібні рішення. Завдяки відповідним тренуванням людина може поліпшувати пам'ять, концентрувати увагу на потрібній інформації.

Під час розумової праці адаптивний характер мають зміни діяльності нервової системи, такі як процеси збудження та гальмування. Вони, у свою чергу, впливають на функціонування інших систем органів і функціональних систем. Після завершення розумової праці збудження нервових центрів, пов'язаних зі здійсненням професійної діяльності, повністю не згасає, триває стомлення нервової системи. Тому розумова робота, яка супроводжується нервово-емоційним напруженням, потребує періодичного розслаблення – релаксації: перебування на природі, відвідування концертів, спектаклів тощо. Одним з методів підвищення розумової працездатності є аутогенне тренування, що супроводжується відповідною музикою та кольоровою гамою.

Аутогенне тренування – психотерапевтична методика, спрямована на відновлення рівноваги в діяльності нервової системи, порушеної внаслідок стресу, та інших систем органів, які забезпечують гомеостаз організму.

Преадаптацією до навчального процесу може стати відвідання різноманітних дошкільних закладів освіти, розвивальних центрів тощо.

Постадаптацією до навчального процесу є навички самоосвіти, критичного мислення, уміння працювати в команді. Важливим аспектом періоду навчання в загальноосвітніх навчальних закладах є **професійна орієнтація** учнів. Це є запорукою майбутньої успішної професійної діяльності та високої працездатності, досягнення успіхів у дорослому житті.

Адаптації людини до професійної діяльності зачіпають різні компоненти: фізіологічні, особистісно-психологічні, поведінкові та соціальні.

Ви вже знаєте, що є два основні типи праці: фізична та розумова (мал. 8.3), хоча в сучасних умовах такий поділ досить умовний. Головний сенс адаптацій до певного виду трудової діяльності – збереження та

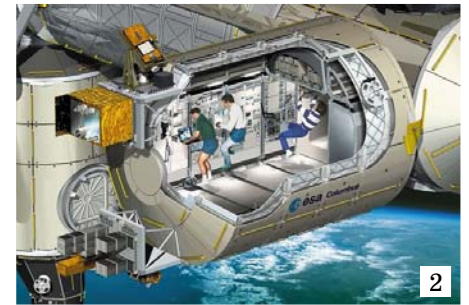
Розумова праця часто супроводжується гіподинамією – низькою руховою активністю. Тому протягом робочого дня потрібно влаштовувати періодичні короточасні перерви для фізичних вправ. У разі фізичної праці мають бути організовані перерви для пасивного відпочинку. Маємо пам'ятати, що важливою адаптацією до здійснення будь-якої напруженої трудової діяльності є повноцінний сон, який має тривати не менше як 8 год щодоби. Під час сну відновлюються функціональні резерви організму.

Важливим аспектом адаптації до трудової діяльності є навички співпраці з іншими членами трудового колективу. Дуже гострою проблема адаптації одних членів трудового колективу до інших постає у випадках, коли люди на тривалий час опиняються в обмеженому просторі й вимушені постійно контактувати один з одним (тривале плавання на кораблі чи польоти в космос, експедиції у високогір'я, в Антарктиду тощо; мал. 8.4). Важлива роль в адаптації до таких ситуацій – створення сприятливого психологічного клімату.

Запам'ятаємо

Адаптації до трудової діяльності насамперед мають бути спрямовані на усунення хронічного нервово-емоційного напруження та підтримання високого рівня працездатності. Тому трудова діяльність і навчальний процес мають організуватися з урахуванням вікових і фізіологічних можливостей людини.

Адаптогени. Підвищувати здатність організму людини до формування адаптацій можна за допомогою **адаптогенів** (від лат. *адаптаціо* – пристосування та грец. *генос* – рід) (мал. 8.5). Це фармакологічні препарати, про-



Мал. 8.4. 1 – Українська антарктична станція ім. В.І. Вернадського; 2 – космонавти на космічній станції



Мал. 8.5. Рослини, які виявляють адаптогенні властивості: 1 – елеутерокок; 2 – лимонник китайський; 3 – ехінацея пурпурова; 4 – родиола рожева

никаючи всередину клітин, активізують процеси метаболізму. Завдяки цьому підвищується працездатність (як фізична, так і розумова), імунітет, стійкість до стресу, апетит, знижується стомлюваність.

Адаптогени можуть бути рослинного (створені на основі лимоннику китайського, женьшеню, родіоли рожевої, ехінацеї пурпурової, елеутерококу тощо) і тваринного (як-от, апілак – продукт життєдіяльності медоносних бджіл). Застосовувати адаптогени слід обережно, лише за рекомендаціями лікарів, аби уникнути передозування та побічних ефектів.

Запам'ятаємо

У жодному разі як адаптогени не можна застосовувати препарати, які відносять до допінгу (речовини, що тимчасово штучно посилюють фізичну або психічну активність організму) або наркотичних засобів. Такі препарати можуть завдати непоправної шкоди організмові людини: спричинити інвалідність або навіть смерть. Вживання наркотичних препаратів заборонено законом, а допінгу – міжнародними спортивними організаціями (спортсменів, що вживають допінг, очікує тривала, а іноді – довічна, дискваліфікація).

Ключові терміни та поняття

дезадаптація, функціональні резерви організму, адаптивна норма, психічна адаптація, аутогенне тренування, адаптогени.

Перевірте здобуті знання 1. Яке значення для сучасної людини мають адаптації не тільки до дії біологічних, а й до соціальних чинників? 2. Що таке дезадаптація? 3. Яка роль функціональних резервів організму у формуванні адаптацій? 4. Що таке адаптивна норма? 5. Які особливості адаптацій до навчання у школі? Що може стати преадаптацією до співпраці у шкільному колективі? 6. Назвіть адаптації людини до здійснення фізичної та розумової праці. 7. Чому адаптогени слід вживати обережно й тільки за рекомендаціями фахівців?

Поміркуйте Чому в створенні адаптивної норми провідна роль належить гетерозиготам?

Творче завдання З допомогою вчителя або вчительки спробуйте визначити свою схильність до того чи іншого виду професійної діяльності.

§9. ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ НА ПОПУЛЯЦІЙНО-ВИДОВОМУ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ

Пригадайте основні систематичні одиниці, які застосовують у класифікації рослин і тварин. Що таке мікроеволюція, видоутворення, макроеволюція, адаптивний потенціал, адаптивна норма? Які форми природного добору ви знаєте? Які алелі називають летальними та сублетальними, домінантними та рецесивними? Про що стверджує закон оптимуму?

Формування адаптацій на популяційному рівні. Вид як особлива біологічна система складається з комплексу біологічних систем нижчого рівня – популяцій, щонайменше хоча б з однієї (це, наприклад, спостерігають у видів-ендемів, тобто видів, які мають обмежений ареал; мал. 9.1, 1). Тому популяції розглядають як структурно-функціональні одиниці виду. З погляду еволюційного вчення популяції є одиницями еволюції, бо в них відбуваються елементарні мікроеволюційні процеси (спадкова мінливість, ізоляція, популяційні хвилі, дрейф генів, природний добір), здатні впливати на генофонд популяцій.



Мал. 9.1. 1. Сліпак піщаний – ендемік Південно-Західної частини України, вид спеціалізований до підземного способу життя. 2. Вивірка звичайна має широкий ареал

Те, що вид складається із системи популяцій, пов'язано з тим, що оптимальні умови існування нерівномірно поширені на території, яку він займає. Наприклад, вивірка звичайна (мал. 9.1, 2) поширена на території всієї Європи, але мешкає лише в деревних угрупованнях (лісах, лісопарках, міських парках тощо), які розділені іншими рослинними угрупованнями, горами, річками тощо. Багато видів рослин, пристосованих до зростання на болотах, як-от сфагнові мохи, відсутні в інших рослинних угрупованнях, які їх розділяють. Отже, що різноманітніші умови існування, до яких адаптований вид, то більше й число популяцій, з яких він складається.

Усі особини певного виду мають подібний геном. Але генофонд різних популяцій може відрізнятися за набором алельних генів. Навіть якщо популяціям притаманний подібний набір алелів, окремі алельні гени можуть траплятися з різною частотою, різною може бути й частка гомозигот і гетерозигот. Різні алелі певного гена можуть визначати різну адаптованість до умов середовища, тому і загальна пристосованість різних популяцій певного виду може бути різною.

Адаптивний потенціал популяції тим вищий, чим різноманітніший її генофонд. Тобто що більша кількість алелів різних генів і що частіше в генофонді траплятимуться алелі, які забезпечують кращу пристосованість особин, то більше шансів у такої популяції вижити за змін умов існування, заселити нові середовища й повніше використовувати їхні ресурси.

У процесі еволюції у краще адаптованих особин більше шансів вижити й залишити плодючих нащадків, яким вони передають алельні гени, що забезпечують таку адаптованість. Шкідливі рецесивні алелі тривалий час можуть залишатися у популяції в гетерозигот і не проявлятися у фенотипі.

Запам'ятаємо

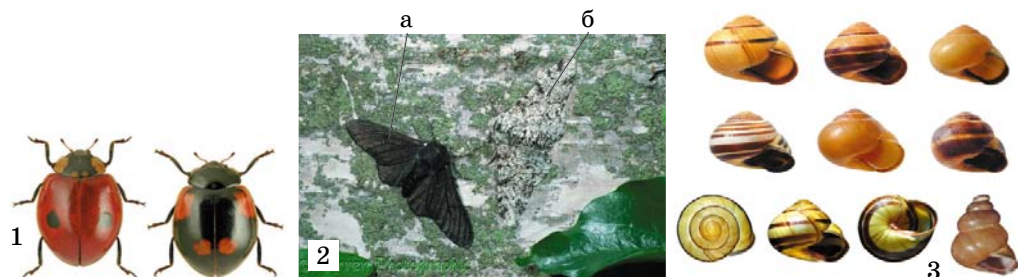
Сукупність шкідливих (летальних і сублетальних) алельних генів у генофонді популяції, які знижують її загальну пристосованість, називають **генетичним тягарем**. Переходячи в гомозиготний стан, такі алелі знижують адаптованість особин. Натомість зростання в популяції частки краще пристосованих генотипів і, відповідно, фенотипів, сприяє поліпшенню адаптованості популяції як цілісної біологічної системи.

Залежно від того, чи формуються адаптації протягом індивідуального розвитку окремої особини (її онтогенезу) або історичного розвитку виду (його філогенезу), їх поділяють на дві групи: індивідуальні та популяційно-видові. **Індивідуальні адаптації** формуються протягом онтогенезу. Наприклад, у подібних умовах у різних особин тварин можуть виникати різні умовні рефлексії. Так, у стресових ситуаціях у різних особин тварин або людини можна спостерігати різні реакції: у відповідь на загрозу в одних особин спостерігають реакції захисту, посилення агресивної поведінки, в інших – реакцію втечі (*пригадайте*, які існують адаптивні стратегії організмів).

Друга група адаптацій – **популяційно-видові**, сформовані протягом існування окремих популяцій або історичного розвитку виду. Ці адаптації спадково закріплені на молекулярно-генетичному рівні. У тварин такі адаптації зачіпають як окремі системи органів, так і функціональні системи. Вони насамперед пов'язані з регуляторними системами організму: нервовою та ендокринною. Адаптації спочатку формуються в окремих особин і лише згодом поширюються в популяції. Виникнувши в окремих популяціях певного виду, в конкретних умовах його існування, такі адаптації, що віддають перевагу в цих умовах, згодом можуть поширюватись і в інших популяціях, закріплюючись у процесі еволюції на видовому рівні.

Таким чином, у процесі еволюції в організмів певного виду формується свій **адаптивний комплекс** – оптимальне поєднання морфологічних, фізіологічних, поведінкових та екологічних особливостей популяцій, що доповнюють одна одну і сприяють більш успішному розмноженню та поширенню особин. Крім того, такий адаптивний комплекс забезпечує стан рівноваги з умовами середовища мешкання.

Адаптації на популяційному рівні також спрямовані на підтримання гомеостазу. **Гомеостаз популяції** пов'язаний не тільки зі збереженням її зростанням її чисельності, а й з підтриманням густоти популяції на опти-



Мал. 9.2. 1. Приклад наслідків дії розриваючого добору: жук сонечко двокрапкове може існувати в двох морфах, одна з яких – із червоними надкрилами – стійкіша до дії низьких температур і тому численніша навесні, інша – із чорними надкрилами – активно розмножується влітку і тому численніша восени. 2. Явище індустріального меланізму в метелика березового п'ядуна: на територіях, де стовбури берез забруднені внаслідок інтенсивної діяльності промисловості, переважають метелики з темним забарвленням крил (а), яке робить їх менш помітними на темному тлі; натомість у незабруднених місцевостях, де стовбури дерев здебільшого білі, переважають метелики зі світлим забарвленням крил (б). 3. Поліморфізм забарвлення черепашки наземного молюска цепаї лісової. У цього виду існує декілька морф, що відрізняються за забарвленням та кількістю смуг на черепашках. У лісах, де ґрунт коричневого кольору, частіше трапляються особини з коричневим і рожевим забарвленням черепашки. На ділянках з грубою жовтою травою переважає жовте забарвлення черепашки

мальному для даного середовища рівні. На підтримання гомеостазу популяції впливають як абіотичні фактори, так і біотичні: внутрішньовидові та міжвидові взаємодії. Адаптації, які формуються на популяційному рівні, можуть забезпечувати успіх у конкуренції з особинами інших видів (міжвидова конкуренція).

Поліморфізм популяцій та його адаптивне значення. *Пригадаємо: поліморфізм* (від грец. *полі* – багато та *морфа* – форма) – наявність у популяції різних станів ознаки (а, відповідно, й певного гена). Таким чином, організми з подібним набором генів, але з різними наборами алелів залежно від зовнішніх умов можуть мати різні фенотипи. Групи фенотипово відмінних особин називають *морфами* (якщо морф існує тільки дві, явище називають *диморфізмом*). Різні морфи організмів (мал. 9.2, 1) виникають завдяки мутаціям і закріплюються у результаті дії розриваючого (дизруптивного) добору (*пригадайте* форми природного добору). Явище, за якого кожна з них отримує певні переваги в тих або інших умовах мешкання, називають **адаптивним поліморфізмом**. Адаптивність ди- або поліморфізму полягає у поліпшенні пристосованості до місцезіснувань, у яких умови періодично змінюються (мал. 9.2, 2, 3). Отже, явище адаптивного поліморфізму не тільки забезпечує виживання особин виду в різних умовах довкілля, а й створює передумови для засвоєння нових.

Ключові терміни та поняття

генетичний тягар популяції, індивідуальні та популяційно-видові адаптації, адаптивний комплекс, гомеостаз популяції, адаптивний поліморфізм.

Перевірте здобуті знання

1. Які генетичні основи формування адаптацій на популяційно-видовому рівні? 2. Чим характеризується генофонд популяції? 3. Що таке генетичний тягар популяції? Із чим він пов'язаний? 4. Чим характеризуються індивідуальні та популяційно-видові адаптації? 5. Що таке поліморфізм? 6. Чому поліморфізм вважають адаптацією на популяційному рівні?

Поміркуйте

У яких видів адаптивний потенціал вищий: ендеміків чи у видів, у межах широкого ареалу яких формуються підвиди? Чому?

§ 10. ЕКОЛОГІЧНА НІША. ЕКОЛОГІЧНО ПЛАСТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНО НЕПЛАСТИЧНІ ВИДИ

Пригадайте, що таке адаптивний потенціал. Які ознаки в систематиці називають діагностичними? Що таке сукцесія? Які закономірності цих процесів?

Екологічна ніша. Адаптивний потенціал кожного виду організмів обмежений фізіологічними особливостями, межами норми реакції, мутаційними можливостями тощо. Адаптуючись до умов фізичного середовища мешкання, популяції окремого виду також постійно взаємодіють з популяціями інших видів. Так формується їхня екологічна ніша.

Екологічна ніша – це просторове і трофічне положення популяції виду, яке вона займає в екосистемі, комплекс її зв'язків з популяціями інших видів і вимог до фізичного середовища мешкання.

Екологічні ніші різних популяцій одного виду можуть відрізнятись. Наприклад, серед нематод є види, особини яких здатні вести як вільний, так і паразитичний спосіб життя. Так, особини стронгілоїдеса можуть мешкати як у ґрунті, споживаючи органічні рештки, так і паразитувати в кишечнику людини. Це свідчить про широкий спектр адаптацій виду.

Мал. 10.1. Бабка дозорець-імператор, що належить до гетеротопних організмів: 1 – личинка – мешканець прісних водойм – із впольованою рибкою; 2 – імаго бабки з впольованою комахою



Різні екологічні ніші можуть бути притаманні й різним фазам життєвого циклу *гетеротопних організмів* (наприклад, бабкам, одноденкам). Личинки бабок мешкають у прісних водоймах, полюючи на водних тварин; статевозрілі особини (імаго) входять до складу наземних екосистем, полюючи на наземних безхребетних (мал. 10.1). Те, що різні фази розвитку одного виду можуть займати різні екологічні ніші, є адаптаціями до повнішого використання ресурсів.

Навіть досконалі адаптації до умов неживої природи та достатні запаси їжі не завжди забезпечують процвітання виду в певній екосистемі. Для цього ще потрібні адаптації до співіснування з популяціями інших видів.

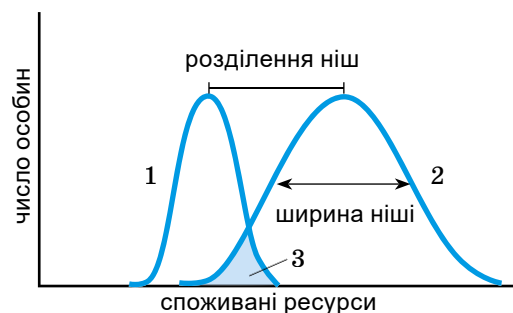
Адаптації, які формуються у представників того чи іншого виду, спрямовані не лише на повніше освоєння існуючих екологічних ніш, але й на формування нових ніш, чим забезпечується ефективніше використання ресурсів.

Характеристики екологічної ніші містять два виміри – ширину ніші та перекривання ніші із сусідніми (мал. 10. 2). Розширюватися або звужуватися екологічна ніша може через вплив інших видів. За відсутності тиску інших видів (конкурентів, хижаків, паразитів тощо) екологічна ніша може бути ширшою. Між популяціями видів з подібними екологічними вимогами, що мешкають в одному біогеоценозі, конкуренція загострюється. Наслідком такої конкуренції є або витискання одного виду іншим, або зниження її гостроти завдяки розходженню вимог обох видів щодо характеру їжі, просторового розміщення, часу розмноження тощо. На графіку, що ілюструє екологічні ніші двох конкуруючих видів, гостроту конкуренції демонструє ступінь їхнього перекривання (мал. 10.2).

Отже, перекривання екологічних ніш залежить від характеру використання обома популяціями тих самих ресурсів середовища мешкання, що зумовлює конкуренцію між ними. Високий ступінь перекривання екологічних ніш видів, які конкурують, унеможливує їхнє спільне існування в одній екосистемі.

Співіснувати в одному біогеоценозі дає можливість **розходження екологічних ніш конкуруючих видів** (мал. 10.3). Наприклад, завдяки

Мал. 10.2. Графік, який ілюструє перекривання екологічних ніш двох видів, що мешкають в одному біогеоценозі: екологічна ніша виду 1 (1) вузла, що свідчить про його спеціалізацію, тоді як виду 2 (2) – ширша, що може забезпечити успіх у конкуренції; 3 – зона перекривання екологічних ніш цих конкуруючих видів: що більше перекриваються екологічні ніші двох видів, то менше в них шансів спільно існувати в одному біогеоценозі



диференціюванню споживання ресурсів різні види копитних тварин, які випасаються у саванах, по-різному використовують їжу на пасовищах. Зебри переважно споживають верхівки трав; антилопи гну – рештки рослин певних видів, що залишаються після живлення зебр; газелі поїдають найнижчі трави, а антилопи топі – високі сухі стебла, які оминають інші види тварин.

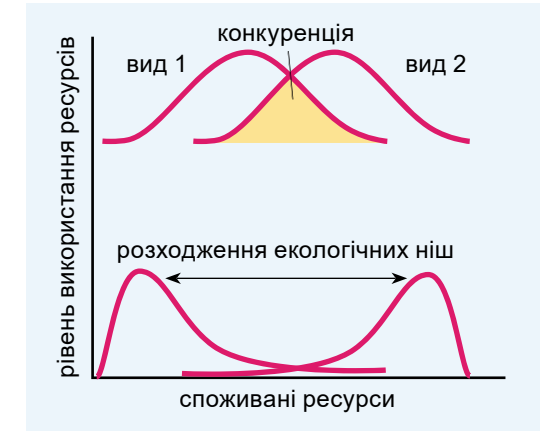
За просторового диференціювання види з подібними екологічними вимогами в одному біогеоценозі розподіляються по різних мікромісцеіснуваннях. Наприклад, у кишечнику скатів є специфічні зони мешкання різних видів стьожкових червів, які чітко відмежовані одна від одної: одні паразитують у передній частині кишечника цих риб, інші – ближче до його середньої частини, деякі – у задній третині. Два види травневих хрущів – хрущ травневий західний та хрущ травневий східний – трапляються по всій території України, але західний віддає перевагу відкритим просторам, а східний – заселює затінені місця.

Екологічні ніші можуть *розходитися в часі*. У пустелях мешкають мурашки, які добувають їжу на поверхні. Серед них є види, які споживають рештки комах, а також живих дрібних комах (активні в найспекотнішу частину доби), нічні хижаки (полюють на малорухомих комах з м'якими покривами або щойно перелинялих членистоногих) і ті, що живляться насінням рослин (активні протягом доби).

Розходження екологічних ніш двох видів з подібними екологічними вимогами може створити передумови для вселення в екосистему нового виду.

Правило обов'язковості заповнення екологічної ніші стверджує, що *екологічна ніша не може бути тривалий час не зайнятою*: якщо вона звільнилася, то зазвичай заповнюється іншим видом, з подібними екологічними вимогами. Якщо в певному місцеіснуванні виникають вільні ділянки (унаслідок пожеж, зсувів, тривалих розливів річок тощо), їх заселяють здебільшого нові види, а не ті, що мешкали там раніше. Згодом види, які заселили такі ділянки, можуть витискатися більш конкурентоспроможними. А «першопоселенці» можуть переселятися на нові незаселені ділянки.

Екологічно пластичні та екологічно непластичні види. За комплексом адаптацій до середовища мешкання види поділяють на екологічно пластичні та екологічно непластичні. **Екологічно пластичні види** мають широку норму реакції, тобто вони добре пристосовані до різних умов середовища мешкання. Їм притаманний високий адаптивний потенціал. Саме такі види здатні заселяти нові місця проживання або ті, які дуже змінилися (після пожежі, вирубування, тривалого перебування під водою тощо). Вузька спеціалізація **екологічно непластичних видів** забезпечує максимальне використання певних ресурсів середовища мешкання, але одночасно зни-



Мал. 10.3. Наслідок конкуренції: розходження екологічних ніш конкуруючих видів



Мал. 10.4. Карась сріблястий (1) та звичайний (золотий) (2)

жує здатність виду пристосовуватись до нових умов, знижуючи його екологічну пластичність. Ми вже згадували про види-монофаги та поліфаги (мал. 5.1 і 5.2).

Цікавим прикладом екологічно пластичного виду є карась сріблястий, який колись мешкав лише в басейні річки Амур і прилеглих водоймах. Його було штучно акліматизовано в 60-х роках ХХ ст. у багатьох водоймах Сибіру та Європи, згодом – Південної Америки, Індії тощо. При цьому в європейських та сибірських водоймах цей вид поступово майже повністю витіснив карася звичайного (золотого) (мал. 10. 4).

Отже, певний вид не може однаково добре пристосуватись до всього комплексу умов довкілля (*пригадайте* правило відносної незалежності адаптацій). На відміну від спеціалізованих видів (екологічно непластичних), екологічно пластичним видам притаманні неповні адаптації до дії окремих екологічних чинників. Це називають **адаптивним компромісом**.

Гіпотезу адаптивного компромісу запропонував російський зоолог і палеонтолог **Олександр Расніцин** (народ. 1936). Вона базується на тому, що адаптації організмів не можуть бути абсолютно досконалими, вони лише відносні (*наведіть* приклади). Організмам доводиться адаптуватись не до одного певного чинника, а до цілого їхнього комплексу. Тому добра адаптованість до дії одного екологічного фактору не означає такої самої пристосованості до дії іншого. Слід також враховувати явище взаємодії екологічних факторів (*пригадайте*, у чому воно полягає). В організмів з високим рівнем організації різні частини тіла пов'язані не тільки просторово, а й функціонально. Тому зміна в процесі еволюції одного органа може спричинити зміни й інших, функціонально пов'язаних з ним (*пригадайте* явище корелятивної мінливості). Але такі зміни не завжди мають адаптивний характер і тому можуть знижувати загальну пристосованість організму. Образно кажучи, неможливо досягти ідеальної досконалості в усьому й відразу, чимось доводиться жертвувати, шукаючи адаптивний компроміс.

Екологічно пластичні види не лише адаптуються до умов існування, які змінюються, але й самі здатні їх змінювати. Своєю діяльністю вони створюють умови для вселення в екосистему, що розвивається, інших видів, більш пристосованих до нових умов, створених попередниками, і тому більш конкурентоспроможних. Такі види здатні заступати види-предки. Поступово в екосистемі починають здебільшого переважати види високо спеціалізовані до мешкання (мал. 10.5, 1).

Отже, спеціалізація видів слугує адаптацією до більш повного використання певних ресурсів середовища й зменшення гостроти конкуренції з боку близьких за екологічними вимогами видів. Але вона знижує екологічну пластичність виду (його адаптивний потенціал), що за зміни умов існування може призвести до його зникнення з певної екосистеми.

Екологічно непластичні види здебільшого входять до складу стабільних екосистем. Їхня еволюція зазвичай пов'язана з дією стабілізуючого добору.

Мал. 10.5. Приклади спеціалізованого (1) та неспеціалізованого (2) видів тварин: 1 – коала (представник сумчастих) мешкає лише на заході та півдні Австралії; живиться лише листками і пагонами евкаліпта, які містять сполуки, отруйні для інших тварин, тому конкурентами коали можуть бути тільки деякі інші сумчасті, як-от, кільцехвостий опосум та сумчаста летяга; 2 – єнот-полоскун (ракун звичайний) – всеїдна тварина (поліфаг): якщо навесні та на початку літа єнот живиться переважно безхребетними та хребетними тваринами, то у другій половині літа та восени споживає більше рослинної їжі (плоди, овочі, зерно тощо); його первинний ареал – Північна та Центральна Америка, згодом був акліматизований в різних країнах Європи та Азії



У процесі такої еволюції поступово формується генофонд популяції чи виду, який найбільше відповідає умовам мешкання.

Ключові терміни та поняття

екологічна ніша, гетеротропні організми, екологічно пластичні та екологічно непластичні види, адаптивний компроміс.

Перевірте здобуті знання

1. Що таке екологічна ніша? 2. Які організми називають гетеротропними? 3. Які види називають екологічно пластичними та екологічно непластичними? У яких з них вищий адаптивний потенціал? Чому? 4. У чому суть адаптивного компромісу?

Поміркуйте

Чому екологічну нішу, яку займає популяція певного виду в екосистемі, можна розглядати як комплекс адаптацій, набутих у процесі еволюції виду?

§11. ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙ НА ЕКОСИСТЕМНОМУ РІВНІ. ПОНЯТТЯ ПРО СПРЯЖЕНУ ЕВОЛЮЦІЮ (КОЕВОЛЮЦІЮ) ТА КОАДАПТАЦІЮ

Пригадайте, що спільного та відмінного в поняттях «екосистема» та «біогеоценоз». Які типи взаємодій можливі між популяціями різних видів у складі екосистеми? Що таке мімікрія та мімезія? Що таке екологічна ніша?

Формування адаптацій на екосистемному рівні. Ви вже знаєте, що популяції різних видів є складниками біологічних систем вищого рівня – екосистем. При цьому вони існують у складі екосистем не відокремлено, а взаємодіють між собою, адаптуючись одна до одної.

Так у процесі спряженої еволюції виникають взаємні адаптації представників різних видів – **коадаптації** (від лат. *ко* – разом і *адаптіо* – пристосування). **Спільну еволюцію різних видів, які взаємодіють між собою у складі екосистем, називають коеволюцією.** Наприклад, за умов стабільних екосистем популяції хижака зазвичай не здатні повністю винищити популяції своєї здобичі, оскільки завдяки коадаптаціям між ними існує певна рівновага.

Коеволюція супроводжується формуванням цілих взаємних адаптивних комплексів у видів, які тісно взаємодіють. Популяції одних видів регулюють чисельність і густоту популяцій інших. Наприклад, популяція хижака регулює чисельність популяції здобичі. Але, активно виїдаючи особин попу-



Мал. 11.1. Активний та пасивний способи полювання на здобич: 1 – гепард має струнке тіло з добре розвинутою мускулатурою та видовженими кінцівками; полкує на відкритих просторах, переслідуючи здобич, може розвивати швидкість до 130 км/год; 2 – раки-богомоли мешкають на дні, де викопують великі нори; на здобич полюють із засідки

ляції здобичі, хижаки тим самим підривають свою кормову базу і їхня чисельність із часом також знижується.

Адаптації хижаків часто пов'язані із способом уловлення здобичі: активним або пасивним (мал. 11.1). Хижаки можуть активно полювати на здобич як поодиночки (рись, лисиці), так і колективно (наприклад, вовки). У процесі історичного розвитку в активних хижаків ускладнилася будова нервової системи, органів чуття і,

відповідно, поведінка. Ці, а також інші адаптації спрямовані на вдосконалення механізмів і способів вловлювання та вбивання здобичі. *Пригадайте* міцні загнуті кігті та дзьоби хижих птахів (зокрема, з рядів Соколоподібні та Совоподібні), добре розвинені й диференційовані зуби хижих ссавців, отруйні залози та зуби змій, ротовий апарат, жало комах тощо. У хижаків, які полюють із засідки, часто спостерігають маскувальне забарвлення (див. мал. 3.2), форму тіла, що мімікрує під навколишнє середовище, тощо.

У здобичі адаптації спрямовані на те, щоб утекти від хижака, уникнути зустрічі з ним, стати непомітним, неістинним тощо (мал. 11.2). Наприклад, небезпечний шкідник картоплі – колорадський жук – містить у своїй гемолімфі отруйні сполуки. Тому в Україні в нього майже відсутні природні вороги, здатні ефективно регулювати чисельність цього шкідника.

Для багатьох видів тварин їжею є рослини. Це явище називають *фітофагією*. У рослин унаслідок їхньої спряженої еволюції з популяціями фітофагів виникли різні коадаптації: утворення колючок, шипів, вироблення отруйних сполук (наприклад, алкалоїдів), які захищають від фітофагів. Так, кропива жалка захищає себе за допомогою жалких волосків, які густо вкривають її листки та молоді пагони. У тварин відповідно виробляються різні способи подолання захисту рослин (мал. 11.3).

Мал. 11.2. Засоби захисту здобичі від хижаків: 1 – у гемолімфі жука шпанської мушки міститься отруйна сполука, яка робить його неістинним для багатьох ворогів; 2 – у разі небезпеки гусінь нічних метеликів-п'ядунів завмирає і стає схожою на гілку рослини (явище мімізії)



Мал. 11.3. Адаптації тварин до подолання захисту рослин: 1 – верблюжа колючка звичайна має довгі колючки (до 3 см завдовжки), але й вони не захищають цю рослину від виїдання верблюдами. Гусінь метелика данаїда хризип (2) набула здатності споживати різні види ваточника, який накопичує у своїх тканинах серцеві глікозиди, які згодом передаються від лялечки до імаго (3); ці сполуки є токсичними для ссавців і птахів

Запам'ятаємо

Популяція одного виду, чисельність якої регулюється популяцією іншого, сама може стати регулятором щодо до популяції третього виду. Наприклад, популяція виду-фітофага, чисельність якої залежить від популяції хижака, у свою чергу, є регулятором чисельності й густоти популяції рослин, якими цей фітофаг живиться. Так у зрілих екосистемах формуються досконалі системи саморегуляції, які забезпечують їхню стійкість.

Наведемо й інші приклади коєволюції певних груп рослин і пов'язаних з ними видів тварин. Ви знаєте, що рослини, які запилюють комахи, мають яскраве забарвлення віночка, часто – приємний запах, який приваблює бджіл, джмелів, метеликів та інших комах, дрібних пташок (колібри, нектарниць тощо). Але у деяких рослин цей запах може бути неприємний і нагадувати запах гнилого м'яса (мал. 11.4).

У деяких видів орхідей квітки нагадують самок певних видів метеликів або джмелів. Як ви пам'ятаєте, це явище має назву «мімезія». Такі квітки запилюють самці комах відповідних видів, які сприймають квітки за самок свого виду.

Відповідні адаптації для запилення квіток мають і тварини-запилювачі. Так, на лапках задньої пари ніг представників родини Бджолині є ряди щетинок (щіточка), за допомогою яких вони струшують пилки в особливе розширення (кошик) (мал. 11.5, 1). Самі пилкові зерна часто мають різноманітні вирости або виділяють клейку речовину, яка сприяє їхньому прикріпленню до тіла запилювача.

Мал. 11.4. Паразитична рослина рафлезія, яка зростає в тропічних лісах островів Південно-Східної Азії, має величезні квітки, що сягають 100 см у діаметрі (1). Але ці чарівні квітки виробляють неприємний запах, який нагадує запах м'яса, що розкладається. Так квітки приваблюють мух, які відкладають на квітках яйця, оскільки їхні личинки живляться гнилою органікою (2)





Мал. 11.5. Коадаптації рослин і комах: 1 – третя пара ніг бджіл-робітниць адаптована для перенесення пилку; 2 – джмелі й бджоли – єдині запилювачі цінної кормової рослини конюшини

Деякі комахи-запилювачі мають хоботок. Його довжина відповідає глибині оцвітини квіток видів рослин, які ці комахи запилюють. Через таке взаємне пристосування деякі види рослин запилюють лише кілька або навіть один вид комах. Наприклад, конюшину запилюють лише джмелі та бджоли (мал. 11.5, 2). Зникнення певних видів тварин-запилювачів з території, яку займають такі рослини, може спричинити й зникнення цих видів рослин і навпаки.

Видова структура екосистем дуже чутлива до змін, що відбуваються в навколишньому середовищі й першою реагує на них. Тому адаптацією на екосистемному рівні є явище заміщення одних видів, які зникли з даної екосистем, іншими. Види, які заступають зниклі, мають бути стійкішими до дії факторів, які зумовили зникнення їхніх попередників. Отже, найвища стійкість і здатність до саморегуляції притаманна екосистемам з високим рівнем видової різноманітності та різноманіттям життєвих форм.

Ключові терміни та поняття

кoeволюція, коадаптація, фітофагія.

Перевірте здобуті знання



1. Що характерно для формування адаптацій на екосистемному рівні організації живої матерії?
2. У чому полягають коадаптації популяції хижаків та їхньої здобичі? 3. Що спільного та відмінного в коадаптаціях хижаків і їхньої здобичі та тварин-фітофагів і їхніх кормових рослин? 4. Чим характеризується спряжена еволюція? Наведіть приклади.
5. Чому стійкість екосистем зростає в процесі їхнього історичного розвитку і пов'язана зі зростанням видового різноманіття?

Поміркуйте



Згідно із сучасними поглядами, біогеоценоз вважають середовищем еволюції. Поясніть, чому це пов'язане з особливостями адаптацій видів, що входять до його складу.

Творче завдання



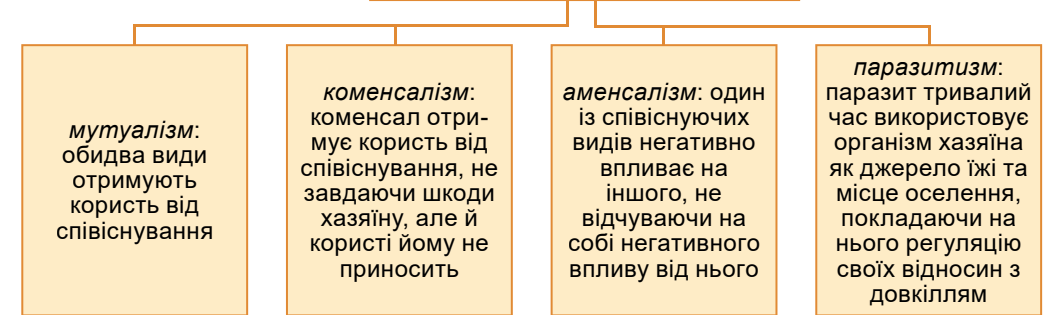
З допомогою вчительки або вчителя на прикладі представників місцевої фауни та флори наведіть приклади спряженої еволюції (кoeволюції) видів. Схарактеризуйте їх та поміркуйте над наслідками кoeволюції цих видів.

§ 12. СИМБІОЗ ТА ЙОГО ФОРМИ

Пригадайте, які є середовища мешкання організмів. Що таке кoeволюція, симбіоз? Які адаптації належать до етологічних?

Симбіоз та його форми. Усі форми співіснування організмів різних видів, називають **симбіозом** (від грец. *симбіозіс* – спільне проживання), а самі організми – **симбіонтами**. Відносини, які виникають між симбіонта-

Симбіоз – усі форми співіснування організмів різних видів



Мал. 12.1. Форми симбіозу

ми, можуть бути нейтральними або шкідливими для одного та корисними для іншого, або є корисними для обох видів.

Симбіоз може базуватись на трофічних (кормових) або просторових зв'язках (наприклад, один вид оселяється на поверхні іншого), часто – на тих і тих водночас. Відносини між симбіонтами формуються в процесі тривалої кoeволюції, під час якої обидва види мають адаптуватись один до одного. Є чотири основні форми симбіозу (мал. 12.1).

Мутуалізм – обопільно вигідне і взаємозалежне співіснування двох організмів різних видів. У деяких випадках жоден з таких симбіонтів не може існувати без іншого, як наприклад, оселення багатоджгутикових одноклітинних тварин у кишечнику комах, які живляться деревиною (мал. 12.2, 1, 2). Невеликі особини актинії роду Адамсія можуть жити самостійно, а великі – трапляються лише на черепашках рака-самітника (мал. 12.2, 3). Якщо штучно розділити рака та статевозрілу актинію, то вони невдовзі гинуть. Прикладом мутуалістичних відносин є оселення бульбочкових бактерій на коренях бобових рослин (мал. 12.2, 4).

Значення мутуалістичних відносин полягає в тому, що вони знижують гостроту конкуренції, зокрема, за місця оселення або джерела їжі.

Коменсалізм (від лат. *ком* – разом та *менса* – стіл, трапеза) – форма симбіозу, за якої один з партнерів системи (коменсал) покладає на іншого



Мал. 12.2. Приклади мутуалізму: багатоджгутикові одноклітинні еукаріоти (1), оселяючись в організмі комах (2), які споживають деревину, виробляють ферменти, без яких їхні хазяї самостійно не здатні перетравлювати їжу; 3 – дорослі особини актинії роду Адамсія можуть існувати лише на черепашках раків-самітників; зверніть увагу: на черепашці рака одночасно перебувають дві актинії, що дає змогу раку краще зберігати рівновагу; 4 – симбіоз між бульбочковими бактеріями та бобовими рослинами



Мал. 12.3. Приклади коменсалізму: гатерія (або туатара) (1) співіснує з птахами-буревісниками (2), удень займаючи їхні нори; цікаво, що в гатерії добре розвинене тім'яне око (3), що бере участь у синхронізації біологічних ритмів тварини зі зміною світлої та темної частини доби, орієнтації тварини у просторі та процесах терморегуляції; 4 – оселення орхідей на стовбурах тропічних дерев; 5 – оселення морських жолудів (представники ракоподібних) на тілі горбатого кита – зазвичай приклад коменсалізму, але деякі види морських жолудів (наприклад, рід Коронула) (6), можуть переходити до паразитизму

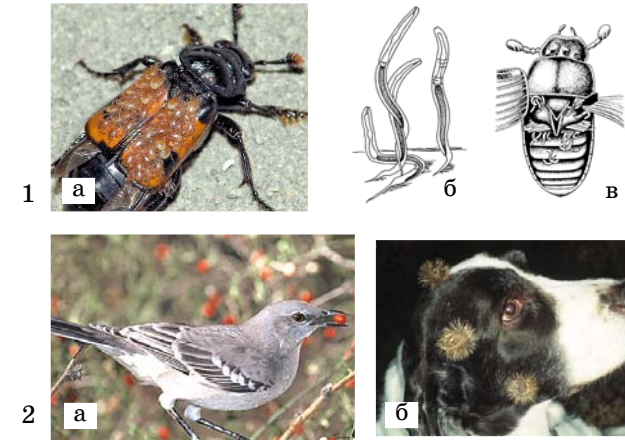
(хазяїна) регуляцію своїх відносин із зовнішнім середовищем, але не вступає з ним в тісні взаємозв'язки (мал. 12.3). Основою для коменсалізму можуть бути як трофічні (споживання коменсалом залишків їжі хазяїна або продуктів його метаболізму; таку форму коменсалізму називають ще *нахлібництвом*), так і оселення коменсалу на поверхні або всередині організму хазяїна чи в його житлі (*квартиранство*).

Співіснуючи з організмом хазяїна, коменсал отримує від цього односторонню користь. Присутність коменсалу для хазяїна залишається зазвичай байдужою. Цікавий приклад коменсалізму – взаємовідносини рептилії гатерії та птахів буревісників (мал. 12.3, 1–3). Гатерії вдень, коли птахи вилітають у пошуках їжі, відпочивають в їхніх норах. А ввечері, коли птахи повертаються до своїх нір, гатерії їх залишають і вирушають на пошуки їжі.

Серед рослин прикладом коменсалізму є орхідеї, які оселяються на поверхні тропічних дерев (мал. 12.3, 4). Такі рослини називають *епіфітами* (від грец. *epi* – на та *fiton* – рослина). Розташування на рослині-хазяїні надає епіфітам певні переваги: розташування ближче до джерела світла підвищує ефективність фотосинтезу. Але за дуже рясного оселення орхідеї можуть завдавати дереву певної шкоди. Так само шкодити хазяїну можуть й тварини-коменсали, які оселяються на його поверхні (мал. 12.3, 5).

Отже, за коменсалізму симбіотичні відносини між коменсалом та його хазяїном не такі тісні, як за мутуалістичних взаємозв'язків. Зокрема, присутність коменсала не надає хазяїну кращої адаптованості до середовища мешкання. Коменсалізм часто формується на основі *нейтралізму* – такої форми відносин між видами, за якої вони жодним чином не впливають один на одного.

До коменсалізму належать такі явища, як форезія та зоохорія (мал. 12.4). У разі *форезії* (від грец. *форео* – носити) дрібніші види тварин використовують більших за розмірами для свого поширення (мал. 12.4, 1).



Мал. 12.4. 1. Приклад форезії: а – кліщі використовують жука-гробарика як своєрідний транспортний засіб, але не живляться за його рахунок; б – нематоди очікуючи на жуків; в – нематоди на тілі жука. 2. Приклади зоохорії: а – соковиті птахи; б – сухі плоди часто мають вирости у вигляді гачечків, шипів тощо, за допомогою яких чіпляються до тіла тварин

Зоохорія (від грец. *зоон* – тварина та *хорео* – поширююся) – явище розповсюдження певних частин рослин (пилкових зерен, насіння, плодів тощо) за допомогою тварин (мал. 12.4, 2).

Аменсалізм – форма біотичних відносин між видами, коли один з них пригнічує життєдіяльність іншого, не зазнаючи негативного зворотного впливу. Прикладом аменсалізму може бути одночасне оселення в товстому кишечнику коня двох видів паразитичних нематод: кінської аскаріди, яка пригнічує деляфондію, але не відчуває на собі її негативного впливу (мал. 12.5).

Такі форми взаємозв'язків, як паразит – хазяїн, коменсал – хазяїн або зв'язки між особинами-мутуалістами в процесі коєволюції можуть переходити одне в одне. Відомі випадки, коли відносини між паразитами та їхніми специфічними хазяїнами згодом втрачали свою гостроту і перетворювались на коменсалізм. Наприклад, серед сисунів-парамафістоматид (представники типу Плоскі черви), які паразитують у кишечнику тварин, є види, які мешкають у рубці жуйних копитних і живляться інфузоріями, не завдаючи шкоди організму хазяїна.

Запам'ятаємо

Різні форми симбіозу є категоріями динамічними, які в процесі коєволюції видів можуть трансформуватись з однієї категорії в іншу.

Ключові терміни та поняття

симбіоз, симбіонти, мутуалізм, коменсалізм, форезія, зоохорія, аменсалізм, нейтралізм.

Перевірте здобуті знання 1. Що таке симбіоз? Які форми симбіозу ви знаєте? 2. Наведіть приклади мутуалістичних взаємовідносин між організмами. 3. Які ви знаєте форми коменсалізму? 4. Чому нейтралізм не вважають формою симбіозу? 5. Що таке аменсалізм?



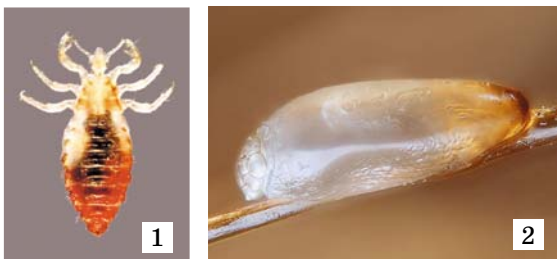
Як людина в медичній і ветеринарній практиці може використувати явище аменсалізму, коли один паразитичний вид негативно впливає на іншого паразита? Які мають бути застереження при цьому?

§13. ОРГАНІЗМ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ МЕШКАННЯ. АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМІВ ДО ПАРАЗИТИЧНОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

Пригадайте форми симбіозу. Які організми називають гельмінтами?

Одним з основних середовищ мешкання деяких організмів на нашій планеті є організми інших живих істот, які називають **хазяями**.

Особливості адаптацій організмів до паразитичного способу життя. Особливою формою симбіозу є **паразитизм** (див. мал. 12.1). Одні паразити оселяються на поверхні тіла хазяїна (**ектопаразити**; мал. 13.1), інші – усередині нього (**ендопаразити**) (мал. 13.2).



Мал. 13.1. Ектопаразит – людська воша головна (1) – здебільшого мешкає у волоссяному покриві голови й живиться кров'ю людини (зверніть увагу на те, як кров хазяїна просвічується через покриви); свої яйця (гниди) (2) вона приклеює секретом особливих залоз до волосин

Паразитам та їхнім хазяям притаманна тривала коеволюція, у ході якої паразити набувають вузької спеціалізації, наприклад, паразитування в організмі одного чи невеликого числа хазяїв або лише в певному органі. Наприклад, статевозрілі особини бичачого та свинячого ціп'яків паразитують лише у кишечнику людини (мал. 13.2, 1), личинки трихінели, які можуть паразитувати в досить широкого кола хазяїв (дикі та свійські свині, гризуни, дикі хижі тварини, людина), оселяються лише в посмугованих м'язах (мал. 13.2, 2).

Одним з основних напрямів коеволюції паразитів та їхніх хазяїв є поступове зниження гостроти взаємозв'язків. Часто паразити, насамперед ендопаразити, у своєму існуванні дуже залежать від свого хазяїна: смерть хазяїна загрожує смертю самого паразита. Тому, що триваліша коеволюція паразита та його хазяїна, то краще вони адаптуються один до одного і меншої шкоди паразит завдає хазяїну. Ці закономірності називають **законом спряженої еволюції паразита і хазяїна**.

У формуванні адаптацій до паразитичного способу життя можна виділити кілька напрямів. Насамперед паразит має потрапити в організм хазяїна. Часто це відбувається під час проковтування паразитів, їхніх



Мал. 13.2. Ендопаразити: 1 – дорослі особини свинячого ціп'яка паразитують лише у кишечнику людини; 2 – личинки трихінели локалізуються лише в посмугованих м'язах

цист або яєць з їжею чи водою (як-от, дизентерійна амеба). Паразити також можуть проникати в організм хазяїна самостійно або за допомогою переносників (наприклад, трипаносома – збудник сонної хвороби – під час укусу кровосисної мухи цеце). Потрапивши в організм хазяїна, паразити здійснюють складні міграції, під час яких більшість з них гине.

Хазяїн за допомогою різноманітних захисних реакцій намагається позбутися паразитів. Насамперед бар'єром на шляху проникнення паразитів в організм хазяїна слугують його покриви: шкіра та слизові оболонки. Проникнення паразита всередину організму спричиняє низку захисних реакцій: зокрема, активізується клітинний і гуморальний імунітет. Паразитів одразу атакують фагоцити, на них впливають також деякі біологічно активні сполуки: слиз, який виділяють залозисті клітини слизових оболонок, гормони (наприклад, на гельмінтів – естрогени), ферменти, що мають бактерицидну дію.

Типи адаптацій паразитів. Найпомітнішими адаптаціями паразитів є морфологічні: наприклад, удосконалення органів прикріплення, як-от, присоски, хоботки з гачками (мал. 13.3), кігтики на лапках ніг. Адаптивні зміни стосуються також фізіологічних і біохімічних процесів, обміну речовин. Так, стьожкові черви, до яких належить ціп'як свинячий, мешкають у кишечнику хазяїна, де багато поживних речовин, перетравлених під дією ферментів хазяїна. Але й самі стьожкові черви здатні виділяти травні ферменти, забезпечуючи перетравлення потрібних паразитам сполук.

Морфофізіологічні адаптації паразитів бувають прогресивні та регресивні. **Прогресивні:** посилений розвиток органів прикріплення та статеві системи (у кожному членику стьожкових червів закладається свій набір чоловічих і жіночих статевих органів); ускладнена будова покривів, які протидіють захисним реакціям хазяїна (наприклад, кутикула аскарид має до десяти різних за будовою шарів); молекулярна мімікрія не дає змоги розпізнавати паразитів як чужорідних; виділення кишковими паразитами антиферментів (сполук, які захищають покривні тканини від перетравлення ферментами хазяїна) тощо.

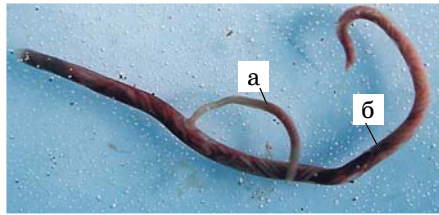
До **регресивних** (від лат. *regressus* – зворотний рух) морфофізіологічних адаптацій належать редукція органів опорно-рухової системи, спрощення будови нервової системи та органів чуття тощо.

Масову загибель паразитів під час здійснення складних життєвих циклів компенсує вражаюча плодючість. Так, самка аскариди людської протягом доби може відкладати до 250 000 яєць, а в одному членику свинячого ціп'яка міститься до 175 000 яєць.

Паразитичний спосіб життя значно ускладнює зустріч між особинами різної статі. Тому багато паразитів (наприклад, більшість плоских червів, багато видів паразитичних ракоподібних) є гермафродитами, здатними до самозапліднення. У роздільностатевих видів формуються адаптації для забезпечення надійності зустрічі партнерів. Зокрема, у нематод сингамусів



Мал. 13.3. Органами прикріплення свинячого ціп'яка до стінок кишечника слугують чотири присоски і хоботок з гачками



Мал. 13.4. Самець нематоди сингапурса (а) приростає до самки (б) у ділянці її статевому отвору

їна та його добових ритмів. Так, один з представників плоских червів – жаб'ячий багатовуст – паразитує в сечовому міхурі жаб. Він набуває статевої зрілості лише на третьому році життя, тоді, коли статевозрілим стає і сам хазяїн. Цікаву синхронізацію паразитів з добовими ритмами проміжних хазяїв спостерігають у деяких нематод. Наприклад, личинки вухерерії (збудника слонової хвороби людини), що передаються кровосисними комарами, з'являються в периферичній крові людини лише надвечір або вночі. Натомість личинки іншого виду нематод – лоя, мігрують у периферичну кров удень, оскільки їхні проміжні хазяї – гедзі – активні саме в цей час (мал. 13.5).

Життєві цикли паразитичних видів є адаптаціями до їхнього поширення та інвазування нових особин хазяїв. Зокрема, таку функцію здійснюють личинки, здатні до активного розселення, або проміжні чи остаточні хазяї, що беруть на себе функцію поширення паразитів. На малюнку 13.6 наведено один зі способів зараження людини нематодою анкілостомою. Личинки цього паразита виходять з яєць ще у ґрунті й часто проникають в організм людини через шкіру.

Адаптацією до паразитизму є вплив паразитів на поведінку своїх хазяїв, зокрема з метою забезпечити зустріч проміжних хазяїв з остаточними. Прикладом є ланцетоподібний сисун, який зазвичай паразитує у печінці трав'яної тварин (звідка – і в людини) (13.7). Другим проміжним хазяїном для нього є мурашка. Більшість личинок ланцетоподібного сисуна інцистується в порожнині тіла мурашки, а одна з них проникає у голов-



Мал. 13.5. Вухерерія та лоя – нематоди, які паразитують у людини; їхніх личинок переносять кровосисні комахи: 1 – личинка лоя серед еритроцитів людини; 2 – личинок лоя переносять гедзі (2), а личинок вухерерії – кровосисні комари (3); 4 – прояв слонової хвороби в людини, спричиненої паразитуванням вухерерії (унаслідок розростання підшкірної клітковини та постійного застою лімфи органи гіпертрофуються)



(мал. 13.4) – паразитів дихальних шляхів птахів – самець і самка надійно з'єднуються одне з одним на все життя: самці приростають до самок у ділянці їхнього статевому отвору.

Деякі паразити (наприклад, личинки трихінели; див. мал. 13.1, 2) вкриваються капсулою для уникнення дії імунної системи хазяїна.

Часом увесь життєвий цикл паразитів демонструє приклад коєволюції: чітку адаптацію до життєвого циклу хазяїна та його добових ритмів.

Так, один з представників плоских червів – жаб'ячий багатовуст – паразитує в сечовому міхурі жаб. Він набуває статевої зрілості лише на третьому році життя, тоді, коли статевозрілим стає і сам хазяїн. Цікаву синхронізацію паразитів з добовими ритмами проміжних хазяїв спостерігають у деяких нематод. Наприклад, личинки вухерерії (збудника слонової хвороби людини), що передаються кровосисними комарами, з'являються в периферичній крові людини лише надвечір або вночі. Натомість личинки іншого виду нематод – лоя, мігрують у периферичну кров удень, оскільки їхні проміжні хазяї – гедзі – активні саме в цей час (мал. 13.5).

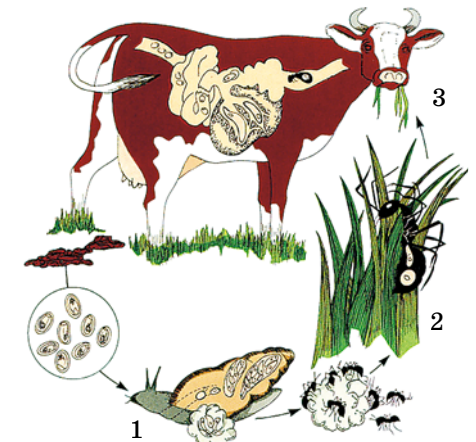
Життєві цикли паразитичних видів є адаптаціями до їхнього поширення та інвазування нових особин хазяїв. Зокрема, таку функцію здійснюють личинки, здатні до активного розселення, або проміжні чи остаточні хазяї, що беруть на себе функцію поширення паразитів. На малюнку 13.6 наведено один зі способів зараження людини нематодою анкілостомою. Личинки цього паразита виходять з яєць ще у ґрунті й часто проникають в організм людини через шкіру.

Адаптацією до паразитизму є вплив паразитів на поведінку своїх хазяїв, зокрема з метою забезпечити зустріч проміжних хазяїв з остаточними. Прикладом є ланцетоподібний сисун, який зазвичай паразитує у печінці трав'яної тварин (звідка – і в людини) (13.7). Другим проміжним хазяїном для нього є мурашка. Більшість личинок ланцетоподібного сисуна інцистується в порожнині тіла мурашки, а одна з них проникає у голов-



Мал. 13.6. Анкілостома, або кривоголовка дванадцятипалої кишки, – паразит кишечника людини (1); паразит має у ротовій порожнині гострі пластинки (а), якими ушкоджує слизову кишечника й живиться кров'ю; 2 – одним зі способів потрапляння в організм людини є активне проникнення личинок крізь шкіру

Мал. 13.7. Життєвий цикл ланцетоподібного сисуна: 1 – наземний молоск (перший проміжний хазяїн); 2 – мурашка (другий проміжний хазяїн); 3 – трав'яна тварина (остаточний хазяїн)



ний мозок комахи й змінює її поведінку: вдень така мурашка виконує звичайні функції робочої особини, а надвечір не повертається в мурашник, а заповзає на рослину та прикріплюється до неї щелепами. Таку мурашку, заражену ланцетоподібним сисуном, легше разом з рослиною проковтнути остаточному хазяїну – рослиноїдній тварині.

Паразитизм дуже поширений серед різних груп організмів. Він трапляється серед різних груп тварин (від одноклітинних еукаріотів до хордових), бактерій, грибів і навіть квіткових рослин (наприклад, повитиця, Петрів хрест). Усі віруси – внутрішньоклітинні паразити. Головною рисою паразитизму є те, що паразит обов'язково завдає шкоди організму хазяїна. Адаптації до паразитичного способу життя формуються на різних рівнях організації живого – від молекулярного до популяційно-видового.

Ключові терміни та поняття

паразитизм, ектопаразити, ендопаразити, закон спряженої еволюції паразита і хазяїна.

Перевірте здобуті знання

1. Чим характеризується паразитизм як особлива форма симбіозу? 2. Що спільного та відмінного між паразитизмом і коменсалізмом? 3. Про що твердить закон спряженої еволюції паразита і хазяїна? 4. Які адаптації у будові та процесах життєдіяльності притаманні паразитам? 5. Які адаптації бувають у поведінці та біологічних ритмах паразитів? 6. Як паразити можуть уникати або зменшувати негативний вплив захисних реакцій з боку хазяїна? 7. Які бувають відповіді організму хазяїна на оселення паразита?

Поміркуйте

Яйця аскариди людської після проковтування потрапляють у кишечник людини, звідки личинки кровоносною системою мігрують через печінку, серце, легені, дихальні шляхи і потрапляють знову в кишечник. Обґрунтуйте доцільність такої міграції як своєрідної адаптації.

§ 14. АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМІВ ДО УМОВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МЕШКАННЯ

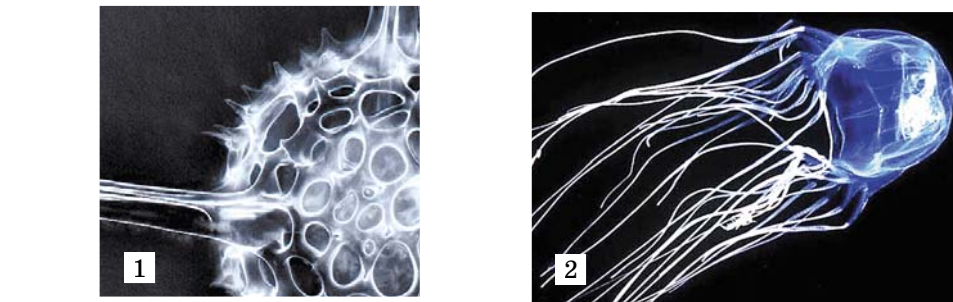
Пригадайте основні середовища мешкання організмів на нашій планеті. Що таке гідросфера, атмосфера та літосфера? У чому полягає особливість стану анабіозу?

Мешканцям водойм – **гідробіонтам** – притаманні різноманітні адаптації до існування у водному середовищі.

Екологічні групи гідробіонтів і притаманні їм адаптації. **Планктонні організми** (від грец. *планктос* – блукаючий) мають адаптації до мешкання у товщі води, пов'язані із забезпеченням плавучості: дрібні розміри, різноманітні форми тіла, полегшення або відсутність скелетних елементів, накопичення жиру, наявність пухирців, заповнених газами, високий вміст води у тканинах тощо (мал. 14.1).

Нектонні організми (від грец. *нектос* – плаваючий) – більшість риб, головоногих молюсків, китоподібні – здатні до активного пересування в товщі води. Їхніми адаптаціями є обтічна форма тіла і добре розвинені органи руху (мал. 14.2). Покриви представників нектону часто вкриті слизом, що зменшує тертя при пересуванні у водній товщі. Наявність у багатьох риб плавального міхура, заповненого газом, дає їм змогу з мінімальними витратами енергії змінювати положення у товщі води. Деякі з нектонних організмів (як-от летючі риби, деякі кальмари), розігнавшись зі значною швидкістю під водою, можуть вистрибувати з неї і певну відстань пролітати над її поверхнею.

Організми, які мешкають на поверхні та в товщі ґрунту водойм входять до складу **бентосу** (від грец. *бентос* – глибина): форамініфери, коралові поліпи, нематоди, багатощетинкові черви, двостулкові та деякі інші молюски, вусоногі раки, краби, омари, голкошкірі, деякі водорості, ціанобактерії, бактерії тощо. Ці організми мають адаптації до прикріплення до



Мал. 14.1. Представники планктону: 1 – радіолярії мають особливий мінеральний скелет (зі SiO_2 або SrSO_4), його вирости у вигляді голок можуть виходити за межі клітини й збільшувати площу її поверхні; крім того, в поверхневому шарі їхньої цитоплазми містяться жирові включення, що зменшують щільність клітини; 2 – медуза «морська оса»; вміст води в медузах може становити до 98 %; 3 – личинка вищих раків має виріст на панцирі, який збільшує площу поверхні тіла

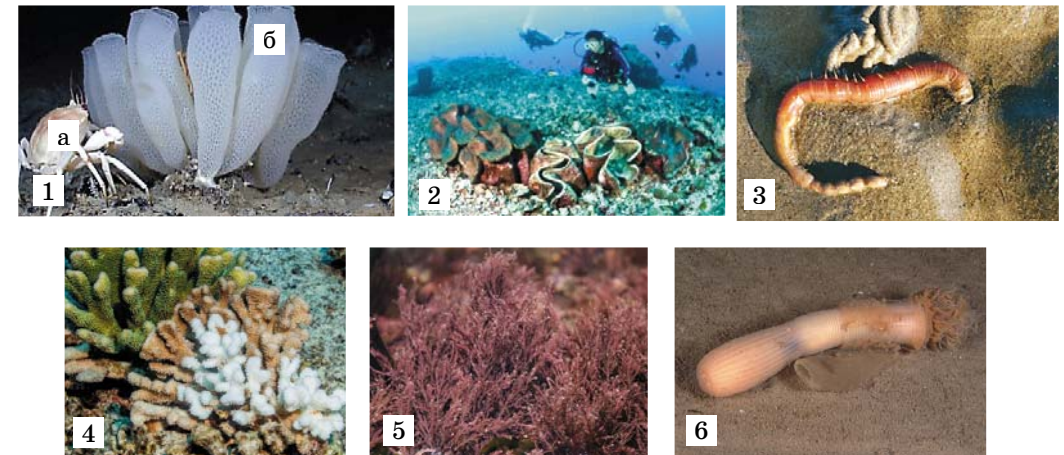


Мал. 14.2. Нектонні організми: 1 – кашалот – найбільший сучасний хижак, самці сягають завдовжки 20 м і мають масу до 50 т; живиться переважно головоногими молюсками, серед яких й велетенські глибоководні кальмари (2), що сягають завдовжки 14 м (самки); 3 – неонові літаючі кальмари, завдовжки до 60 см, можуть пролітати над поверхнею води до 50 м зі швидкістю 50 км/год

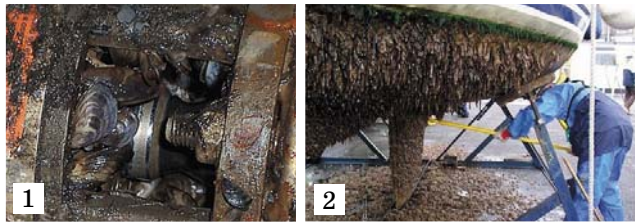
дна або пересування по його поверхні, заглиблення в товщу донного ґрунту тощо (мал. 14.3).

Організми, які утворюють поселення на різних субстратах у товщі води (днища кораблів, гідротехнічні споруди тощо), належать до **перифітону** (від грец. *пери* – навколо та *фітон* – рослина) Це, наприклад, губки, різні представники водоростей, вусоногі ракоподібні та ін. Їхні адаптації – різноманітні способи прикріплення до поверхонь (мал. 14.4). Розселення представників перифітону, так само, як і бентосу, відбувається під час рухливої фази їхнього життєвого циклу (спори із джгутіками, личинки тощо).

Своєрідну екологічну групу – **нейстон** (від грец. *нейстон* – плаваючий) – утворюють організми, які мешкають на межі водного та повітряного середовищ. Їхнє життя пов'язане з поверхневою плівкою води. До



Мал. 14.3. Представники бентосу: 1 – золотий глибоководний краб (а) поруч з морськими скляними губками (кошик Венери) (б); 2 – найбільший двостулковий молюск велетенська тридакна, довжина черепашки якого сягає 1,2 м, а маса – понад 200 кг, живе близько 100 років; одна з перлин, утворених цим молюском (так звана перлина Аллаха) мала масу 6,4 кг; 3 – піскожил мешкає у морському ґрунті, в якому будує нори, що нагадують літеру U (один з видів цих багатощетинкових червів мешкає у Чорному морі); 4 – коралові поліпи на дні морів можуть утворювати великі оселення; 5 – червона водорість кораліна має своєрідний вапняковий скелет і тому зовні нагадує коралові поліпи; 6 – червоподібна тварина роду Пріапулюс адаптована до мешкання на різних глибинах – від припливної відпливної зони до 7500 м



Мал. 14.4. Представники угруповань перифітону: 1 – двоствулковий прісноводний молюск дрейсена (трикутниця) може обростати різні гідротехнічні споруди, заважаючи їхній нормальній експлуатації; 2 – завдавати шкоди людині можуть і обростання, утворені водоростями

нейстону належать клопи-водомерки, деякі одноклітинні водорості, жуки-вертячки, личинки комарів, деякі черепашкові раки. Одні з них використовують сили поверхневого натягу води для пересування по водній плівці, цьому сприяє незмочуваність тіла (клопи-водомерки, деякі види павуків). Інші організми підвішуються до водної плівки знизу (наприклад, личинки комарів, деякі ракоподібні, молодь риб) (мал. 14.5).



Мал. 14.5. Представники нейстону: клоп-водомерка (1) та павук-доломедес (2) мають на ногах волоски, що не змочуються водою; 3 – представник гіллястовусих ракоподібних роду Скафолеберіс здатний прикріплюватись до водної плівки з нижнього боку та пересуватись уздовж неї

Окрему групу складають **амфібіонтні організми** (від грец. *амфі* – з обох боків, *подвійний* та *біос* – життя), які відносно добре адаптовані до існування як у водному, так і наземно-повітряному середовищі. Типовими амфібіонтами є амфібії, серед рослин – стрілолист, або стрілиця (мал. 14.6).



Мал. 14.6. Амфібіонтні організми: 1 – тритон гребінчастий належить до хвостатих амфібії, поширений на більшій частині території України; навесні і в першій половині літа мешкає у прісних водоймах, у другій половині літа виходить на суходіл; 2 – стрілиця звичайна (стрілолист) формує різні типи листків: над поверхнею води – стрілоподібної форми, підводні – стрічкоподібні; 3 – в амфібіонтного молюска ампулярії мантийна порожнина розділена перегородкою на дві частини: одна містить зябру, яка забезпечує дихання розчиненою в воді киснем, інша – заповнена повітрям та слугує легенею, що забезпечує використання атмосферного кисню

Екологічні фактори, які відіграють провідну роль у водному середовищі. Різні зони Світового океану різняться за характером дії екологічних факторів, головними з яких є температура, освітленість, тиск, газовий режим, солоність, рельєф дна, швидкість пересування водних мас тощо. Висока питома теплоємність води зумовлює значно менші коливання температури у поверхневих шарах, порівняно з повітрям (річна амплітуда температур у поверхневих шарах океану не перевищує 10–15 °С, а на великих глибинах температура взагалі стала – від –1,5 до –2,0 °С). Гідробіонти, які мешкають у континентальних водоймах, зазвичай стійкіші до коливань температури води, порівняно з мешканцями морів. Для теплолюбних видів гідробіонтів характерна підвищена термостійкість білків і статевих клітин, а їхні ферменти активніші за вищих значень температури.

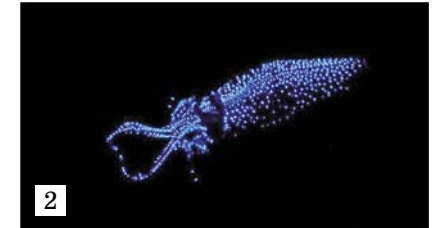
Освітленість водойм швидко зменшується зі збільшенням глибини. Тож на глибині понад 150–250 м фотосинтезуючі організми жити не можуть. Адаптаціями до мешкання на великих глибинах є здатність до **біоломінесценції** – виділення світла внаслідок окиснення специфічної ліпідної сполуки (люциферину) за участі ферменту люциферази (мал. 14.7).

У мешканців великих глибин часто відсутній або недорозвинений вапняковий скелет, оскільки в умовах високого тиску на великій глибині кальцій карбонат стає розчинним у воді. Так, у глибоководних форамініфер скелет стає органічним або заміщується бар'єр карбонату, у губок він складається з кремнезему. У певних видів глибоководних риб кістковий скелет заміщується хрящовим. Унаслідок існування в суцільній темряві у глибоководних тварин часто відсутні очі або, навпаки, їхній розмір значно збільшується (телескопічні очі). Забарвлення таких організмів зазвичай темне або бліде.

Різні типи водойм відрізняються за своїм сольовим складом. Мешканці прісних водойм виводять надлишок води з організму (скоротливі вакуолі одноклітинних еукаріотів, органи виділення багатоклітинних). За високої солоності води організми, навпаки, вимушені запобігати її виходу назовні (зокрема, завдяки непроникним для води покривам).

Зміна інтенсивності освітленості, температури, вмісту солей, газів тощо може спричинити вертикальні міграції. Так, після випадіння рясних дощів верхні шари морів опріснюються, й гідробіонти переміщуються у глибші шари води зі сталою солоністю. Рачки-еуфаузіди вдень мігрують у верхні шари води, оскільки сонячні промені потрібні їм для утворення вітаміну А з каротиноїдів, отриманих з їжею.

Адаптації гідробіонтів до пересихання водойм. Організми, які населяють водойми, що тимчасово або періодично пересихають, зазвичай мають короткі періоди розвитку і здатні за невеликий проміжок часу значно збільшувати свою чисельність. Посушливий період ці істоти переживають



Мал. 14.7. Явище біоломінесценції: 1 – велетенська сифонофора: її колонія сягає завдовжки 50 м, мешкає на глибинах 700–1000 м; 2 – невеликий кальмар-світлячок мешкає біля берегів Японії на глибинах до 400 м



Мал. 14.8. Адаптації гідробіонтів до пересихання водойм: 1 – щитень – мешканець тимчасових водойм України, – вид, вік якого перевищує 200 млн років; 2 – африканський протоптер

у неактивному стані (у вигляді яєць, цист, спор тощо). Так, яйця рачків-щитнів (мал. 14.8, 1) або голих зяброногів у висушеному стані можуть перебувати до 8–15 років, не втрачаючи життєздатності.

На період посухи деякі гідробіонти закопуються у ґрунт (війчасті і малощетинкові черви, водні комахи та їхні личинки, деякі риби тощо), інколи формуючи зовнішню захисну оболонку. Наприклад, дводішна риба – африканський протоптер (мал. 14.8, 2), може закопуватись у мул на глибину до 1 м і утворювати навколо себе захисну капсулу із часток мулу, склеєних слизом шкірних залоз. У такому стані риба може перебувати до 9 місяців (в умовах експерименту – до 4 років) і виходить з нього лише після того, як водойма заповнюється водою. Так само посуху переживають і риби наших прісних водойм – в'юни.

Ключові терміни та поняття

гідробіонти, планктон, нектон, бентос, перифітон, нейстон, амфібіонтні організми.

Перевірте здобуті знання 1. На які екологічні групи поділяють гідробіонтів? 2. Що спільного та відмінного між організмами планктону та нектону? 3. Схарактеризуйте організми, що входять до складу угруповань бентосу. 4. Які адаптації притаманні представникам перифітону? 5. Як гідробіонти адаптуються до переживання періодів висихання водойм?

Поміркуйте Обґрунтуйте, чому життя могло зародитися саме у водному середовищі.

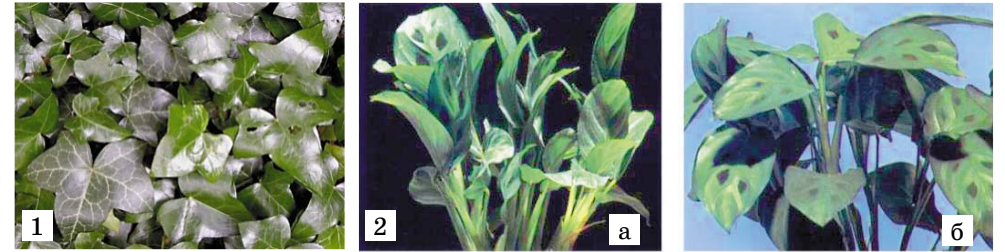
§ 15. НАЗЕМНО-ПОВІТРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА АДАПТАЦІЇ ДО НЬОГО ОРГАНІЗМІВ

Пригадайте, які екологічні фактори називають абіотичними, біотичними та антропогенними. Що таке анабіоз?

Провідна роль серед абіотичних факторів наземно-повітряного середовища належить освітленості, температурі та вологості.

Адаптації організмів щодо рівня освітленості. За вимогами до умов освітленості рослини поділяють на світлолюбні, тіньовитривалі й тіньолюбні. **Світлолюбні види** (береза, сосна, ковила та ін.) мають нижче стебло порівняно з видами, що мешкають у затінку, пагони з укороченими міжвузлями й сильно розгалужені, листки зазвичай дрібні або із розсіченими листовими пластинками, вкриті товстою кутикулою. На нижньому боці листка може бути густе опушення з волосків тощо.

У **тіньолюбних рослин** (зелені мохи, плаун булавоподібний, квасениця звичайна, смерека тощо) листки темно-зеленого кольору з високою концентрацією хлорофілу, число продихів на одиницю поверхні листка менше, ніж у світлолюбних. Листки в тіньолюбних рослин здебільшого розташовані горизонтально чи утворюють листову мозаїку (мал. 15.1).



Мал. 15.1. Адаптації до ступеня освітлення у рослин: 1 – листову мозаїку – адаптація до низької інтенсивності освітлення; 2 – протягом доби у деяких рослин положення листків може змінюватись: уночі вони складаються (а), вдень, коли здійснюється фотосинтез, розправляються (б)

Тіньовитривалим рослинам (дуб звичайний, липа серцелиста, бузок звичайний та ін.) властиві адаптації, притаманні як світлолюбним, так і тіньолюбним видам. Так, на одній рослині можуть бути листки різних типів, залежно від того, за якого режиму освітленості вони сформувалися: листки, розташовані по периферії крони, мають структуру притаманну листкам світлолюбних рослин, а в її глибині – подібні до листків тіньолюбних. Якщо рослини зростають у місцевості, де періодично змінюється світловий режим, то в різні сезони у них можуть відповідно з'являтися листки, притаманні або світлолюбним, або тіньолюбним рослинам.

У тварин щодо світла виділяють **нічну** (активні вночі) та **денну** (активні в світлу частину доби) **групи** (мал. 15.2). У представників «денної» групи зазвичай добре розвинений зір, вони здатні розрізняти кольори, часто мають яскраве забарвлення. Натомість у представників «нічної» групи, а також видів, що походять від предків, які вели нічний спосіб життя (представники родин Вовчі, Котячі тощо), кольоровий зір розвинений погано, очі можуть мати великі розміри (наприклад, у сов, лемурів), що дає можливість уловлювати незначну кількість світла. У тварин, що мешкають за відсутності світла (мешканці глибоких шарів ґрунту, печер тощо), органи зору сильно редуковані (кріт, сліпак) або можуть узагалі втрачатись (як-от, у хвостатої амфібії – протей).

Адаптації організмів щодо температури навколишнього середовища.

Види, для існування яких оптимальною є низька температура, називають **криофілами**, або **холодолюбними**. До них належать деякі бактерії, лишайники, мохи, членистоногі тощо. Рослини – мешканці тундри, високогір'я тощо, мають низьке стебло, яке часто стелиться по землі. В їхньому клітинному соку накопичуються цукри, що знижує точку замерзання цитоплазми. У комах ця точка замерзання знижується завдяки присутності в гемолімфі гліцерину (скорпіонові мухи-льодовичники мо-



Мал. 15.2. 1. Представники родини Нектарницеві – яскраво забарвлені дрібні денні птахи. 2. Сова вухата – представник «нічної» групи з великими очима



Мал. 15.3. Тварини кріофіли (холодолюбні) (1) та термофіли (теплолюбні) (2): 1 – муха-льодовичник Вествуда (ряд Скорпіонові мухи); вид занесено до Червоної книги України; ці комахи активні з пізньої осені до ранньої весни, під час відлиг утворюють скупчення на снігу; чорне забарвлення дає змогу ефективно поглинати сонячне тепло, підвищуючи температуру тіла; 2 – черепашкові раки роду Потамоципріс мешкають у водоймах, температура яких може сягати +54 °С

жуть рухатись по снігу навіть при –20 °С; мал. 15.3, 1).

Термофіли, або **теплолюбні види**, мешкають за високих температур (до +50 °С, іноді – вищі) навколишнього середовища (деякі бактерії, ціанобактерії, членистоногі гарячих джерел тощо; мал. 15.3, 2). Їхні адаптації пов'язані з особливостями будови білків та інших макро-

молекул, стійких до дії цього чинника.

Температура – один з наймінливіших факторів наземно-повітряного середовища мешкання. Тому організми зазвичай адаптуються до її коливань у певних межах. Температурні адаптації тварин можуть бути пов'язані з хімічною або фізичною терморегуляцією чи особливостями поведінки.

Пригадаємо, терморегуляція – здатність підтримувати стале співвідношення між виробленням тепла (**теплопродукцією**) в організмі або його поглинанням з довкілля та витратами теплової енергії (**тепловіддачею**). **Хімічна терморегуляція** забезпечується збільшенням вироблення тепла у відповідь на зниження температури довкілля (наприклад, за рахунок скорочення м'язів, збільшення інтенсивності екзотермічних реакцій). **Фізична терморегуляція** пов'язана зі змінами рівня тепловіддачі (регуляція положення волоссяного чи пір'яного покриву, діаметра капілярів шкіри, випаровування поту, транспірації у рослин, розподіл прошарків жиру в тварин тощо). (Наведіть ще приклади механізмів терморегуляції у тварин.)

У **теплокровних**¹, або **гомойотермних, тварин** (савці, птахи) рівень теплопродукції високий, а механізми терморегуляції розвинені добре. **Холоднокровним**, або **пойкілотермним**, тваринам (як-от, усі безхребетні, риби, амфібії, рептилії) зазвичай притаманний відносно невисокий рівень обміну речовин, і, відповідно, менше виробляється тепла в організмі. Інтенсивність процесів життєдіяльності таких істот значною мірою залежить від температури довкілля. Те саме характерне й для мікроорганізмів, грибів і рослин: зі зниженням температури довкілля всі процеси життєдіяльності в них уповільнюються, а поновлюються тоді, коли організми отримують певну кількість тепла ззовні.

Певні механізми терморегуляції пойкілотермних тварин пов'язані зі зміною поведінки: додаткову кількість тепла вони можуть отримати, вивозаючи на місця, що добре прогріваються (мал. 15.4).

Адаптації тварин до існування в певних температурних умовах позначаються на особливості їхньої будови. Так, згідно з **правилом Аллена**

¹ Терміни «теплокровність» і «холоднокровність» певною мірою позбавлені сенсу, оскільки у так званих холоднокровних тварин кров може бути теплою за умов високих температур навколишнього середовища.

Мал. 15.4. Терморегуляція у тварин, пов'язана зі зміною поведінки: 1 – метелик, розправляючи крила в прохолодну погоду, вбирає крізь покрити сонячне тепло; 2 – водяний вуж гріється на сонці, вбираючи інфрачервоні сонячні промені, багаті на теплову енергію



(його сформулював американський зоолог Дж. Аллен у 1877 р.) у **гомойотермних тварин Північної півкулі розміри частин тіла, що виступають** (вуха, хвосту тощо), **збільшуються у напрямку поширення з півночі на південь**. Це пов'язано з тим, що в умовах жаркого клімату більші вуха, хвосту тощо, які мають добре розвинену сітку кровоносних капілярів, є спеціалізованими органами, що забезпечують тепловіддачу (мал. 15.5, 1).

Згідно з **правилом Бергмана** (його сформулював німецький учений К. Бергман у 1847 р.) **в одного або двох близьких видів гомойотермних тварин, що мають однакові способи терморегуляції, більші за розмірами особини мешкають на півночі**. Оскільки у тварин із більшими розмірами тіла співвідношення площі поверхні тіла до його об'єму менше, ніж у дрібніших особин, то вони менше віддають тепла у довкілля і відповідно менше витрачають енергії для підтримання сталої температури тіла (мал. 15.5, 2).

Деяким видам гомойотермних тварин притаманна **гетеротермія**: у несприятливі періоди року вони можуть впадати у сплячку, під час якої температура їхнього тіла знижується (взимку – бурі ведмеді, їжаки, бабаки та ін., улітку під час посушливого періоду – мешканці пустель і напівпустель – гризуни). Завдяки цьому вони знижують рівень обміну речовин і не витрачають значних ресурсів.

Адаптації рослин до змін температури довкілля пов'язані здебільшого з біохімічними, фізіологічними та морфологічними механізмами. Рослини здатні віддавати тепло завдяки великій площі випромінювання та транспірації (випаровування вологи). Наприклад, у спекотну погоду завдяки транспірації температура поверхні листків може бути нижчою за температуру навколишнього повітря на 4–6 °С. Крім того, рослини



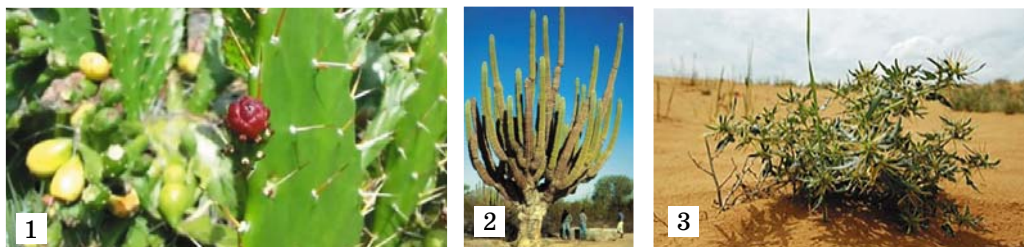
Мал. 15.5. 1. Полярна лисиця (а) та лисиця фенек (б). 2. У вовків, що мешкають на Таймирі (а), тіло завдовжки до 137 см, а маса – до 49 кг; натомість вовки – мешканці Монголії (б) – мають тіло завдовжки до 120 см і масу до 40 кг

змінюють положення листків: під час сильного сонячного опромінення вони повертають їх ребром у напрямку сонячних променів, а тропічні рослини з родини Бобові за температури +35 °C і вище складають листочки складного листка; деякі тропічні бобові можуть скручувати листки у трубочку. У рослин – мешканців пустель й напівпустель – листки можуть бути сріблястими та блискучими, завдяки чому вони відбивають інтенсивне світло.

Формування холодостійкості в рослин пов'язане із загартовуванням, тобто з поступовим підвищенням здатності витримувати низькі температури.

Адаптації організмів до вологості. У процесі пристосування до існування в наземно-повітряному середовищі в організмів виробилися адаптації до добування води, економного споживання вологи й переживання посушливих періодів. Так, у рослин посушливих місцезростань коренева система здатна проникати на значну глибину (сосна звичайна, верблюжа колючка), що допомагає здобувати ґрунтові води, або добре розгалужена в поверхневих шарах ґрунту (кактуси), що забезпечує ефективне засвоєння вологи зі значної площі під час короткочасних дощів. У таких рослин також зменшується площа листових пластинок, потовщується їхня кутикула, зменшується кількість продихів, листки часто видозмінюються на голки, лусочки тощо, а функцію фотосинтезу перебирає на себе зелене стебло (кактуси, верблюжа колючка; мал. 15.6). Деякі багаторічні рослини здатні накопичувати вологу в листках (алое, молодило) або стеблах (кактуси) і потім її економно витрачати. Такі рослини називають *сукулентами*. Багаторічні трав'янисті рослини здатні переживати посушливий період у вигляді видозмінених підземних пагонів (кореневищ, цибулин, бульбоцибулин тощо), тоді як їхня надземна частина відмирає. Древа й кущі зменшують випаровування в посушливий період, скидаючи листки.

Однією з умов нормального існування рослин у наземно-повітряному середовищі є адаптації до підтримання **водного балансу**, тобто певного співвідношення між кількістю води, яка поглинається рослинами, та тією її кількістю, яку вони витрачають. Якщо **вологолюбні рослини** (росичка, зозулин льон, бальзамін) можуть зростати лише за умов високої зволоженості або заболоченості ґрунтів, то **посухостійкі рослини** (ковила, типчак, кактуси) мають пристосування, що дають змогу здобувати воду за її нестачі, обмежувати її випаровування або запасати у своїх органах. На відміну від сукулентів, у *склерофітів* – сухих рослин, жорсткі пагони з добре розвиненими механічними тканинами, листки дрібні, часто згорнуті у трубку (саксаул, ковила тощо) (мал. 15.6, 3).



Мал. 15.6. Адаптації посухостійких рослин до зростання в посушливих умовах: 1 – кактус опунція, як й інші кактуси, накопичує вологу у своєму стеблі; 2 – кактус карнегія велетенська здатний запасати до більш як 3 т води; 3 – верблюжа колючка – представник склерофітів

Серед тварин, як і серед рослин, виділяють **вологолюбні** (мокриці, амфібії тощо), **посухолюбні** (пустельні комахи, павукоподібні, рептилії) та **посухостійкі** (більшість наземних тварин) **види**. Усі адаптації до регуляції водного балансу в тварин поділяють на морфологічні, фізіологічні та етологічні. Прикладами **морфологічних адаптацій** є добре розвинений шар епікутикули (зовнішній її ліпідний шар) у багатьох членистоногих (мал. 15.7, 1), зроговілі лусочки та щитки плазунів, мушлі черевоніх моллюсків. Так, під час посухи наземні моллюски повністю ховаються в мушлях і виділяють слиз, який застигає на повітрі у вигляді плівочки, що закриває устя й запобігає випаровуванню вологи.

Фізіологічні адаптації пов'язані з особливостями життєвих функцій тварин. Так, багато мешканців посушливих місцезростань здатні до утворення метаболічної води завдяки окисненню запасів жиру (верблюди, гризуни, комахи та ін.). У комах особливі залози стінок задньої кишки всмоктують воду з неперетравлених решток їжі та продуктів обміну речовин, завдяки чому вона залишається в організмі. Іншими прикладами фізіологічних адаптацій до економії води в організмі тварин є регуляція інтенсивності виділення поту та випаровування через слизові оболонки, підвищення витривалості до зневоднення організму. Прикладом фізіологічних адаптацій, спрямованих на економію води в організмі, є також особливості терморегуляції тварин. Так, у пойкилотермних тварин (наприклад, рептилій) нагрівання тіла до температури довкілля зменшує випаровування води, що потрібно для охолодження тіла.

Етологічні способи регуляції водного балансу пов'язані зі зміною поведінки тварин. Так, великі хребетні тварини здатні здійснювати значні міграції до джерел води (слони, антилопи) або споруджувати підземні нори, у яких вологість повітря під час посухи значно вища тощо (мал. 15.7, 2). Тварини посушливих місцезростань часто активні вночі, коли повітря вологіше та прохолодніше. На період тривалої посухи тварини можуть впадати у **діапаузу** – стан тимчасового фізіологічного спокою, який характеризується призупиненням росту, розвитку та зниженням загального рівня обміну речовин.



Мал. 15.7. Адаптації тварин, які дають змогу мешкати в посушливих умовах: 1 – скорпіон строкатий – мешканець пустель і напівпустель Євразії – має добре розвинений шар епікутикули, який запобігає втратам вологи через покриви; 2 – мокриці роду Гемілепістус здатні мешкати в сухих і спекотних глинистих пустелях, риючи глибокі вертикальні нірки (до 1 м завглибшки), які залишають, коли підвищується вологість приґрунтового шару повітря. Запаси води в організмі вони поповнюють, споживаючи тканини зелених рослин

Ключові терміни та поняття

гомоїотермні та пойкилотермні тварини, сукуленти, склерофіти, діапауза.

Перевірте здобуті знання 1. Які абіотичні фактори відіграють провідну роль у наземно-повітряному середовищі? 2. Які адаптації спостерігають у рослин до різних умов освітлення? 3. Як рослини можуть регулювати температуру свого тіла? 4. Які адаптації до різних температурних режимів притаманні тваринам? 5. Порівняйте адаптації тварин і рослин до існування в посушливих умовах.

Поміркуйте Чому тремтіння ссавців та людини під час переохолодження має адаптивне значення?

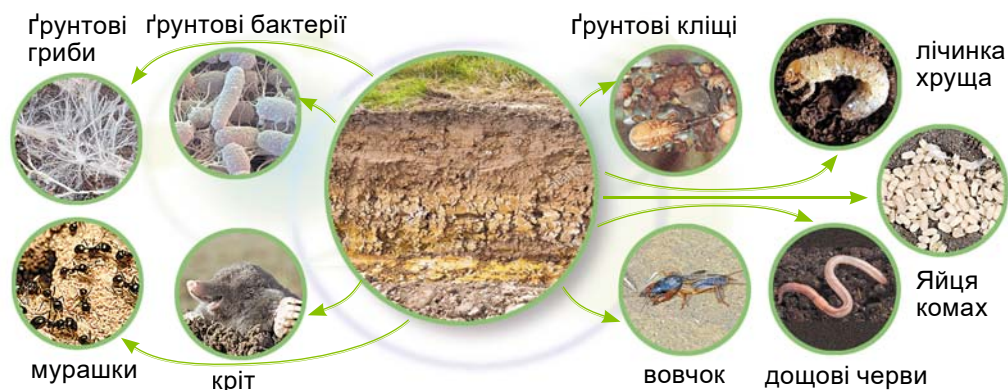
§ 16. АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМІВ ДО ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА. ФОРМУВАННЯ ЖИТТЄВИХ ФОРМ ОРГАНІЗМІВ ЯК РЕЗУЛЬТАТ АДАПТАЦІЙ ДО ПЕВНОГО СЕРЕДОВИЩА МЕШКАННЯ

Пригадайте хімічний і механічний склад ґрунту. Від чого залежить родючість ґрунтів? Що таке конвергенція? Які рослини належать до сукулентів?

Особливості ґрунту як середовища мешкання організмів. Ґрунт – верхній родючий шар літосфери, створений діяльністю організмів (мал. 16.1). У ґрунтах різних типів різне й співвідношення органічних і неорганічних сполук. Так, у підзолистих і болотних ґрунтах переважають органічні речовини, у чорноземах – співвідношення мінеральних та органічних речовин приблизно однакове, а в каштанових ґрунтах і сіроземах переважають мінеральні сполуки. Значні запаси органічних речовин (гумусу) у ґрунті створюють кормову базу для різноманітних груп організмів.

Ґрунт є стабільнішим середовищем мешкання порівняно з наземно-повітряним. Так, вологість ґрунту завжди вища, ніж вологість повітря, і тому різноманітні організми можуть легше пережити там посушливий період.

Склад ґрунтового повітря значно відрізняється від атмосферного: вміст вуглекислого газу в ньому у 10–100 разів вищий, а вміст кисню дещо нижчий. Кисень надходить у ґрунт з атмосферного повітря завдяки дифузії,



Мал. 16.1. Деякі мешканці ґрунтового середовища (завдання: з допомогою вчителя або вчительки пригадайте особливості біології організмів, наведених на малюнку)



Мал. 16.2. Мешканці ґрунту, здатні здійснювати вертикальні міграції: 1 – тварини, які самостійно прокладають ходи у ґрунті: комахи вовчки (а) мають розширені передні кінцівки, за допомогою яких вони активно риють ґрунт, дощові черви (б) прокладають ходи завдяки скороченню м'язів свого тіла або пропускаючи ґрунт через кишечник; 2 – тварини, які використовують для міграцій у ґрунті наявні порожнини, – ґрунтові вільноживучі панцирні кліщі мають дрібні розміри, які зазвичай не перевищують 1 мм

тому його більше у верхніх шарах. Уміст повітря у ґрунті залежить від його вологості: що вона вища, то нижчий уміст газів.

Характерною рисою ґрунту як середовища мешкання різних груп організмів є порівняно невелика амплітуда добових і річних коливань температури. Пошуки оптимальних умов існування визначають вертикальні міграції ґрунтових тварин (мал. 16.2).

Над ґрунтом за рахунок рослинних решток формується шар **підстилки**. Завдяки підстильці відбувається обмін елементами живлення у системі рослина – ґрунт. За активної участі організмів – мешканців ґрунту (бактерій, грибів, тварин) – органічні рештки підстилки активно перероблюються, утворюється подрібнена органіка, перемішана з мінеральними частинками, яка надходить до верхнього шару ґрунту.

Мешканці ґрунту. Згідно з В.І. Вернадським, усі організми, які населяють ґрунт, становлять його **живу речовину**. Вона здійснює основні ланки процесу ґрунтоутворення: синтез і руйнування органічної речовини, вибірку концентрацію біологічно важливих хімічних елементів, руйнування й новоутворення мінералів, міграцію речовин ґрунтом.

Різноманітність умов існування визначає багатий видовий склад мешканців ґрунту. У ґрунті розвиваються кореневі системи вищих рослин, водорості (зелені, жовто-зелені, діатомові); поширені різноманітні гриби й лишайники, бактерії та ціанобактерії, тварини.

Серед **ґрунтових бактерій** є автотрофи (переважно хемосинтетики – нітрифікуючі бактерії та ін.) і гетеротрофи (сапротрофи, симбіонти, збудники різноманітних захворювань людини, тварин і рослин та їхні спори).

Ґрунтові гриби трапляються у ґрунтах різних типів, там, де хоча б у незначних кількостях є органічні рештки. **Пригадаймо:** серед ґрунтових грибів є як сапротрофи, так і симбіотичні види – паразитичні (паразити надземних і підземних частин



Мал. 16.3. Вступаючи у мутуалістичні відносини з рослинами і формуючи мікоризу, гриби підвищують ефективність їхнього мінерального живлення

рослин тощо) та мутуалістичні (вступають у симбіоз з кореневою системою рослин) форми. Усі голонасінні рослини та близько 85 % дводольних беруть участь в утворенні мікоризи (мал. 16.3).

Ґрунтові тварини представлені різноманітними систематичними та екологічними групами. Одні з них адаптуються до постійного мешкання у ґрунті (як-от, кроти, сліпаки, дощові черви, панцирні кліщі тощо; див. мал. 4.3, 15.7.1, 15.7.2). Інші мешкають у ґрунті протягом більшої частини свого життєвого циклу (личинки жуків – хрущів, коваликів; безногі амфібії тощо). Деякі тварини перебувають у ґрунті лише під час несприятливого періоду (зимівлі, посухи тощо): ропухи, деякі комахи, лускаті рептилії та ін.

Життєві форми як одиниці екологічної класифікації організмів. Унаслідок тривалого адаптування до певних умов мешкання та певного способу життя у представників різних систематичних груп організмів формуються певні типи життєвих форм.

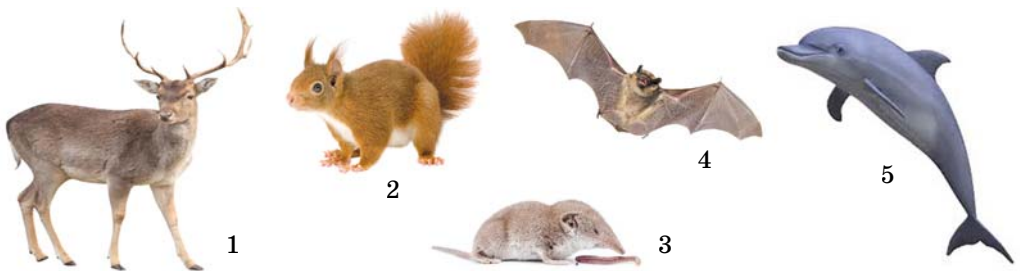
Запам'ятаємо

Життєва форма – схожа морфо-екологічна організація організмів різних видів на певній фазі їхнього життєвого циклу, що відображає комплекс адаптацій до умов середовища мешкання (мал. 16.4). Що екологічно пластичніша певна систематична група, то більшою кількістю життєвих форм вона представлена.

Певну життєву форму організмів вважають *одиницею екологічної класифікації*, оскільки вона відображає відповідність адаптацій представників різних систематичних груп до подібних умов мешкання. Так, представники різних систематичних груп водних тварин (кальмари, акули, дельфіни, тюлені) здатні до активного плавання, мають видовжене обтічне тіло (мал. 16.5). *Пригадайте* ще один приклад життєвих форм тварин – амфібіонтних (див. мал. 14.6).

Формування певних життєвих форм є наслідком конвергенції. Наприклад, до стеблових сукулентів відносять як кактуси, так і деякі молочаї, хоча ці рослини належать до різних порядків класу Дводольні. Основою конвергенції, а відповідно і життєвих форм, є комбінативна мінливість. У разі конвергенції чітко виявляється вплив середовища на організацію: у тварин – мешканців водного середовища – здебільшого обтічна форма тіла і зсунуті назад органи руху; політ і навіть довгий стрибок потребує опори на повітря, тобто збільшення поверхні тіла.

У рослин, як і у тварин, життєва форма – це насамперед їхній зовнішній вигляд, який відображає пристосованість до певних умов існування. Так, в різних частинах свого ареалу дорослі рослини одного виду можуть



Мал. 16.4. Життєві форми ссавців: 1 – наземні; 2 – деревні; 3 – ґрунтові (землерій); 4 – повітряні; 5 – водні (*завдання*: наведіть більше прикладів тварин кожної життєвої форми)